



ФИЗИКА ӘЛЕМІ

ПӘНДІК-АНЫҚТАМАЛЫҚ
ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

1-ТОМ

А – Л



Алматы
2015



УДК 510

ББК 22.1

Ф 29

Құрастырушылар және авторлар: **Нұрқанат КӨБЕНҚҰЛҰЛЫ** – физик-механик.

Қырғызбай БАҚТЫБАЕВ – физика-математика ғылымдарының докторы, профессор.

Әділхан ӘБІЛДАЕВ – физика-математика ғылымдарының кандидаты, профессор.

Пікір жазған:

Медеу ӘБИШЕВ – физика-математика ғылымдарының докторы.

Ф 29 Физика әлемі: Пәндік-анықтамалық энциклопедия. Жалпы орта білім беретін оқу орындарының (мектеп, лицей, т.б.) оқушылары мен физика пәні оқытылатын жоғары оқу орындарының студенттеріне және физика пәні мұғалімдеріне, физика әуесқойлары мен көпшілік оқырмандарға арналған. / Бас ред. **Ж.ТОЙБАЕВА**. – Алматы: «Қазақ энциклопедиясы», 2015. 1-том. – 650 бет.

ISBN 9965-893-62-4

Физика әлемі пәндік-анықтамалық энциклопедиясы – ана тілімізде тұңғыш рет шығарылып отырған 2 томдық жинақ. Физика пәнінің мектеп оқушыларына арналған оқулықтарында ғылымның беташар ұғымдары мен түсініктері жеңілдетілген нұсқада ғана таныстырылса, энциклопедиялық анықтамалықта әрбір ұғым мен түсінік кең ауқымды егжей-тегжейлі терең мазмұнды болып баяндалады. Әрбір құбылыстың құпия сырлары осы заманғы қалыптасқан теория аясында, мысалы, кванттық механика, кванттық электрдинамика бойынша түсіндірілген. Осы тұрғыдан алғанда «Физика әлемі» пәндік энциклопедиясы тек мектеп оқушыларына ғана емес, физика мамандықтары бойынша оқитын жоғары оқу орындары студенттеріне де ортақ болмақ. Сонымен қатар физика пәнін тереңдетіп оқытатын мектептер мен лицейлердің оқушыларына көп көмек тигізбек. Физика пәні мұғалімдеріне оқулықтан тыс мағлұматтар беретін оқу құралы ретінде де пайдалануға лайықты анықтамалық болары сөзсіз.

Табиғат құбылыстарының (мысалы, найзағай, аспанның күркіреуі, домалақ найзағай, кемпіркосақ, Күннің, Айдың құлақтануын, аспанның түсі неліктен көгілдір, Күн батыр кезде неліктен Күннің дискісі ұлғайып көрінетінін, поляр шұғыласы, сағым, т.б.) пайда болуын білгісі келетін физика әуесқойларының және көпшілік оқырмандардың танымдық білімін арттырмақ.

1988 жылы «Русский язык» баспасы шығарған инженерлерге, оқытушыларға, студенттерге, орта мектеп оқушыларына арналған «Физикалық түсіндірме сөздігінде» 3600 ғылыми атау қамтылған болса, «Физика әлемі» пәндік энциклопедиясының 1-томында 1670-ден астам ғылыми атау, осыларға қосымша 500-ден астам ұғымдар мен түсініктерге анықтамалар тұжырымдалған. 300-дей физиктің суреттері жарияланды. Анықтамалықтың соңында физика ғылымының даму сатысының жылнамасы туралы деректер топтамасы ұсынылды. Оған қосымша Нобель сыйлығымен марапатталған физиктердің тізімі жарияланған.

УДК 510

ББК 22.1

ISBN 9965-893-62-4

© «Қазақ энциклопедиясы», 2015



РЕДАКЦИЈАДАН

Физиканың табиғат құбылыстары туралы ғылым болуы себепті оның дүниетанымдық мазмұны әркімді қызықтыратыны аян. Табиғат – физикалық алып зертхана іспеттес. Алғашқы адамдардың үрейін ұшырған табиғат құбылысы – найзағай қазіргі кезде ешкімді таң қалдыра алмайды. Физика ғылымы осы құбылыстың жеке «басында» бір мезгілде механиканың, гидростатиканың, термодинамиканың, молекулалық физиканың, электрстатиканың, электрдинамиканың, акустиканың және оптика салаларының заңдылықтары байқалатынын ашқан. Америкалық физи Бенджамин **Франклин** (1706 – 1790) заманынан бері найзағайдың электрлік құбылыс екені белгілі болған.

Энциклопедиялық анықтамалық пен оқулықтың ең басты айырмашылығы мынада: оқулықтарда кез келген құбылыстар мен заңдылықтар, т.б. мәселелер таныстыру ретінде үстірт мазмұндалады, ал энциклопедияларда негізгі мәселе төңірегінде басынан соңына дейін егжей-тегжейлі түсініктер беріліп баяндалады, егер қарастырылып отырған тақырыпқа өзгедей мәселелердің тікелей немесе жанама қатысы болса, соған оқушының назарын аудартады [бұл жайт – мәтіндегі (яғни ұғым немесе түсінік) курсив арқылы беріледі]. Мысалы, **найзағай** деген мақалада электр заряды немесе электр тогы туралы сөз бола қалса, осындағы *заряд* және *электр тогы* деген ұғымдар курсивпен теріледі. Бұл найзағай туралы мақаланы оқып отырған оқушыға әлгі ұғымдарды есіне түсіру үшін осы курсивпен терілген ұғымның энциклопедияда жеке мақала болып баяндалғанын білдіреді. Осы әдіспен энциклопедиядағы негізгі сөз болып отырған мәселеге қосымша мәлімет беретін мақаланы іздеп тауып, білімін молықтыратын болады әрі бұл әдіс негізгі мақаланың көлемін шағындауға мүмкіндік тудырады. Энциклопедия мақалаларында сөз болған әлгіндей сілтемелер осы анықтамалықта жеке мақалалар түрінде кездеседі.

«**Физика әлемі**» пәндік энциклопедиясының оқырмандарына өз бетімен, өз еркінше білім алудың қаншалықты пайдасы болатынын ағылшын физигі Майкл **Фарадейдің** (1781 – 1867) басынан өткен жайтты айтып таныстырғанды жөн санап отырмыз.

Ол лондондық темір ұстасының отбасында дүниеге келген. Бастауыш сыныпта оқып сауат ашқан. Әрі қарай оқуын жалғастыруға отбасының қаржылық мүмкіндігі болмағандықтан, 13 жасында кітап дүкеніне қолбала, соңынан кітап



түптеуші болып жұмыс істей жүріп өз бетінше білім алған. Түптеуге неше алуан мазмұнды кітаптар келетіні белгілі. Ол жұмыс арасында уақыт тауып, өзін қызықтырған кітапты оқитын болған. Бір кезде оның қолына «Химия туралы әңгіме» деген кітап түскен. Осы кітап оны ерекше қызықтырған, онда айтылған жеңіл-желпі химиялық тәжірибелерді үйіне келген соң қайталап жасауға әуестенген. Тәжірибе жасауға керек ең негізгі нәрсені ғана сатып алып, өзгелерін өзі жасайтын болған. Электрстатикалық машинаны бөтелкелерден, гальвани батареясын – мырыш пен мыс шақалардан құрастырған. Осылайша тұздар мен қышқылдардың электролизімен таныс болған. Осы тәжірибелердің оны қызықтырғаны соншалық, ең ақырында нағыз гальвани элементін жасай алған. Ол Корольдік институттың көпшілікке арналған кешкілік және жексенбілік дәрістеріне қатысатын болған. Атақты химик әрі физик Гемфри Дэвидің (1778 – 1829) дәрісі оны өте қызықтырған. Сол кезден бастап Майклдің ғылымға деген әуестігі артқан. Ол Г. Дэвиге хат арқылы оның оқыған дәрісінің мазмұны жазылған қолжазбасын жіберген. Дэви Майклдің «ынтасын, есте сақтау қабілетін және ұқыптылығын» ескеріп, оны уақытша хатшылық қызметке қабылдаған. Фарадей кейін Дэвидің электролиз жөніндегі зерттеулерін жалғастырып, өзінің ғылыми жолын Дэвидің ұстанған бағытымен ұластырған ғалым болды. Г. Дэви – электр тогының қышқылдар мен тұздарды ыдырататынын дәлелдеген, калий және натрийді металл күйінде бөліп алған, екі мұз кесегін біріне-біріне үйкегенде жылу бөлінетінін анықтаған және жер астында көмір қазушы жұмысшыларға арналған қауіпсіз шамды (кейіннен ол шам «Дэви шамы» деп аталып кеткен) ойлап тапқан ғалым. Электрхимия Дэвидің ғылыми жұмыстарынан бастау алған.

М.Фарадейдің физика ғылымына қосқан үлесінің әрқайсысы-ақ оның есімін ғылым тарихында қалдыратындай жаңалық болған. Г.Дэви «Мен ғылым үшін бірнеше маңызды жаңалық аштым, бірақ солардың ішінде ең үлкені мен Фарадейді аштым» деген екен. 12–13 жасына дейін бастауыш білім алған Майкл академик ғалым атануға 11 жыл-ақ еңбектеніпті. Ол ашқан жаңалықтар: **электрмагниттік индукция** құбылысы, физика ғылымына **анод, катод, иондар, электролиз, электролит, электрод, диамагнетизм, парамагнетизм, өріс, магнит өрісі**, т.б. ұғымдарды енгізген.

Энциклопедия бүкіл ғылым саласының теорияларын, ең негізгі ұғымдары мен түсініктерін түгелдей қамтиды. Олар жеке-жеке мақалалар бойынша түсіндірілген. Қолдарыңыздағы «**Физика әлемі**» **пәндік-анықтамалық энциклопедияда** физика ғылымының әр саласының негізіне қаланған 1670-ден астам ұғымдар туралы ғылыми мазмұнды мақала қамтылған. Әрбір мақала анықтама тұжырымдалудан, мысалы, «**ФИЗИКА** – материяның қасиеттері мен құрылысын және олардың қозғалысының заңдылықтарын, табиғат құбылыстарының қарапайым,



сонымен қатар барынша жалпылама заңдылықтарын зерттейтін ғылым» делінген секілді анықтамадан басталады.

Атақты физик Альберт **Эйнштейн**: «Ғылым тілінің әдеттегі түсінігіміздегі сөздерден айырмашылығы неде? Ғылыми ұғымдар мен ғылыми тілдің баршаға ортақ болуына оларды әр кезде бүкіл халықтардың данышпан ойшылдарының тұжырымдауы себеп болған. Егер ақырғы эффектi ескерiлетiн болса, олар әркiмнiң жеке-дара немесе бiрлесiп күш жұмсауы нәтижесiнде адамзаттың соңғы ғасырда өмiрiн өзгерткен техникалық төңкерiстерi үшiн рухани құрал жасап шығарды» деген болатын. Эйнштейннiң осы ойынан шығатын қорытынды: ғылым дегенiмiз – ұжымдасқан, яғни көптеген бiлiмдердiң жиынтығы екенiн аңғарамыз. Ғылыми атаулар әр ел ғалымдарының еңбектерiнiң нәтижелерiнен қалыптасатындықтан, олар көпшiлiкке түсiнiктi болу үшiн ортақ бiр тiлде тұжырымдалатын болған. Физика ғылымы бiздiң заманымыздан бұрынғы V – IV ғасырлардағы ежелгi грек ойшылдары атаған атауларға елiктеп грекше, одан кейiнгi орта ғасырларда ғылыми тiлге айналған латынша аталып келген. Қазiргi кезде ғылыми атаулар ара-тұра өзге тiлдерде де аталуда. Осылайша халықаралық ортақ тiлде аталған ғылыми атаулардың қалыптасқан тiлдегi мән-мағынасын әр халықтың тiлiндегi балама атаулары бойынша анықтау қабылданған. Әрбiр ғылыми атау, мысалы «ФИЗИКА (грекше «физус – табиғат») деген атаудың қандай мағыналы сөзден қалыптасқандығы, яғни шығу тегi – этимологиясы бойынша түсiндiрiлген.

Энциклопедиялық әрбiр мақала атауы әлiпбилiк ретпен «А»-дан басталып, «Я»-ға дейiнгi әрiптiк тiзбек бойынша орналастырылған.

Энциклопедияда қай мақаланың берiлгенiн аңғарту үшiн арнайы **сiлтемелiк әдiс** қолданылған. Айталық, «**Атом**» деген жалпылама мақалада оның құрамдас бөлiктерi: **электрон**, **протон** және **нейтрон** туралы энциклопедияда арнайы жеке-жеке егжей-тегжейлi мақала берiлгендiгiн бiлдiру үшiн әлгi *электрон*, *протон* және *нейтрон* деген атаулар курсивпен жазылатынын айтқанбыз. Сондықтан курсивпен терiлген атаулардың энциклопедияда жеке-дара мақала болып берiлгенiнiн естен шығармаңыздар. Мысалы, «**Атом ядросының бөлiнуi**» деген мақалада *потенциалдық тосқауыл*, *ядролық тiзбектi реакция*, т.б. курсивпен терiлген болса, осылар туралы энциклопедияда жеке мақалалар бар деген сөз.





ФИЗИКА ҒЫЛЫМЫНЫҢ ДАМУ КЕЗЕҢДЕРІ

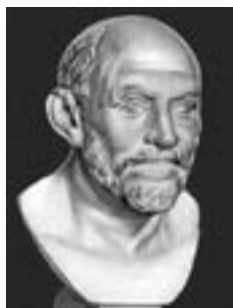
Физика (грекше «физис – табиғат») – материяның құрылысы мен қасиеттерін және оның қозғалыстарын, табиғат құбылыстарының қарапайым, сонымен қатар ең жалпылама заңдылықтарын зерттейтін ғылым. Физика ұғымы мен оның заңдары – бүкіл табиғаттану ғылымдарының негізіне қаланған. Физика дәл ғылымдар саласы болып табылады, сондықтан табиғаттың санмен бейнелеуге болатын заңдылықтарын зерттейді. Физика ежелгі заман ғылымы болғандықтан, жалпылама табиғат құбылыстары туралы бүкіл ілімдерді қамтыды. Білімдер мен зерттеу әдістерінің саралануына байланысты жалпылама ғылымнан жеке-леген ғылыми салалар ажыратылып бөліне бастаған, соның бірі физика ғылымы болды. Физиканы өзге табиғаттану ғылымдарынан ажыратып бөлетін шекара – шартты бөлініс болып табылады және уақыт өткен сайын соны идеялар мен теориялар туындап, неше алуан жаңалықтармен толысып дамытылатын ғылымдардың ең өзектілерінің бірі.

Физика – тәжірибелік ғылым: оның заңдары тәжірибе жүзінде дәлелденген, орныққан фактілерге негізделген. Физикалық заңдар сан жүзіндегі қатынастар болып табылады да, математикалық тілде тұжырымдалады. Физика эксперименттік (ғылыми тәжірибелік) және теориялық физикаларға салаланған. **Физика ғылыми зерттеу нысандары (объектілері) бойынша** – қарапайым бөлшектер физикасына, ядролық физикаға, атомдар мен молекулалар физикасына, газдар мен сұйықтар физикасына, қатты денелер физикасына, плазма физикасына, т.б. салаларға ажыратылған. Зерттелетін үрдістер (процестер) немесе материяның қозғалысына байланысты физика – материалдық нүкте және қатты дене механикасы, тұтас орта механикасы, термодинамика және статистикалық механика, электрдинамика, тартылыс теориясы, кванттық механика және өрістің кванттық теориясына ажыратылған. Зерттеу мақсатына сәйкес қолданбалық (қолданбалы оптикаға) физикаға топталған.

Найзағайдың жарқылы, аспанның күркіреуі, Күннің және Айдың тұтылуы, т.б. Физикалық құбылыстар адамзатты ежелден-ақ өзіне назар аудартқан. Біздің заманымыздан бұрынғы (б.з.б.) VI – II ғасырлар аралығында ғұмыр кешкен



ежелгі грек ғалымдары **Демокрит** (б.з.б. 470/406 – ?), **Эпикур** (б.з.б. 341 – 270), **Лукреций** (б.з.б. I ғасыр) заттардың атомдық құрылымы туралы алғашқы идеяларды тұжырымдаған. Ежелгі грек ғалымы Клавдий **Птоломей** (б.з.б. II ғасыр) Әлемнің геоцентрлік (яғни Әлемнің ортасында Жер орналасқан делінетін) жүйесін, статиканың қарапайым заңдарын (рычаг ережелерін), жарық сәуленің түзу сызықты таралуын және оның шағылысу заңын, гидростатиканың бастамасын Архимед заңы) тұжырымдаған. Электр мен магнетизмнің қарапайым көріністері байқалған. Б.з.б. IV ғасырға дейінгі физикалық ілімдерді ежелгі грек философы әрі ғалымы **Аристотель** (б.з.б. 384 – 322) қорытындылаған. Орта ғасырда Аристотельдің ілімін шіркеу міндетті ілімге айналдырып, ғылымның дамуына ұзақ уақыт тежеу жасаған. Физиканың ғылым ретінде дамуы XVII ғасырда итальян ғалымы Галилео **Галилейдің** (1564 – 1642) ғылыми зерттеу жұмыстарынан бастау алған. Галилей қозғалысты математикалық түрде сипаттаудың қажеттілігін алғаш түсін-



Демокрит



Г.Галилей



Э.Торричелли



Р.Бойль

ген ғалым болды. Ол берілген денеге айнала қоршаған денелердің әсері Аристотель іліміндегідей жылдамдықпен емес, дененің еркін түсу үдеуімен анықталатынын дәлелдеген. Осы жаңалық инерция заңының алғашқы тұжырымы болды. Галилей механикадағы салыстырмалық принципті ашты, денелердің еркін түсу үдеуінің дененің тығыздығы мен массасына тәуелді болмайтынын дәлелдеді, поляк астрономы Николай **Коперниктің** (1473 – 1543) теориясын негіздеген және астрономия ғылымында оптикалық, жылулық т.б. құбылыстарды зерттеуде айтарлықтай нәтижеге қол жеткізген. Галилейдің шәкірті – физик Эванджелиста **Торричелли** (1608 – 1647) атмосфералық қысымның болатынын айғақтаған және 1644 ж. сынапты барометрді жасаған. Ағылшын физигі әрі химигі Роберт **Бойль** (1627 – 1691) мен француз физигі Эдм **Мариотт** (1620 – 1684) газдардың серпімділігін зерттеген және өздерінің есімдерімен аталған алғашқы газ заңдарын тұжырымдаған. Голландиялық ғалым Вилброрд **Снеллиус** (1580 – 1626) 1620/1621 ж. және 1637 ж. француз физигі әрі математигі Рене **Декарт** (1596 – 1650) жарық сәуленің сыну заңын ашқан. 1600 ж. ағылшын физигі Уильям **Гильберт** (1544 – 1603) электрлік және магниттік құбылыстардың жіктерін ажыратқан және Жердің – өте



Э.Мариотт



В.Снеллиус



Р.Декарт



У.Гильберт

үлкен магнит екенін дәлелдеген. Гильберт электр туралы ғылымның негізін қалаушы болды. 1600 жылға дейін электрлік құбылыстар туралы ілім ежелгі грек ойшылы Милеттік **Фаллестің** (б.з.б. 625 – 547) янтарьға үйкеленген заттың электрлік қасиеті болатынын ашқан тәжірибесі деңгейінде қалып қойған болатын. Гильберттен кейін бір ғасырдай мерзім бойы электрге айтарлықтай жаңалық қосылмаған.

XVII ғасырдағы физиканың негізі табысы – **классикалық механиканың** тұжырымдалуы болды; ағылшын физигі әрі математигі Исаак **Ньютон** (1643 – 1727) «Натурал философияның математикалық бастамасы» (1687) деген ғылыми еңбегінде осы ғылымның барлық негізгі заңдарын тұжырымдаған. Ньютонның ғылымға ендірген **күй** ұғымының іргелі мәні болды. Механикадағы денелер жүйелерінің күйі – жүйе денесінің координаттарымен және импульстерімен толықтай



И.Ньютон



И.Кеплер



Х.Гюйгенс



Ф.Гримальди

анықталады. Неміс ғалымы Иоганн **Кеплер** (1571 – 1630) ашқан планеталардың **қозғалыс заңдары** негізінде Ньютон **бүкіләлемдік тартылыс заңын** тұжырымдаған. Осы жылдары голланд ғалымы Христиан **Гюйгенс** (1629 – 1695) пен неміс ғалымы Готфрид **Лейбниц** (1646 – 1716) қозғалыс мөлшерінің сақталу заңын тұжырымдаған: Гюйгенс **физикалық маятниктің теориясын** тұжырымдады, **маятникті сағат** жасады. Физикалық акустика ғылымы дамытыла бастады.

XVII ғасырдың 2-жартысынан бастап телескоп т.б. оптикалық аспаптардың жасалуына байланысты, **геометриялық оптика** тез дамытыла бастады. Физика-

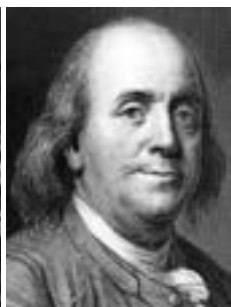


лық оптиканың негізі қаланған: жарық сәуленің **дифракциясын** итальян физигі Франческо **Гримальди** (1618 – 1663) ашса, жарық сәуленің **дисперсиясын** іргелі зерттеу И.Ньютонның үлесіне тиді. 1676 ж. дат астрономы Оле **Ремер** (1644 – 1710) алғаш болып **жарық сәуленің таралу жылдамдығын** өлшеген. Бір мезгілде дерлік жарық сәуленің **корпускулярлық және толқындық теориялары** пайда болып әрі дамытыла бастады.

Швейцар ғалымы (математик, механик әрі физик) Леонард **Эйлер** (1707 – 1783) және басқа ғалымдар абсолюттік **қатты денелердің динамикасын** тұжырымдаған. Бөлшектер мен қатты денелер механикасымен қатар **сұйықтар**



Ш.Дюфе



Б.Франклин



Г.Кавендиш



Ш.Кулон

мен газдардың механикалары да дамытыла басталған. Швейцар ғалымдары Даниил **Бернулли** (1700 – 1782), Л.Эйлер, француз ғалымы (математик, механик) Жозеф **Лагранж** (1736 – 1813), т.б. ғалымдардың ғылыми еңбектерімен XVIII ғасырдың 1-жартысында **идеал сұйықтың гидродинамикасының** негізі салынды. Лагранждың «Аналитикалық механикасында» (1788 ж.) механиканың теңдеулері жалпыланған түрде өрнектелген, бұларды кейіннен механикалық емес дербес жағдайда электрлік-магниттік үрдістерге қолдану мүмкін болды. Әлемнің бірыңғай механикалық бет-бейнесі айғақталған осы жайтқа сәйкес әлемнің бүкіл байлығы мен көпбейнелілігі – Ньютон заңына бағынышты бүкіл денелер құралатын бөлшектердің (атомдардың) қозғалыстарына тәуелді болды.



П.Бюгер



И.Ламберт



В.Гершель



У.Волластон



Т.Юнг



О.Френель



Л.Гальвани



А.Вольта

Физиканың өзге салаларында тәжірибелік мәліметтер жинақталып әрі қарапайым ғылыми тәжірибелік заңдар тұжырымдала бастаған. Француз физигі Шарль **Дюфе** (1698 – 1739) электрдің (электр зарядының) екі тегі болатынын ашты және олардың қасиеттерінің сипаттамаларын айғақтады. Американ физигі Бенджамин (Вениамин) **Франклин** (1706 – 1790) электр зарядының сақталу заңын тұжырымдады. Ағылшын физигі әрі химигі Генри **Кавендиш** (1731 – 1810) және француз физигі Шарль **Кулон** (1736 – 1806) біріне-бірі тәуелсіз түрде электрстатиканың қозғалмайтын электр зарядтарының өзара әсерлесу күштерін анықтайтын негізгі заңын (Кулон заңы) ашты. Француз ғалымы Пьер **Бугер** (1698 – 1758) мен неміс ғалымы Иоганн **Ламберттің** (1728 – 1777) ғалым еңбектерінің нәтижесінде **фотометрия** қалыптаса бастады. **Инфрақызыл**



Г.Дэви



М.Фарадей



Х.Эрстед



А.Ампер

(ағылшын оптигі әрі астрономы Вильям **Гершель** (1738 – 1822) мен оның отандасы Уильям **Волластон** (1766 – 1828) және **ультракүлгін** [неміс физигі әрі химигі Иоганн **Риттер** (1776 – 1810), У.Волластон] сәулелерді ашты.

XIX ғасырдың басында жарық сәуленің корпускулярлық және толқындық теорияларының арасындағы «күрес» толқындық теорияның жеңісімен аяқталды. Бұған ағылшын ғалымы Томас **Юнгтің** (1773 – 1829) және француз физигі Огюстен **Френельдің** (1788 – 1827) ашқан **жарық сәуленің интерференциясы мен диффракциясының** толқындық теориясының түсініктемесі себепші болды.



Физиканың дамытылуы үшін италян ғалымдары Луидж **Гальвани** (1737 – 1798) мен Алессандро **Вольтаның** (1745 – 1827) электр тоғын ашуы және гальвани батареяларын жасаудың маңызы зор болды. Токтың химиялық әсерлерін зерттеген – ағылшын химигі әрі физигі Гемфри **Дэви** (1778-1829) мен Майкл **Фарадей** (1791 – 1867)]. Орыс физигі әрі электртехнигі Василий **Петров** (1761 – 1834)] **электр доғасын** ашқан. Дат физигі Ханс **Эрстед** (1777 – 1851) электр тоғының магниттік тілге әсерін (1820 ж.) анықтаған. Дәл сол кезде (1820 ж.) француз физигі Андре **Ампер** (1775 – 1836) бүкіл магниттік құбылыстардың зарядталған қозғалмалы бөлшектерге яғни электр тоғына байланысты пайда бо-



Ю.Майер



Г.Гельмгольц



Дж.Джоуль



Р.Клаузиус

латынын анықтады және электр токтарының өзара әсерлесу күшін анықтайтын заңды (Ампер заңын) тұжырымдады. 1831 ж. **М.Фарадей** электрмагниттік индукция құбылысын ашты. Фарадей бұрынырақ электрмагниттік өзараәсерлесу аралық агент - электрмагниттік өріс арқылы жүзеге асырылады делінген болжам айтқан болатын. Осы жайт материяның ерекше түрінің қасиеттері мен тәртібінің заңдары туралы жаңа ғылым – **электрмагниттік өрістің** қалыптасуының басы болды.

XIX ғасырдың 1-жартысында қатты денелердің макроскопиялық қасиеттері туралы фактілік мәліметтер жинақталды әрі қатты денелердің тәртібінің заңдары тұжырымдалды. Серпімділік қасиеттерді зерттеу – **Гук заңының** (1660 ж.), металдардың электр өткізгіштігін зерттеу – **Ом заңының** (1826 ж.), жылулық қасиеттерді зерттеу – жылу сыйымдылық заңдарының (Дюлонг және Пти



Н.Карно



У.Томсон



Ж.Гей-Люссак



Б.Клапейрон



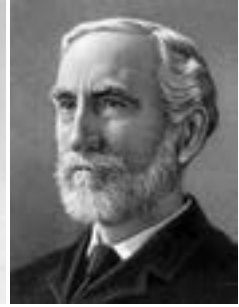
Д.Менделеев



Дж.Максвелл



Л.Больцман



Дж.Гиббс

зандары) ашылуына әкелді. Қатты денелердің магниттік қасиеттері ашылып, қатты денелердің серпімділік қасиеттерінің жалпы теориясы айғақталды.

Физика әрі бүкіл жаратылыстану ғылымы үшін неміс ғалымдары Юлиус **Майер** (1814 – 1878) мен Герман **Гельмгольцтің** (1821 – 1894), ағылшын физигі Джеймс **Джоульдің** (1818 – 1889) табиғаттың бүкіл құбылыстарын байланыстырған **энергияның сақталу заңын** ашуының маңызы зор болды. XIX ғасырдың орта шенінде жылу мөлшері мен жұмыстың парапарлығы тәжірибе жүзінде дәлелденді. Осылайша жылудың энергияның ерекше түрі екені айғақталды. Энергияның сақталу заңы жылулық құбылыстар (**термодинамиканың**) теориясының негізгі заңы болды және **термодинамиканың бірінші бастамасы** деп аталды. Жылу теориясының іргелі заңы **термодинамиканың екінші бастамасын** – 1850 ж.



Г.Герц



П.Лебедев



А.Попов



Г.Кирхгоф

неміс физигі Рудольф **Клаузиус** (1822 – 1888), француз ғалымы Сади **Карноның** (1796 – 1832) 1824 ж. ашқан нәтижесі бойынша және 1851 ж. ағылшын физигі Уильям **Томсон** (К е л ь в и н) тұжырымдаған. Термодинамиканы қалыптастыруда француз ғалымы Жозеф **Гей-Люссак** (1778 – 1850) зерттеулерінің маңызы зор болды, осы зерттеулер негізінде француз физигі Бенуа **Клапейрон** (1799 – 1864) **идеал газдар күйінің теңдеуін** айғақтады, мұны кейіннен орыс ғалымы Дмитрий **Менделеев** (1834 – 1907) жалпылады.

Термодинамиканың дамытылуымен қатар жылулық үрдістердің молекулалық-кинетикалық теориясы да дамытылды, жаңа типті физикалық шамалардың



арасындағы байланыстар ықтималдық сипатта болады. 1859 ж. ағылшын физигі Джеймс **Максвелл** (1831 – 1879) физикаға алғаш болып **ықтималдылық** түсінігін енгізе отырып, молекулалардың жылдамдықтары бойынша таратылу заңын айғақтады. Австриялық физик Людвик **Больцман** (1844 – 1906) газдардың **кинетикалық теориясын** тұжырымдады. Американдық физигі Джозайя **Гиббс**тің (1839 – 1903) ғылыми жұмыстарымен **классикалық статистикалық механика** аяқталған (1902 ж.).

XIX ғасырдың 2-жартысында Максвеллдің **классикалық электрдинамика- ны** тұжырымдауымен электрмагниттік құбылыстарды зерттеу жұмыстары тамам-



Р.Бунзен

Г.Камерлинг-Оннес

Дж.Томсон

Х.Лоренц

далды. Электрмагниттік өзараәсерлесу жылдамдығы таралуының жарық сәуленің таралу жылдамдығымен тең шектеулі болуы Максвелл теориясының маңызды нәтижесі болды. Неміс физигі Генрих **Герцтің** (1857 – 1894) электрмагниттік толқындарды тәжірибе жүзінде ашуы (1886 – 1889) Максвелл теориясы қорытындысының дұрыстығын растау болды. Максвелл теориясы жарық **сәуленің электрмагниттік табиғаты болатынын айғақтады**. Осылайша оптика электрдинамиканың бір саласына айналды. 1899 ж. орыс физигі Петр **Лебедев** (1866 – 1912) тәжірибе жүзінде **жарық сәуленің қысымын** айғақтап, оны өлшеген. Жарық сәуленің қысымы болатынын Максвелл теориясы алдын ала болжаған болатын. 1895 ж. орыс физигі Александр **Попов** (1859 – 1906) алғаш болып электрмагниттік толқындарды **сымсыз байланыс** мақсатында пайдаланды.



А.Эйнштейн

М.Планк

Н.Бор

Э.Резерфорд



Л.де Бройль



П.Дирак



М.Лауэ



К.Андерсон

1859 ж. неміс ғалымдары Густов **Кирхгоф** (1824 – 1887) пен Роберт **Бунзен** (1811-1899) **спектрлік талдаудың** (анализдің) негізін салды. 1908 ж. голланд физигі Гейке **Камерлинг-Оннес** (1853 – 1926) **гелий газын сұйылтқан**. Бұған дейін бүкіл газдар сұйытылған болатын.

1897 ж. ағылшын физигі Джозеф **Томсонның** (1856-1940) **электронды ашуы** физиканың дамытылуының жаңа кезеңі болды. Атомның қарапайым емес, күрделі жүйе екені, оның құрамында электрондар бар екені айғақталды. ХІХ ғасырдың соңында – ХХ ғасырдың басында голландтық теорияшыл физик Хендрих **Лоренц** (1853 – 1928) **электрондық теорияның** негізін қалады. Ол қарапайым электрмагниттік үрдістерді (Лоренц-Максвелл теңдеулері) сипаттайтын теңдеулерді қорытып шығарды, бұл теңдеулер жекелеген зарядты



Я.Френкель



В.Гейзенберг



Л.Неель



Л.Ландау

бөлшектердің қозғалыстарын осы зарядтардың өздері тудырған электрмагниттік өріспен байланыстырды.

ХХ ғасырдың басында электрдинамиканың **Ньютонның классикалық механикасының** негізіндегі **кеңістік пен уақыт ұғымын** түбегейлі қайта қарастыру қажет болды. 1905 ж. теорияшыл физик Альберт **Эйнштейн** (1879 – 1955) кеңістік пен уақыттың жаңа ілімі – жеке **арнайы салыстырмалық теорияны** тұжырымдады. 1916 ж. Эйнштейн кеңістіктің, уақыттың және тартылыс күштерінің физикалық теориясы – **жалпы салыстырмалық теорияны** тұжырымдады. Бұл теория тартылыс теориясының жаңа кезеңінің басталуы болды.

XIX – XX ғасырлар шекарасында физика ғылымында **кванттық теорияның** пайда болуымен әрі оның дамытылуына байланысты, бұл ұлы өзгерістің басы болды. 1900 ж. немістің теорияшыл физигі Макс Планк (1858 – 1947) бұрынғы көзқарастағыдай **атом электрмагниттік энергияны үздіксіз түрде шығармайтынын** ескертіп, атом әлгі энергияны белгілі бір мөлшермен **квантпен** тарататынын болжады. Бірақ Максвелльдің электрдинамикасына сәйкес мұндай атом орныксыз: электрондар дөңгелек (эллипстік) орбиталар бойынша қозғалғанда үдеуге ұшырайды, сондықтан үздіксіз электрмагниттік толқындар тарататын (шығаратын), яғни энергия шығындайтын болмақ, бірте-бірте $\sim 10^{-8}$



П.Капица

Н.Басов

А.Прохоров

Ч.Таунс

секунд уақытта ядроға жақындап, оған құлап түспек. Атомның планеталық моделі классикалық физика аясында атомдардың тұрақсыздығына әкеп соқтырды. Осы мәселені шешу үшін дат физигі Нильс Бор (1885 – 1962) атомдардың тұрақтылық күйлерінің болатындығын постулаттады, электрондар осы күйлерде болғанда сәуле шығармайды. Электрондар осындай бір күйден екінші күйге ауысқанда энергия шығаратын (тарататын) немесе жұтатын болады. Атом энергиясының үздікті болуы (дискреттілігі) ғылыми тәжірибе жүзінде дәлелденді (Франк-Герц тәжірибесі, 1913 – 1914 жылдары).

1905 ж. А.Эйнштейн М.Планктың болжалын дамытып **электрмагниттік энергияның да квантпен тұтылатынын** болжады. Осы болжам негізінде классикалық электрдинамика шешімін таптырмай келген **фотоэффектінің**



П.Кюри

М.Склодовская-Кюри

Ф.Содди

Дж.Чэдвик



И.Жолио-Кюри



Ф.Жолио-Кюри



Э.Ферми



В.Паули

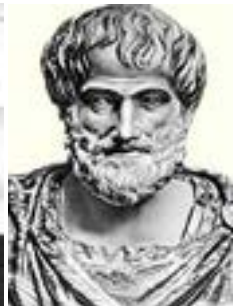
зандылығын түсіндірді. Осылайша бір кездері қолдау көрсетілмеген **жарық сәуленің корпускулалық теориясы** қайтадан жаңғырды. **Жарық сәуле бөлшектер ағыны түрінде де, бір мезгілде ол толқындық қасиетке (дифракция, интерференция) де ие** бола алады. Сәулелерді «кванттау» ішкері қозғалыстардың да тек секірмелі түрде өзгеріске ұшырайтынын аңғартты [1913 ж. дат физигі Нильс Бор (1885 – 1962)]. Осы кезеңде ағылшын физигі Эрнест Резерфорд (1871 – 1937) заттардың **альфа-бөлшектерді шашырату құбылысын** зерттеу нәтижесінде алынған мәліметтер негізінде **атом ядросының болатынын** тәжірибесі жүзінде



Р.Оппенгеймер



Р.Мессбауэр



Аристотель



О.Ремер

дәлелдеді. Осыны ескере отырып Резерфорд **атомның ғаламшарлық моделін** жасады.

Н.Бор тұжырымдаған атомның кванттық теориясының алғашқы нұсқасының ішкі қайшылығы болды: Ньютон механикасының заңдарын электрондардың қозғалыстарын сипаттау үшін Н.Бор электрондардың мүмкін болатын қозғалыстарына кванттық шектеу қойды. Әсерлердің дискреттілігі және оның мөлшерлік өлшемі – **Планк тұрақтысы** (h) механика мен электрдинамиканы түбегейлі қайта құруды қажет етті. Классикалық заңдар тек жеткілікті үлкен массалы денелерді қарастырғанда дұрыс болды, бұл денелер үшін әсер шамасы **Планк тұрақтысымен** салыстырғанда үлкен және әсерлер дискреттілігін ескермеуге болады.



XX ғасырдың 20-жылдары кванттық немесе толқындық механика микробөлшектер қозғалыстарының релятивтік (салыстырмалылық) емес теориясының логикалық жүйелі аяқталуы болды. Мұның негізіне Планк-Эйнштейн-Бордың кванттау идеясы және 1923 ж. француз физигі Луи де **Бройльдің** (1892 – 1987) кез келген материяның корпускулалық-толқындық екіжақтылық табиғаты туралы болжалы алынды.

1912 ж. неміс физигі Макс **Лауэ** (1879 – 1960) рентген сәулесінің кристалдардағы дифракциясын ашты. Осы жаңалық негізінде атомдардың кристалдардағы орналасуын анықтау әдісі табылды, осы әдіс бойынша атомаралық арақашықтық өлшенген, бұл **рентгендік құрылымдық талдаудың** [кеңес физигі Георгий **Вульф** (1863 – 1925), ағылшын физиктері Уильям Генри **Брэгг** (1862 – 1942), Уильям Лоренс **Брэгг** (1890 – 1971)] бастамасы болды.

1928 ж. ағылшынның теорияшыл физигі Поль **Дирак** (1902 – 1984) **электрон қозғалысының кванттық релятивтік теңдеуін** қорытып шығарды (Дирак теңдеулері), осы теңдеуден **электронның спині** болатыны белгілі болды. Осы теңдеу негізінде 1931 ж. Дирак **позитронның** болатынын алдын ала болжады. **Позитрон – алғашқы антибөлшек**, оны 1932 ж. американ физигі Карл **Андерсон** (1905 – 1991) ғарыштық сәуле құрамынан тапты. 1955 және 1956 жылдары сәйкес түрде антипротон және антинейтрон ашылды. 1928 ж. кеңес физигі Яков **Френкель** (1894 – 1952) мен немістің теорияшыл физигі Вернер **Гейзенберг** (1901 – 1976) **ферромагнетизмнің** негізіне кванттық ауыспалы өзараәсерлесу жататынын көрсетті; 1932 – 1933 жылдары француз физигі Луи **Неель** (1904 – ?) және кеңес физигі Лев **Ландау** (1908 – 1968) біріне-бірі тәуелсіз түрде антиферромагнетизмді алдын ала болжады.

Нидерланд физигі Гейке **Камерлинг-Оннестің** (1853 – 1926) **асқынөткізгіштікті** (1911) және орыс физигі Петр **Капицаның** (1894 – 1984) **асқынаққыштықты** (1938) ашуы **кванттық статикада** жаңа әдістердің дамытылуына ынталандырды.

1917 ж. А.Эйнштейннің еріксіз сәуле шығарудың кванттық теориясының негізінде XX ғасырдың 50-жылдары радиофизиканың жаңа саласы **кванттық электроника** пайда болды. Орыс физиктері Николай **Басов** (1922-?) пен Александр **Прохоровтың** (1916 – 2002) [американ физигі Чарльз **Таунсқа** (1915-?) қатыссыз түрде] өздері жасаған **мазері** арқылы электрмагниттік толқындарды тудырды және күшейтті. 60-жылдары жарық сәуленің кванттық генераторлары – **лазерлер** жасалды.

XX ғасырдың 40-жылдары **атом ядросының құрылымын** және онда өтетін үрдістерді танып білуге және **қарапайым бөлшектер физикасының** тұжырымдалуына байланысты физикада үлкен бетбұрыс болып, әрі қарай дамытылды. Резерфордтың атом ядросын ашудың алдында радиоактивтілік ашылды [француз физиктері: Антуан Анри **Беккерель** (1852 – 1908), Пьер **Кюри** (1859 – 1906) мен Мария **Склодовская-Кюри** (1867 – 1934)]. 1903 ж. Резерфорд пен оның



отандасы физик әрі химик **Фредерик Содди** (1877 – 1956) радиактивтілік құбылысы зарядталған бөлшектер шығару мен қатар өтетін элементтердің өз еркімен өзгеруінің нәтижесі екенін түсіндірді. 1919 ж. Резерфорд альфа-бөлшектердің шашырауы бойынша жүргізілген тәжірибені жалғастыра отырып, **азот ядросын оттегі ядросына айналдыруды жүзеге асырды**. 1932 ж. ағылшын физигі **Джеймс Чэдвактің** (Чадвик) (1891 – 1974) **нейтронды** ашуы осы заманғы **протонды-нейтронды ядро моделін** жасауға әкелді [орыс физигі **Дмитрий Иваненко** (1904 – ?), неміс физигі **Вернер Гейзенберг** (1901 – 1976)]. 1934 ж. француз физиктері **Ирен** (1897 – 1956) және **Фредерик** (1900 – 1958) **Жолио-Кюрилер** жасанды радиактивтілікті ашты.

Зарядталған бөлшектердің үдеткіштерін жасау әртүрлі ядролық реакцияларды зерттеуге мүмкіндік жасады. Сол кезеңнің маңызды нәтижесі **атом ядросы ыдыратылуының ашылуы** болды. 1939 – 1945 жылдары алғаш рет **уран-235-тің тізбекті ядролық реакциясы** арқылы ядролық энергияны бөліп шығару жүзеге асырылды. Ядролық энергия алғаш рет КСРО-да бейбіт мақсат үшін пайдаланылды. КСРО-да (Обинск қаласында) 1954 ж. **алғашқы атом электр стансасы** іске қосылды.

1952 ж. **термоядролық синтез реакциясы** (термоядролық жарылыс) жүзеге асырылды. **Атом ядросы физикасымен** қатар 30-жылдардан бастап **қарапайым бөлшектер физикасы** тез қарқынмен дамытылды. Осы саладағы алғашқы табыстар ғарыш сәулелерін зерттеуге байланысты ашылды. **Мюондар, π -мезондар, К-мезондар алғашқы гиперондар** ашылды. Зарядталған бөлшектер үдеткіштері жасалғаннан кейін қарапайым бөлшектерді және олардың қасиеттерін жоспарлы түрде зерттеу басталды. **Екі текті нейтрондардың** болатыны тәжірибе жүзінде дәлелденді және көптеген жаңа қарапайым бөлшектер, оларға қоса өте тұрақсыз бөлшектер-**резонанстар**, қарапайым бөлшектердің өзара бірі-біріне түрленетін түрлері ашылды.

1939 – 1945 жылдары **радиолокациялық құрылғылар** жасалғаннан кейін **радиофизика** жаңа бағытта дамытылды. Елеусіз аз спектрлік тығыздықты энергия ағынын ұстай алатын алып радиотелескоптар жасалған-ды. Осылар арқылы қуатты радиосәуле тарататын **радиожұлдыздар** және **радиогалактикалар**, 1963 ж. Жерден барынша шалғай қашықтықтан аса күшті жарқырайтын **квазижұлдыздық нысандар** (объектілер) – **квазалар** ашылды. Аспан денелерінің радиосәулелерін зерттеу алғашқы реттік ғарыштық сәулелердің (протондардың, аса ауыр ядролар мен электрондардың) көздерін ашуға себепші болды. Әлгі көздердің аса жаңа жұлдыздардың оталуы екені анықталды. Ыссы Әлем моделінен табиғатта бар болуы мүмкін болатын **реликті сәуле шығару** ашылды. 1967 ж. тез айналатын нейтронды жұлдыздар – **пульсарлар** белгілі болды. Пульсарлар радио-, көзге көрінетін сәулелер және рентген сәулелері



алқаптарында бағытталған сәулелер тудырады. Жұлдыздардың бір секундтың үлесіндей аз уақытта айналып шығатындығына орай сәулелердің қарқындылығы ауық-ауық өзгертін болды.

Физикалық теориялардың дамытылуының заңды кезеңі – **өрістердің кванттық теориясы** (ӨКТ) болды. ӨКТ кванттық принциптерді еркіндік дәрежесі шексіз санды жүйелерге таратты. ӨКТ алғашында электрондарға, позитрондарға және фотондарға қатысты (кванттық электрдинамика, 1929 ж.) тұжырымдалды. Осы теорияға сәйкес, зарядталған бөлшектер арасындағы өзараәсерлесу фотондар алмасу жолымен жүзеге асырылатын болды. Осы теорияның барлық қорытындылары тәжірибелермен үйлесімді болуына қарамастан, ол бірқатар қиыншылықтарға кездесті. Теория жүзінде бөлшектердің массалары мен зарядтары шексіз үлкен мәндерге ие болды. Қарама-қарсы қайшылықтан құтылу үшін қайта нормалау, яғни теориядағы бөлшектердің массалар мен зарядтарының шексіз мәндері олардың байқалатын мәндерімен алмастырылады.

ӨКТ идеясының әрі қарай қолданылуы нуклондар (протондар мен нейтрондар) арасындағы өзараәсерлесу мезондардың алмасуынан пайда болады делінетін болжалға келіп тірелді. Ядролық күштердің қысқа мерзімді сипаты мезондардың тыныштық массаларының салыстырмалы үлкен болуымен түсіндірілді. Алдын ала болжанған қасиеттері бар (пи-мезондар) 1947 ж. табылған. Олардың нуклондармен өзараәсерлесуі **күшті өзараәсерлесудің** дербес жағдайы болды.

XX ғасырдың 60-жылдары әлсіз өзараәсерлесудің қайта нормаланбайтын теориясы тұжырымдалды. Бұл мәселе калибрлеу теориялары аталған теория негізінде шешілді.

Жартылайөткізгіштер физикасының жетістіктері техникада және радиотехникада үлкен төңкеріс жасады. Электрвакуумдық шамдарды жартылайөткізгіштік аспаптармен алмастыру радиотехникалық құрылғылар мен электрондық есептеу техникаларының сенімділігін арттырды, тұтынылатын электр қуаттары айтарлықтай азайды. Интегралдық сұлбалар жасалды, бұл арқылы бір ғана шағын ауданды кристалда мыңдаған және одан да артық электрондық бөлшектер орналастырылатын болды, чиптер жасалды.





Физика ғылымы – табиғат, оның сан алуан құбылыстары және өзге қасиеттері мен сипаттамалары туралы білімдердің теория жүзінде жүйеленген туындысы әрі олардың жиынтығы екені мәлім. Физика ғылымы табиғат құбылыстары туралы көптеген ұғымдар мен түсініктерден құралған. Олар – әр кездегі жекелеген білімпаз әрі ғылымпаз жеке тұлғалар-физиктердің ұжымдық жұмыстарының нәтижелері мен қорытындылары. Сол себепті **физика ғылымын қалыптастырған көрнекті және атақты физиктердің ашқан жаңалықтары, ғылымды дамытуға қосқан идеялары мен теориялары, принциптері, әрқилы құбылыстар сырын ашу мақсатында жүзеге асырылған ғылыми тәжірибелері, болжалдарымен таныстырмақпыз.**

АББЕ Эрнест Карл (1840 – 1905) – неміс физик-оптигі. 1872 ж. микроскоптағы кескіндердің пайда болу теориясын тұжырымдаған. 1878 ж. осы заманғы ең алғашқы оптикалық микроскопты жасаған, оптикалық микроскоптың ажыратқыштық қасиетінің жарық толқынының ұзындығына байланысты шектеулі болатынын көрсеткен.

АБЕЛЬСОН Филипп Хауге (1913 – ?) – американ физигі әрі геохимигі. Э.Макмиланмен бірге трансурандық элементтерді алғаш ашушы болды. 1940 ж. олар ең алғашқы трансурандық элемент – нептунийді ашқан.

АБРИА Жореми Жозеф Бенуа (1811 – 1892) – француз физигі. 1848 ж. **страттарды** ашқан.

АВОГАДРО Амедео (1776 – 1856) – итальян физигі. Заттардың құрылысының **молекулалық** болжалын ұсынған. Газдың негізгі заңдарының бірін ашқан (Авогадро заңы).

АДЖИУНТИ Николо (1600 – 1635) – итальян физигі. 1635 ж. судың қатаюу кезінде көлемін кішірейтпейтінін (сығылмайтынын), керісінше көлемін ұлғайтатынын ашқан.

АЛЛИСОН Фрэд (1882 – 1974) – американ физигі. 1931 ж. дейтерийдің, 1932 ж. астатиннің болатынын дәлелдеген.

АЛЬВАРЕС Луис Уолтер (1911 – 1988) – американ физигі. **Электрондық қармауды** ашқан. Нобель сыйлығының иегері (1968 жыл).

АЛЬФВЕН Ханнес (1905 – 1995) – швед физигі әрі астрофизик. **Магниттік гидродинамиканың** негізін салушы. Нобель сыйлығының иегері (1970).

АЛЬХАЗЕН (Әбу Әли Хайсама) (965 – 1039) – араб ғалымы, ортағасыр физигі. Ол ежелгі грек ғалымдарының затты көруі үшін адамның көзінен шығатын сәуле әлгі затты «сипалап» шығады делінетін түсінігін жоққа шығарып, заттан шағылысатын сәуле, көзге түкенде ғана адам затты көретін болады деген ұстанымда болды.

АМПЕР Андре Мари (1775 – 1836) – француз физигі. Электрдинамиканың негізін салушылардың бірі. Токтың механикалық өзараәсерлесуін ашқан және осы



өзараәсерлесудің заңын тұжырымдаған (Ампер заңы). Магнетизмнің алғашқы теориясын ұсынған.

АНГСТРЕМ Андерс Ионас (1814–1874) – швед физигі әрі астроном. **Спектрлік талдаудың** негізін салушылардың бірі. Ұзындықтың бірлігі – $10^{-10}\text{м}=10^{-8}\text{см}$ ангстремді (Å) енгізген.

АНДЕРСОН Карл Дейвуд (1905 – 1991) – америка физигі. Ғарыш сәулесінен **позитронды және мюонды** ашқан. Нобель сыйлығының иегері (1936).

АРАГО Доминик Франсуа (1786 – 1853) – француз ғалымы әрі саясаткер. Электр тогының магниттеуші әсерін және айналу магнетизмін ашқан. Жарықтың **хроматикалық полярлануын** ашқан (Ж. Био мен Д. Брюстерге қатыссыз). Поляр шұғыласы мен магниттік дауылдың байланысын ашқан.

АРИСТОТЕЛЬ (б.з.б. 384 – 322) – ежелгі грек философы әрі ғалым. Ғылымға «физика» деген атауды енгізген. Грек тілінде «физика» деген сөз «табиғат» деген ұғым береді. Аристотельдің физикасы табиғаттың пайдалылығы туралы принципке негізделгенімен бұрынғы ғалымдардың озық идеяларын – гелиоорталықты және атомизмді кейін тартқызды. Канондалған шіркеу Аристотельдің ілімін тежеп, ғылымның дамуына кедергі жасады. Сондықтан да ортағасырлық шіркеу «Аристотельдің бойындағы жанды нәрселерді мәңгілікке өлтірді» деген нақыл сөз қалған.

АСТОН Френсис Уильям (1877 – 1945) – ағылшын физигі. 1919 ж. масс-спектрскопия жасаған. 1931 ж. **уран =238 изотопын** ашқан. Нобель сыйлығының иегері (1922).

БАРДИН Джон (1908 – 1991) – америка физигі. **Транзисторды** алғаш жасаушылардың (1948 ж.), асқынөткізгіштіктің микроскопиялық теориясының авторларының бірі. Нобель сыйлығының екі мәрте (1956, 1972 ж.) иегері болды.

БАРКЛА Чарлз Гловер (1877 – 1944) – ағылшын физигі. 1904 ж. тәжірибе жүзінде алғаш рет **рентген сәулесінің полярлануын** ашқан, осы тәжірибе рентген сәулесінің толқындық қасиеті болатынын дәлелдеген. Нобель сыйлығының иегері (1917).

БАСОВ Николай Геннадьевич (1922–2001) – орыс физигі. Алғашқы **кванттық генераторды** (мазерді) жасаушылардың (1954 ж.) бірі.

БЕККЕРЕЛЬ Антуан Анри (1852 – 1908) – француз физигі. Уран тұзының **табиғи радио активтілігін** ашқан (1896 ж.). Нобель сыйлығының иегері (1903ж.).

БЕННЕТ Уильям Ральф (1930 – ?) – америка физигі. 1960 ж. А. Дживанмен және Д. Эрриотпен бірлесіп **алғашқы газды лазерді** (гелий мен неон қоспасы негізді), 1962 ж. П. Киндлманмен бірге магнитстрикциялық баптаулы лазер жасаған.



БИРКЕЛАНД Кристиан (1867 – 1917) – норвег физигі. 1903 ж. **аудан азот алу тәсілін** ұсынған.

БОР Нильс Хендрин Давид (1885 – 1962) – дат физигі. 1913 ж. М. Планктың энергияны кванттау туралы идеясы бойынша жасалған Резерфорд атомы моделі негізінде өзінің сутекке ұқсас атомдық теориясын ұсынған. Бұл теорияның негізіне оның екі постулаты алынған. Осы модель атом теориясындағы жаңа заманның басы болды. Бор **уранның өздігінен бөлінетіндігі** туралы алдын ала болжалдаған. Нобель сыйлығының иегері (1922 ж.).

БРАУН Карл Фердинанд (1859 – 1918) – неміс физигі. 1897 ж. катодтық түтікті жасаған, **электрондардың қозғалысын магнит өрісі арқылы басқарған**. Бұл түтік алғашқы осциллографттық-сәулелік түтік болды. 1874 ж. кейбір кристалдардың біржақты өткізгіштігін ашқан. Нобель сыйлығының иегері (1909 ж.).

БРИДЖМЕН Перси Уильямс (1882 – 1961) – американ физигі. Жоғары қысымдар физикасының негізін қалаушы. 425 000 атмосфералық қысым шығару әдісін ойлап тапқан. Оның зерттеулерінің нәтижесінде синтетикалық алмас алу мүмкіндігі ашылған (1955 ж.). Нобель сыйлығының иегері (1946 ж.).

БРОЙЛЬ Луи де (1892 – 1987) – француз физигі. Кванттық механиканы тұжырымдаушылардың бірі. 1923 ж. А. Эйнштейннің жарықтың екі жақтылық (дуализмін) табиғатының заттарға да тән екендігі туралы идея ұсынған, бұл идея электрондардың кристалдардағы дифракция құбылысының ашылуына байланысты біржолата дәлелденген. Луи де Бройль 1924 ж. **материяның** (де Бройль толқындары) **толқындық қасиеттері** туралы идеясын докторлық диссертациясында баяндаған болатын. Нобель сыйлығының иегері (1929 ж.).

БРЮСТЕР Дэвид (1781 – 1868) – шотланд физигі. Полярландыру заңының біреуін тұжырымдаған. 1815 ж. диэлектриктің сыну көрсеткіші мен жарықтың түсу бұрышының арасындағы байланысты, жарықтың диэлектриктің бетінен шағылысқан кезде түгелдей полярланатынын (Брюстер заңы) ашқан. 1817 ж. **калейдоскопты** ойлап тапқан.

БУШ Ханс (1884 – 1973) – неміс физигі. 1926 ж. **магнит өрісінің фокустауыш әсерін** ашқан және **электрондық магниттік линза** жасаған.

ВАГНЕР Карл Вильгельм (1901 – 1977) – неміс физигі. 1930 ж. жартылай өткізгіштердің екі **электрондық және кемтіктік типтері болатынын** ашқан.

ВАНТ-ГОФФ Якоб Хендрик (1852 – 1911) – нидерланд физик-химигі. 1890 ж. қатты ерітінді деген ұымды енгізген. Химия ғылымы саласы бойынша Нобель сыйлығының ең алғашқы иегері (1901 ж.).

ВАРБУРГ Эмиль Габриель (1846 – 1931) – неміс физигі. 1881 ж. ферромагнетиктердің циклдік магниттелушілігінің гистерезистік жылудағы магниттік және сәйкес электрмагниттік энергияның шығындалуымен байла-

нысты болатынын дәлелдеген және осы энергия шығынның гистерезистік қисықтың ауданымен байланысын тапқан.

ВЕБЕР Вильгельм Эдуард (1804 – 1891) – неміс физигі. Қарапайым магниттер-магниттік диполдер теориясының авторы (1854ж.). 1871 ж. **атомның алғашқы электрондық моделін** (ғаламшарлық құрылымды), 1830 ж. дыбысты жазу идеясын ұсынған.

ВЕБЕР Джозеф (1919 – ?) – американ физигі. 1952 – 53 жылдары электрмагниттік толқындарды индукцияланған сәуле арқылы күшейту мүмкіндігін қарастырған және **лазердің әсер ету принципін** ашқан. 1959 ж. өзгелерге қатыссыз түрде **кванттық санауышты** ұсынған.

ВЕЙСС Пьер Эрнест (1865 – 1940) – француз физигі. 1911 ж. **магниттік момент квантының** болатынын алдын ала болжаған және оны **магнетон** деп атаған. 1918 ж. Г. Пикармен бірлесіп магниткалориялық эффектін ашқан.

ВЕКСЛЕР Владимир Иосифович (1907 – 1966) – кеңес физигі. 1944 ж. Э. Макмилланға қатыссыз үдеткіш техниканың әрі қарай дамытылуына қажет принцип **автофазалауды** ашқан. 1947 ж. кеңестік ең алғашқы синхротонды жасауға басшылық еткен. 1944 ж. **микротрон** идеясын ұсынған. 1956 ж. бөлшектерді когерентті үдету принципін ұсынған.

ВИВИАНИ Винченцо (1622 – 1703) – итальян ғалымы (математик). Э. Торричеллидің тапсырмасымен 1643 ж. **атмосфералық қысымның** болатыны туралы ғылыми тәжірибені жүзеге асырған. 1656 ж. Дж. Бореллимен бірлесіп ауадағы дыбыстың таралу жылдамдығын анықтаған. Өзінен бұрынғылардың анықтаған жылдамдықтарынан дәл болды.

ВИГНЕР Юджин Поль (1902 – 1995) – американ физигі. 1939 ж. уранда **тізбекті ядролық реакцияның** өтуі мүмкін екендігін негіздеген. Э. Ферми тобымен бірге америкалық ең алғашқы атом реакторын жасауға қатысқан. 1949 ж. бариондық зарядтың сақталу заңын тұжырымдаған. Нобель сыйлығының иегері (1963 ж.).

ВИЛЬСОН Алан Хэррис (1906 – ?) – ағылшын физигі. 1931 ж. электрондық спектрдің зоналық құрылымы туралы түсінік негізінде кристалдарды **металға, жартылайөткізгіштерге** және **диэлектриктерге** бөлген. Жартылайөткізгіштерді өзіндік және қоспалы деп бөліп, **донорлық** және **акцепторлық** өткізгіштік туралы түсініктер енгізген. 1931 ж. жартылайөткізгіштердің кванттық теориясын тұжырымдаған. 1932 ж. кванттық механикалық туннельдеу туралы түсінікті қолдаған.

ВИЛЬСОН Роберт Вудров (1936 – ?) – американ физигі. 1965 ж. А. Пензиаспен бірге тәжірибе жүзінде температурасы жуық шамамен 3К Ғаламдық реликті фонды радиосәулені ашқан. Осы жаңалық **Ғаламның ыссы моделін** растаған. 1973 ж. Ғарыштық дейтерийдің болатынын анықтаған. Нобель сыйлығының иегері (1978).



ВИЛЬСОН Роберт Ратбан (1914 – ?) – американ физигі. 1946 ж. сәулелік терапияда ауыр зарядты бөлшекті (протонды) пайдалануды ұсынған.

ВИЛЬСОН Чарлз Томсон (1869 – 1959) – ағылшын физигі. 1912 ж. зарядты бөлшектердің іздерін (тректерін) бақылауға әрі фотосуретке түсіруге арналған аспап – Вильсон камерасын ойлап тапқан және 1900 – 01 ж. қалың қабатты топыраққа сіңетін иондағыш сәуленің болатыны туралы ойға келген. Нобель сыйлығының иегері (1927 ж.).

ВИН Вильгельм (1864 – 1928) – неміс физигі. 1893 ж. жылулық сәуле ұғымына **температура** және **энтропия ұғымдарын** енгізген, абсолют қара дененің спектрінде сәуленің максимумы температураның артуына орай қысқа толқын жағына қарай ығысатынын анықтаған (Виннің ығысу заңы). 1895 ж. О. Люммермен бірлесіп, Г. Кирхгофтың қара дене туралы идеясын дамытқан, әлгі денені іші айналы қабырғалы қуыс және сәуле кіретін әрі шығатын тар саңылауы болатын түрде іске асыруды ұсынған. 1902 ж. арналық (каналдық) сәуленің электр және магнит өрістерінде бұрылатынын (ауытқитынын), арналық сәуленің оң зарядталғандығын анықтаған.

ВОЛЛАСТОН Уильям Хайл (1766 – 1828) – ағылшын ғалымы (медицина докторы). 1801 ж. И.Риттерге тәуелсіз ультракүлгін сәулені ашқан. 1802 ж. электр тогының химиялық әсерін, 1803 ж. химиялық элемент – палладиді, 1804 ж. – родийді ашқан. 1802 ж. Күн спектрінен күнгірт сызықты алғаш рет байқаған, кейін ол «фраунгофер сызықтары» деп аталып кеткен. 1804 ж. жарық бір осьті кристалдан өткен кезде пайда болатын **дихроизмді** ашқан.

ВОЛЬТА Александр (1745 – 1827) – итальян физигі, тұрақты ток көзін ойлап табушы. Л. Гальванидің «жануарлық» электріне қызыққан, 1792 ж. ол тәжірибені қайталап жасау кезінде бақаның бұлшық етіндегі қысқа мерзімді электр тогының шығуына «жануарлық» электрдің қатысы жоқ екенін, ізбектегі әртүрлі металдардың (әртектегі екі металдың және сұйықтың) қасиеттерінен туындайтынын анықтаған. Эффектіні күшейту мақсатында жасалған көптеген тәжірибелер нәтижесінде 1799 ж. ұзақ уақыт жұмыс істейтін алғашқы гальвани (электрлік) ток көзі – **ВОЛЬТ бағанын** жасаған. 1795 ж. әрқилы металдардың біріне-бірі **жанасқан кезінде өзара электрленетін құбылысын** ашқан. Осы ток көзінің гальванилік полярлану құбылысын түсіндірген. 1787 ж. жалынның электр өткізгіштігін ашқан.

ВОЛЬФКЕ Мечислав (1883 – 1947) – поляк физигі. 1927 ж. В. Кеезоммен бірге **сұйық гелийдің**: гелий I және гелий II түрге ажырайтынын ашқан.

ГАЛИЛЕЙ Галилео (1564 – 1642) – көрнекті итальян физигі. Физика ғылым ретінде Галилейден бастау алған. Адамзат Галилейге тек механиканың ғана емес, бүкіл физиканың дамытылуында үлкен маңызы болған екі принципін ашқаны үшін қарыздар. Олар: **түзусызықы және бірқалыпты қозғалысқа арналған салыстырмалық принцип** және ауырлық күш үдеуінің тұрақтылығы принципі.



1609 ж. **инерция заңын**, еркін түсу заңын, дененің көлбеу жазықтықпен қозғалуын (1604 – 09 жылдары) тұжырымдаған. 1609 ж. өзінің көру түтігін жасаған.

ГАЛЬВАНИ Луиджи (1737 – 1798) – итальян физигі әрі физиологы. 1773 жылдан бастап бақаның бұлшық етінің қозғалысын (жиырылуын) зерттей бастаған, 1786 ж. бақаның бұлшық етінен қысқа мерзімді электр тогының импульсін байқаған, ол бұл құбылысты «электр» деп атаған. Осы құбылыстан ол бақа бұлшық етінің жиырылуы онда пайда болатын электр тогының нәтижесі деп қорытынды жасаған. Бұл қорытындының жаңсақ екенін А. Вольта атап, бұл құбылыстың әрқилы металл өткізгіштердің жануар бұлшық еті арқылы жалғасуы салдарынан пайда болатынын дәлелдеген.

ГАМОВ Джордж (Георгий Антонович) (1904 – 1968) – американ физигі. 1928 ж. альфа-ыдырауды түсіндіру үшін кванттық механиканы қолданған. Осының нәтижесінде **туннельдік эффект** туралы түсінік пайда болды. 1946 – 48 жылдары нейтрондық қармау нәтижесінде химиялық элементтердің пайда болуын және «Ыссы Ғалам» моделін тұжырымдаған. Осы модель бойынша 1956 ж. реликті сәуленің шығуын алдын ала болжаған.

ГАРРЕТ Чарлз Джеффри (1925 – ?) – американ физигі. 1960 ж. өзгелермен бірлесіп алғашқы рубиндік лазерлердің бірін жасауға қатысқан.

ГАУДСМИТ Самюэл (1902 – 1979) – американ физигі. 1925 ж. Дж. Уленбекпен бірге **электр спині** ұғымын енгізген. **Ядро спинін** алғаш болып анықтаған.

ГАУКСБИ Үлкен Фрэнсис (1666 – 1713) – ағылшын физигі. 1710 ж. әйнек түтіктегі ауада болатын электр разряды кезіндегі жарқылды ашқан. Бұл **электр разряды туралы алғашқы зерттеу** қатарына жатады.

ГЕЙЗЕНБЕРГ Вернер (5.12.1901 – 1.2.1976) – неміс физигі. Ғылыми жұмыстары кванттық механикаға, кванттық электродинамикаға, өрістердің релятивтік кванттық теориясына, ядролар теориясына, магнетизмге, ғарыштық сәулелер физикасына, қарапайым бөлшектер теориясына арналған. 1925 ж. кванттық механиканың алғашқы нұсқасы – матрицалық механиканы тұжырымдаған. 1926 ж. пара- және ортогелий жүйелеріне арналғна екі терм жүйесінің айырмашылығын түсіндірген: паратермдер симметриялы, ал орто-термдер – толқындық функциялардың антисимметриялы шешімдеріне сәйкес болады. 1927 ж. микронысандарға (микрообъектілерге) классикалық ұғымдар мен түсініктерді қолдануды шектейтін анықталмағандық принципін тұжырымдаған. 1928 ж. П. Диракпен бірлесіп, алмасу күшін ендіре отырып, алмасулық өзараәсерлесуі деясын ұсынған және Я.Френкельге қатыссыз электрондардың алмасулық өзараәсерлесуіне негізделген ферромагнетизмнің алғашқы кванттық-механикалық теориясын тұжырымдаған. 1934 – 36 жылдары Дирақтың кемтіктер теориясын дамытқан. 1934 ж. вакуумның полярлану эффектісінің болатынын постулаттаған. 1932 ж. изотоптық спин ұғымын енгізген, ядролық күштердің



сіңіргіштігін көрсеткен. 1943 ж. өзараәсерлесулерді сипаттауға арналған маңызды құрал болып табылатын шашырату матрицасын енгізген (S-матрицаны).

ГЕЙССЛЕР Генрик Иоганн (1815 – 1879) – неміс физигі. 1855 ж. сынапты вакуумдық сорғы жасаған. 1868 ж. газдан электр тогы өткен кезде оның жарқырау құбылысының газдың табиғатына тәуелді болатынын тұжырымдаған. 1858 ж. газдың химиялық құрамы оның жарқырау түсі бойынша анықталады деген болжам жасаған.

ГЕЛЛ-МАНН Мюррей (1929 – ?) – американ физигі. 1953 ж. кванттық сан – **ғажаптық** ұғымын енгізген. 1973 ж. өзгелерге қатыссыз **глюондар** туралы болжал ұсынған. Нобель сыйлығының иегері (1969 ж.).

ГЕНРИ Джозеф (1797 – 1878) – американ физигі. 1832 ж. **өздік индукцияны** және **экстраток** құбылысын ашқан. 1842 ж. конденсатор разрядының тербелмелі сипатын дәлелдеген.

ГЕРЦ Генрих Рудольф (1857 – 1894) – неміс физигі. 1888 ж. тәжірибе жүзінде бос кеңістікте таралатын электрмагниттік толқындардың болатынын дәлелдеген. Герцтің тәжірибесі Максвелл теориясы алдын ала болжаған әлгі толқындардың ашылуы болды. 1887 ж. Сыртқы фотоэффектіні ашқан.

ГЕРЦ Густав Людвиг (1887 – 1975) – неміс физигі. 1912 – 14 жылдары Дж. Франкпен бірге **электронның газ атомымен соқтығысуы** бойынша тәжірибелер жасаған (Франк – Герц тәжірибелері), осы тәжірибелер қорытындысы **атомдарда дискретті энергия деңгейлерінің** болатынын айғақтаған, осы жайт Бор атомының кванттық теориясын тікелей растаған. Нобель сыйлығының иегері (1925 ж.).

ГЕСС Виктор Франц (1883 – 1964) – австриялық физик. 1912 ж. **ғарыштық сәулені** ашқан. «Иондық желді» ашқан. Нобель сыйлығының иегері (1936 ж.).

ГИББС Джозайя Уиллард (1839 – 1903) – американ физигі. 1873 ж. **геометриялық термодинамиканың** бастамасын ашқан, 1873 – 78 жылдар аралығында химиялық термодинамиканың негізін қалаған, дербес жағдайда **термодинамикалық тепе-теңдіктің** жалпы теориясын және **термодинамикалық потенциал әдісін** 1875 ж. **фазалар ережесін, капиллярлықтың теориясын** тұжырымдаған.

ГИЛЬБЕРТ Уильям (1544 – 1603) – ағылшын физигі. 1600 ж. «Магнит, магниттік денелер және Жер – үлкен магнит...» деген ғылыми еңбегі жарық көрген. Онда **магнетизм және электр құбылыстарына арналған 600-ден аса тәжірибе сипатталып түсіндірілген**, магниттің әрқашан да екі полюсі болатыны, аттас полюстердің бірінен-бірі тебілетіні, ал әр аттас полюстердің тартылатыны т.б. құбылыстар қарастырылған. Жердің үлкен магнит екені түсіндірілген, оған жерде магнит тілінің солтүстік пен оңтүстікке бағытталуы себеп болатыны айтылған. Гильберт – **электр туралы ғылымның негізін салушы**. Жалын дене-



де үйкеліс арқылы пайда болған электрлік қасиетін жоятынын анықтаған. Жылу құбылысын бөлшектердің қозғалысы ретінде қарастырған (1590 ж.).

ГИТТОРФ Иоганн Вильгельм (1824 – 1914) – неміс физигі. 1869 ж. **катод сәулесінің көлеңке түсіретінін** байқаған. Ол **спектрлерді жолақ және сызықтық** деп екі түрге ажыратқан. Газдың өткізгіштігінің негізі ионда деп есептеген. (1879 ж.)

ГЛЕЗЕР Дональд Артур (1926 – ?) – америка физигі. 1952 ж. зарядталған бөлшектерді тіркеуге арналған **көпіршікті камераны** жасаған. Нобель сыйлығының иегері (1960 ж.).

ГОЛЬДШТЕЙН Эуген (1850 – 1930) – неміс физигі. 1880 ж. **катод сәулесінің магнит өрісінде ауытқитынын** байқаған. 1895 – 98 жылдары катод сәулесіне түскен кейбір тұздардың жарқырайтынын анықтаған және катод сәулесіне толқындық қасиетті таңған. 1886 ж. **арналық (каналдық) сәулені** ашқан.

ГРЕЙ Стефен (1666 – 1736) – ағылшын физигі. 1729 ж. **электр өткізгіштікті** ашқан. Барлық денелерді **өткізгіш және өткізгіш емес** деп екіге ажыратқан. **Электр зарядының дененің беті бойынша таралатынын** анықтаған.

ГРИМАЛЬДИ Франческо (1618 – 1663) – итальян ғалымы (философ, математик). «Жарық, түстер және кемпіркосақ туралы Физика ғылымы» деген еңбегі ғалым қайтыс болған соң 1665 ж. жарияланған. Ол еңбекте жарық дифракциясы, жарықтың таралуы, шағылысуы, сынуы, т.б. мәселелер сипатталған.

ГУК Роберт (1635 – 1703) – ағылшын физигі. 1665 ж. Х. Гюйгенспен бірге термометрдің тұрақты нүктелері ретінде **мұздың еру және судың қайнау** нүктелерін белгілеген және жылуды бөлшектердің қозғалысы ретінде болжал жасаған. 1660 ж. қатты денелерге арналған серпінділік теориясын ашқан.

ГЮИ Луи (1854 – 1926) – француз физигі. 1888 ж. броун қозғалысының жылулық табиғаты болатынын дәлелдеген.

ГЮЙГЕНС Христиан (1629 – 1695) – голланд физигі. 1656 ж. **төмен түсетін жүк орнатылған ең алғашқы сағатты** жасаған. 1678 ж. **жарықтың толқындық теориясын** тұжырымдаған. Жарықтың таралу тетігін түсіндірген принципті (Гюйгенс принципін) ұсынған. **1678 ж. жарықтың полярлануын** ашқан. 1667 ж. **судың қатаю кезінде көлемін ұлғайтатынын** байқаған. 1655 ж. **Сатурн планетасының сақинасын** және бір серігі – Титанды ашқан.

ДАЛЬТОН Джон (1766 – 1844) – ағылшын химигі әрі физик. 1801 ж. **қаныққан және аса қызған булардың** айырмашылығын алғаш рет көрсеткен. Газдардың **үлестік (парциалдық) қысымын** ашқан(1801).

ДАНИЕЛЬ Джон Фредерик (1790 – 1845) – ағылшын ғалымы әрі өнертапқышы. 1818 ж. **гигрометрді** ойлап тапқан. 1830 ж. **су барометрін** жасаған. 1836 ж. **мыс пен мырыштан құралған химиялық ток көзін (Даниель элементін)** ойлап тапқан. Бұл ең алғашқы тұрақты ток көзі болды.



ДЕБАЙ Петер (1884 – 1966) – голланд физигі. 1916 ж. А. Земмерфельдпен бірге Зеeman эффектісін түсіндіру үшін кванттау шартын қолданған, магниттік кванттық санды енгізген. 1923 ж. **Комптон эффектісін** түсіндірген. 1932 ж. **ультрадыбыстағы жарық дифракциясын** ашқан.

ДЕЗАГЮЛЬЕ Жан Теофил (1683 – 1744) – ағылшын жаратылыстанушысы. 1742 ж. **электр өткізгіш және өткізгіш емес** деген ұғымдарды енгізген және «өткізгіш» деген ғылыми атауды енгізген. **Планетарийді** ойлап тапқан.

ДЕКАРД Рене (1596 – 1650) – француз философы, физик әрі математик. **Қозғалыс «күші»** (қозғалыс мөлшері) деген ұғымды енгізген. 1644 ж. **инерция заңын** тұжырымдаған. 1637 ж. «Диоптрика» деген ғылыми еңбегінде **жарықтың таралуы, шағылысуы және сынуы, кемпіркосақ туралы** т.б. мәселелер қарастырылған.

ДЕЛЮК Жан Андре (1727 – 1817) – швейцар физигі. 1754-55 жылдары мұздық еруі кезінде температураның өзгермейтінін және мұздың суға ауысуы үшін қосымша жылудың қажет болатынын байқаған. Судың жылулық ұлғаюы кезіндегі аномалияны – **максимал тығыздықты қатаю кезінде емес, +4°C** температурада ие болатынын анықтаған (1772 ж.).

ДЕМПСТЕР Артур Джеффи (1886 – 1950) – канада физигі. 1918 ж. ең алғашқы **масс-спектрметрді** жасаған.

ДЕННИСОН Дэвид Маттиас (1900 – 1976) – американ физигі. 1927 ж. **протонның спині** болатынын және оның $1/2 \hbar$ -қа тең екендігін постулаттаған (пікір айтқан).

ДЕПРЕ Марсель (1843 – 1918) – француз физигі әрі инженер. 1880 ж. Д. А. Лачинковқа қатыссыз **алыс қашықтыққа электр энергиясын шығынсыз тарату** үшін кернеуді арттыру туралы идеяны негіздеген.

ДЖЕРМЕР Лестер Халберд (1896 – 1971) – американ физигі. 1927 ж. К. Девиссонмен бірлесіп (Дж. П. Томсонға қатыссыз) никель монокристалынан **электрондардың дифракциясын** байқаған.

ДЖОСЕФСОН Брайан Дэйвил (1940 – ?) – ағылшын физигі. 1962 ж. туннелдеудің жаңа түрі – **джозефсондық туннелдеуді** және онымен байланысты бірқатар эффектілерді (тұрақты және тұрақсыз, т.б.) ашқан. Нобель сыйлығының иегері (1973 ж.).

ДЖОУЛЬ Джеймс Прескотт (1818 – 1889) – ағылшын физигі. 1841 ж. өткізгіштен ток өтіп тұрған кезде одан бөлінетін **жылу мөлшері токтың шама-сына және өткізгіштің кедергісіне тәуелді болатынын** ашқан (Джоуль-Ленц заңы). 1843 ж. **жылуды механикалық жұмыс есебінен де алуға болатынын** тәжірибе жүзінде дәлелдеген. Идеал газдың ішкі энергиясының оның көлеміне тәуелсіз болатынын анықтаған. 1853 – 54 жылдары У.Томсонмен бірлесіп, газдың кеуекті аралықтан адиабатты өтуі кезінде әлгі **газдың салқындау**



құбылысын ашқан (Джоуль-Томсон эффектісі). 1840 ж. ферромагнетиктердің магниттік қанығуын, 1842 ж. магнитстрикцияны ашқан.

ДИРАК Поль Адриен Морис (1902 – 1984) – ағылшын физигі. 1927 ж. электр-магниттік өріске кванттық теория принциптерін қолданып, кванттық өрістің алғашқы моделін жасаған. Осылай кванттық электрдинамиканың бастамасын тұжырымдаған. 1927 ж. кванттық электрониканың негізіне жатқызылатын еріксіз шығарылған және алғашқы реттік кванттардың тепе-теңдігін алдын ала болжаған. 1928 ж. **электронның релятивтік қозғалыс теориясын** тұжырымдаған. Дирак теориясынан электронның теріс энергия мәніне ие бола алатындығы туралы қорытынды шыққан. Сол себепті оң зарядталған электронның немесе позитронның болуы болжанған. Осы оң зарядты электрон, яғни позитрон 1932 ж. ашылған. 1930 ж. **кемтіктер** теориясын, 1931 ж. антибөлшектердің болатынын, электрон-позитрон жұбының аннигиляциялануын алдын ала болжаған. 1931 ж. қарапайым **магнит зарядының** (Дирак монополю), 1933 ж. **антизаттың болуы туралы болжал ұсынған**. 1933 ж. вакуумның полярлануы эффектісін постулаттаған. Нобель сыйлығының иегері (1933 ж.).

ДУЭН Уильям (1872 – 1935) – американ физигі. Рентген сәулесін **қатерлі ісікті емдеу үшін** қолданған.

ДЭВИ Гемфи (1778 – 1829) – ағылшын химигі әрі физигі. 1821 ж. **өткізгіш кедергісінің оның ұзындығы мен көлденең қимасына тәуелділігін** ашқан. 1799 ж. **екі мұз кесегін үйкелеу арқылы жылу шығарған**.

ДЭВИССОН Клинтон Джозеф (1881 – 1958) – американ физигі. 1927 ж. никель кристалынан **электронның дифракциясын** байқаған. Осы жаңалық де Бройльдің **материяның толқындық қасиетін** тәжірибе жүзінде анықтауы болды. Нобель сыйлығының иегері (1937 ж.).

ДЮАМЕЛЬ Жан Мари Констант (1797 – 1872) – француз физигі әрі математик. 1845 ж. жарық көрген «Механика курсы» деген еңбегінде **дененің массасын** оған түсірілген күштің дене алған үдеуге қатынасы ретінде, яғни $m = F/a$ (мұндағы m – дене массасы, F – күш, a – үдеу) түрінде анықтаған.

ДЮГЕМ Пьер (1861 – 1916) – француз физигі. 1886 ж. **термодинамикалық потенциал** ұғымын енгізген.

ДЮФЕ Шарль Франсуа (1698 – 1739) – француз физигі. 1733 ж. электрдің екі тегі: «**әйнектік**» және «**шайырлық**» (смолалық) болатынын анықтаған. «Әйнектік» электр әйнекте, тау хрусталында, қымбат тастарда, шашта, жүнде, қағазда; «шайырлық» электр янтарьда, жібекте, қағазда, т.б. пайда болады. 1735 ж. алғаш рет **найзағай** мен аспанның күркіреуінің электрлік табиғаты бар екені туралы идея айтқан.

ДЮФОР Луи (1832 – 1892) – швейцар физигі. 1872 ж. газдардың кеуек аралықтан **диффузиялануы кезінде температураның өзгеру** эффектісін ашқан. Дюфор эффектісі – термодиффузияға кері құбылыс.



ЖАМЕН Жюль Селестен (1818 – 1886) – француз физигі. 1847 ж. жарықтың металдан, 1857 ж. мөлдір денелерден шағылысуларын зерттеген. 1856 ж. **интерференциялық рефракметрді** (интерферометрді) жасаған.

ЖОЛИО-КЮРИ Ирен (1897 – 1956) – француз физигі әрі радиохимик. 1934 ж. Фредерик Жолио-Кюримен бірге жасанды радиоактивтілік құбылысын және **позитрондық радиоактивтілікті** ашқан.

ЗЕЕБЕК Томас Иоганн (1770 – 1831) – неміс физигі. 1821 ж. **термоэлектрді** (мыс-висмут жұпты) **терможұп жасап**, оны температураны өлшеу үшін пайдаланған. Магнит өрісінің күш сызықтарының пішінін анықтау үшін ең алғаш рет **темір ұнтақтарын** пайдаланған. 1813 ж. турмалиннің полярландырғыштық қасиетін ашқан.

ЗЕЕМАН Питер (1865 – 1943) – нидерланд физигі. 1896 ж. магнит өрісінің ықпалынан **спектрлік сызықтардың бөлшектену** құбылысын ашқан (Зеeman эффектісі). 1917 ж. **инерттік және гравитациялық массалардың теңдігін** тәжірибе жүзінде дәлелдеген. Меншікті электр зарядын анықтаған. Нобель сыйлығының иегері (1902 ж.).

ИЗИНГ Густав Адольф (1883 – 1960) – швед физигі әрі геофизик. 1925 ж. сызықтық резонанстық үдеткішті және оның негізгі екі тәсілін – шағын потенциалдар айырымын көп рет қайталап пайдалануды және бөлшектердің, үдетуші өрістің бір орында синхронды пайда болуын ұсынған.

КАЛЛАН Николас (1799 – 1864) – ирланд физигі. 1836 ж. **индукциялық катушканы** ойлап тапқан (Ч.Пейджа мен Г.Румкорфтан бұрын) және 1838 ж. өздігінен қозу принципін ашқан (Э.Сименс пен Ч.Уитсоннан бұрын).

КАЛЬМАН Хартмут Пауль (1896 – 1978) – неміс физигі. 1947 ж. **сцинтилляциялық есептеуішті** ойлап тапқан.

КАМЕРЛИНГ-ОННЕС Гейке (1853 – 1926) – нидерланд физигі. 1906 ж. **сұйық сутек** шығарып алған. Алғашқы болып **абсолюттік нөлге жуық** температура шығарған. 1908 ж. алғаш рет **сұйық гелий** шығарған және оның температурасын өлшеген. 1911 ж. **гелийдің кризистік температурасын** өлшеген ($T_k=5,20$ К, $p_k=2,26$ ат). 1909 ж. 1,04 К температура шығарған. **1911 ж. сынаптың, қалайының, қорғасынның, талийдің асқын өткізгіштігін ашқан**. 1913 ж. күшті магнит өрісінің ықпалымен асқынөткізгіштіктің бұзылатынын анықтаған. 1924 ж. **сақинада өшпейтін ток тудыру мүмкіндігін ашқан**, әлгі сақина екі әрқилы асқынөткізгіштерден құралған әрі бірімен жанасатын болды. Нобель сыйлығының иегері (1913 ж.).

КАНТОН Джон (1718 – 1772) – ағылшын физигі. 1759 ж. турмалиннің салқындатылған кезде электрленетінін байқаған. 1762 ж. турмалиннің қыздырылған кезінде пайда болатын электр зарядтарының шамалары бірдей, таңбалары қарама-қарсы болатынын анықтаған. 1762 ж. судың сығылатынын дәлелдеген.



КАПАНИ Нариндер (1926 ж.т.) – америка физигі. 1956 ж. «талшықтық оптика» ғылыми атауын ұсынған. Әйнек қабықшалы әйнек талшықты жасаған.

КАСТЛЕР Альфред (1902 – 1984) – француз физигі. 1952 ж. атомдардың қоздырылған күйлерін **оптикалық резонанс** әдісімен зерттеген. Осы зерттеулер негізінде **жүйелерді оптикалық толтыруды жүзеге асырған**. Оның зерттеулері лазерлер мен лазерлерді жасаудың негізіне алынды. Нобель сыйлығының иегері (1966 ж.).

КАТАЛАН Мигель (1894 – 1957) – испан физигі. 1922 ж. **спектрлік мультиплет** ұғымын енгізген.

КАУФМАН Вальтер (1871 – 1947) – неміс физигі. 1902 ж. алғаш болып тәжірибе жүзінде **электрон массасының жылдамдыққа тәуелділігін** дәлелдеген.

КЕЕЗОМ Виллем Хендик (1876 – 1956) – нидерланд физигі. Гелийдің **қайнау температурасын** анықтаған. 1926 ж. **қатты күйдегі гелийді** шығарған. 1928 ж. М.Вольфкемен бірлесіп, 2,19 К температура кезінде сұйық гелийдің II текті фазалық ауысуын ашқан. Осы жайт **сұйық гелийдің екі күйі болатынын** анықтаған: гелийдің ауысу температурасынан жоғары температурадағы күйі – гелий I, ал ауысу нүктесінен төменгі температурадағы күйі – гелий II деп аталған.

КЕНДАЛЛ Генри (1926 – 1999) – америка физигі. Қарапайым бөлшектердің **кварктік құрылымын** зерттеген. Нобель сыйлығының иегері (1990 ж.).

КЕРР Джон (1824 – 1907) – шотланд физигі. 1875 ж. **электр өрісіне орналас-тырылған изотропты заттағы қосарланған сәуленің сыну құбылысын** ашқан (Керр эффектісі), электр өрісінің ықпалымен сұйық диэлектриктерде оптикалық анизотропияның пайда болатынын байқаған, осы жайт оптикалық және электр құбылыстары аралығында байланыс бар екенін тікелей көрсеткен. Керр эффектісі кең қолданыс тапқан, дербес жағдайда – жапқыш (Керр ұяшығы).

КЕРСТ Дональд Вильям (1911 – ?) – америка физигі. 1940 ж. **бетатронды** ойлап тапқан. 1956 ж. зарядталған бөлшектерді үдету үшін **қарама-қарсы соқтығысушы шоқтар** идеясын ұсынған.

КИРХГОФ Густав Роберт (1824 – 1887) – неміс физигі. 1845 – 47 жылдары тарамдалған электр тізбектеріндегі электр тогының өту заңдылықтарын ашқан. 1857 ж. өткізгіштердегі ток қозғалыстарының жалпы теориясын тұжырымдаған. Р.Бунзенмен бірлесіп, 1860 ж. цезий, 1861 ж. рубидий элементтерін ашқан. 1862 ж. қара дене тұжырымдамасын және оның моделін ұсынған. 1860 ж. спектрлердің айналымын ашқан.

КИТТЕЛЬ Чарлз (1916 – ?) – америка физигі. 1953 ж. **циклотрондық резонансты** ашқан. 1958 ж. 1 К температурадан төменгі температура шығарудың жаңа әдісін ұсынған.

КЛАПЕЙРОН Бенуа Поль Эмиль (1799 – 1864) – француз физигі. 1834 ж. **идеал газ күйінің тендеуін** [1874 ж. Д.И.Менделеев жалпылаған (Менделе-



ев-Клапейрон теңдеуі)] және заттардың балку, қайнау температуралары мен қысымдарының байланысын орнықтыратын теңдеуді қорытып шығарған.

КЛАУЗИУС Рудольф Юлиус Эмануэль (1822 – 1888) – неміс физигі. 1850 ж. У.Ранкинге тәуелсіз жылу мен механикалық жұмыс арасындағы жалпы қатынасты (термодинамиканың бірінші бастамасын), бу машинасының идеал термодинамикалық циклін (Ранкин – Клаузиус циклі) және термодинамиканың «жылу өздігінен едәуір салқын денеден едәуір жылы денеге ауыса алмайды» деген екінші бастамасын тұжырымдаған. 1865 ж. **энтропия** ұғымын енгізген.

КНИППИНГ Пауль (1883 – 1935) – неміс физигі. 1912 ж. М. Лауэмен бірлесіп, **рентген сәулесінің интерференциясын** ашқан.

КОМПТОН Артур Холли (1892- 1962) – американ физигі. 1922 ж. заттар электрондарының рентген сәулесін шашыратуы салдарынан әлгі сәуленің толқын ұзындығының өзгеру құбылысын ашқан (Комптон эффектісі). Осының нәтижесінде **фотонның болатыны дәлелденген**. 1921 ж. **спин** туралы идеяға келген.

КОТТОН Эме (1869 – 1951) – француз физигі. 1907 ж. А. Мутонмен бірге жарықтың өріске перпендикуляр таралуы кезінде магнит өрісіне орналастырылған заттардағы **жарықтың қосарланған сынуын** ашқан (Коттон-Мутон эффектісі).

КРИШНАН Кариаманиккам Сриниваза (1898 – 1961) – үнді физигі. 1928 ж. **жарықтың комбинациялық шашырауын** ашқан.

КРУКС Уильям (1832 – 1919) – ағылшын химигі әрі физигі. 1879 ж. **заттардың төртінші күйі** туралы ұғым енгізген. «Крукс түтігі» деген аспаппен катодтық сәулені зерттеген. 1879 ж. катод сәулесінің энергия және импульс таситынын дәлелдеген. 1886 ж. катод сәулесінің себебінен кейбір тотықтар мен тұздардың жарқырайтынын байқаған. 1903 ж. күкіртті мырыш пластинкаға түскен альфа-бұлшек тудыратын эффектін (**сцинтилляциялық эффектін**) ашқан және осы эффект негізінде жеке альфа-бөлшектің жарқырауы бойынша оны тіркейтін аспап (**Крукс спинтарископын**) жасаған.

ЛЕБЕДЕВ Петр Николаевич (1866 – 1912) – орыс физигі. 1899 ж. **жарықтың қатты денеге қысым түсіретінін**, 1907 ж. **газға қысым түсіретіндігін** тәжірибе жүзінде дәлелдеген.

ЛЕМАН Отто (1855 – 1922) – неміс физигі. 1889 ж. **сұйық кристалды** ашқан.

ЛЕНГМЮР Ирвинг (1881 – 1957) – американ физигі әрі химик. 1929 ж. Л.Тонкспен бірлесіп **плазма** ұғымын енгізген. Плазма – заттардың төртінші күйі.

ЛЕНЦ Эмилий Христианович (1804 – 1865) – орыс физигі. 1833 ж. индукцияның электрқозғаушы күшінің бағытын анықтауға арналған ережені тұжырымдаған (Ленц заңы). 1842 ж. (Дж. Джоульге қатыссыз) электр тогының жылулық әсерлер заңын ашқан.



ЛИББИ Уиллард Фрэнк (1908 – 1980) – американ физик-химигі. 1946 ж. геохронологияның **радиокөміртекті** әдісі – органикалық нысандардағы радиокөміртек-14-тің мөлшерін өлшеу бойынша осы геологиялық нысандардың **жасын анықтауды** тұжырымдаған. 1953 ж. тритий изотопы бойынша жас анықтау тәсілін ұсынған. Нобель сыйлығының (химия бойынша) иегері (1960).

ЛИППАН Габриель (1845 – 1921) – француз физигі. 1891 ж. **жарықтың интерференциясына негізделген ең алғашқы түрлі түсті фотографиялық әдісті** ұсынған. 1908 ж. жазық суретте көлемдік кескін (бейне) көруге болатын интегралдық фотография тәсілін ұсынған.

ЛИХТЕНБЕРГ Георг Кристоф (1742 – 1799) – неміс физигі. Өз есімімен аталған пішіндерді ашқан (Лихтенберг пішіндері). Қолданысқа электр ұнтағын енгізген және 1777 ж. ксерокөшірменің негізгі үрдістерін (процестерін) ашқан. 1778 ж. «**оң**» және «**теріс электр**» деген атаулар енгізіп, оларды «+»(**плюс**) және «-»(**минус**) таңбаларымен белгілеуді ұсынған.

ЛОРЕНЦ Хендрик Антон (1853 – 1928) – нидерланд физигі. Күшті магнит өрісінде спектрлік сызықтардың бөлшектенетінін алдын ала болжаған, оны 1896 ж. П. Зеeman ашқан. 1897 ж. оның теориясын тұжырымдаған. 1892 ж. Майкельсон-Морли тәжірибесін түсіндіруге арналған (Дж. Фитцджеральдке қатыссыз) **денелердің өлшемдерінің оның қозғалыс бағытында қысқаратыны туралы болжал** ұсынған (Лоренц-Фитцджеральд қысқаруы). 1895 ж. қозғалыстағы денелерде тыныштықтағы денелерден өзгеше өтетін **жергілікті уақыт** туралы ұғым енгізген. 1904 ж. әртүрлі екі санақ жүйесіндегі ортақ бір оқиғаның кеңістіктік координаттары мен уақыт сәттерін (мезеттерін) өзара байланыстырушы формуланы қорытып шығарған (Лоренцтің түрлендірулері). Лоренцтің түрлендірулерінен арнайы салыстырмалық теорияның бүкіл кинематикалық эффектілері шығады. Сол жылы **электронның массасының жылдамдыққа тәуелділігінің формуласы** қорытылып шығарылған. Салыстырмалық теорияға және кванттық механикаға ауысуға, салыстырмалық теорияның тұжырымдалуына ерекше жағдай жасалды.

ЛОУРЕНС Эрнест Орландо (1901 – 1958) – американ физигі. 1929 ж. магниттік резонанстық үдеткіш-циклотрон идеясын ұсынған және 1931 ж. **оның ең алғашқы үлгісін жасаған**. Қатерлі ісіктерді шапшаң нейтрондармен емдеу жөнінде ең алғашқы тәжірибе жасаған. Нобель сыйлығының иегері (1939 ж.).

ЛЬЮИС Гилберт Ньютон (1875 – 1946) – американ физик-химигі. 1933 ж. Р. Магдональдпен бірге **ауыр суды** алғаш рет алған және одан **дейтерийді** бөліп шығарған. 1929 ж. «**фотон**» деген ғылыми атауды енгізген.

ЛЭМБ Уиллис Юджин (1913 – ?) – американ физигі. 1947 ж. тәжірибе жүзінде сутек атомындағы **энергиялық деңгейлердің** ығысуын ашқан. 1962 ж. ең **алғашқы сызықтық үдеткішті жасауға қатысқан**.



МАВРОЛИК Франческо (1494 – 1575) – итальян физигі. **Кемпіркосақтың пайда болуын** түсіндірген, оның жеті түсті болатынын байқаған. Алғаш болып жақыннан және алыстан көргіштіктің себебін, көзілдіріктің әсерін түсіндірген.

МАГНУС Генрих Густав (1802 – 1870) – неміс физигі. 1852 ж. сұйық немесе газ ағынында айналып тұрған денеге әлгілердің тарапынан әсер ететін **көлденең күштің пайда болу** құбылысын ашқан (Магнус эффектісі).

МАДЕЛУНГ Эрвин (1881 – 1972) – неміс физигі. 1910 ж. ас тұзының кристалдық торының түйінінде иондардың орналасқанын дәлелдеген.

МАЙОРАНА Этторе (1906 – 1938) – итальян физигі. 1932 ж. Ирен және Фредерик Жолио-Кюрилердің тәжірибелеріне сүйене отырып, жаңа бейтарап бөлшек – **нейтронның** болатынын болжаған.

МАКМИЛЛАН Эдвин Маттисон (1907 – 1991) – америка физигі. 1940 ж. Ф.Абельсонмен бірлесіп уранды нейтрондармен соққылап, ең алғашқы трансурандық химиялық элемент – **нептуний-239-ды**, 1941 ж. Г. Сиборгпен бірге **плутони-239-ды** синтездеген. 1945 ж. кеңес физигі В. И. Векслерге қатыссыз бөлшектерді үдетудің жаңа принципі – **автофазалауды** ашқан. 1947 ж. электрондық **синхротронды** (330 МэВ) жасаған.

МАКСВЕЛЛ Джеймс Клерк (1831 – 1879) – ағылшын физигі. 1860 – 65 жылдары бірнеше теңдеу жүйесі түрінде тұжырымдалған **элекрмагниттік өріс** теориясы үлкен ғылыми жетістік болды. Осы теориясында Максвелл 1861 ж. жаңа ұғым – **ығысу тогын** енгізген, 1864 ж. элекрмагниттік өріске анықтама берген, 1865 ж. жаңа маңызды эффект: еркін кеңістікте **элекрмагниттік сәуленің** (элекрмагниттік толқындардың) болатынын және оның кеңістікте жарық жылдамдығымен таралатынын алдын ала болжаған. Осы соңғы қорытынды (1865ж.) жарықтың элекрмагниттік сәуленің (жарықтың элекрмагниттік табиғаты) бір түрі екенін аңғартты және **оптикалық және элекрмагниттік құбылыстар** арасындағы байланысты ашуға мүмкіндік туғызды, 1873 ж. теория жүзінде жарықтың қысымын есептеп тапқан. 1860 ж. $\varepsilon=n^2$ қатынасын орнықтырған. **Скин-эффектті** алдын ала болжаған.

МАЛЮС Этьен (1775 – 1812) – француз физигі. 1808 ж. **жарықтың шағылысу кезінде полярланататынын** және полярланған жарық қарқындылығының өзгеру заңын ашқан (Малюс заңы). 1811 ж. Ж. Биоға қатыссыз жарықтық сынуы кезінде полярланатынын айғақтаған.

МАРИОТТ Эдм (1620 – 1684) – француз физигі. 1676 ж. тұрақты температура кезінде газ массасының қысымға байланысты көлемінің өзгеру заңын тұжырымдаған (Бойль – Мариотт заңы). **Судың кату кезінде көлемі ұлғаятынын** дәлелдеген. 1666 ж. көздің соқыр дағын анықтаған. Күн мен Ай дискісінің айналасындағы түрлі түсті сақиналарды, **кемпіркосақты**, жарық дифракциясын зерттеген, **жылулық сәуле мен жарық сәуленің** арасындағы айырмашылықты ашқан.



МАРЦИ Ян Маркус (1595 – 1667) – чех ғалымы. 1648 ж. жарық дисперсиясын ашқан және алғаш болып **жарықтың толқындық қасиеті туралы идея айтқан. Кемпірқосақты түсіндірген.**

МЕЙМАН Теодор Гарольд (1927 – ?) – американ физигі. 1960 ж. ең алғашқы **оптикалық кванттық генератор-рубиндік лазерді** ойлап тапқан. 1961 ж. **лазерлік эффектінің** теориясын тұжырымдаған.

МЕЙТНЕР Лизе Майтнер (1878 – 1968) – австралиялық физик әрі радиохимик. 1932 ж. жалғыз өзі алғаш болып **нейтрондар әсерімен ядролық түрлендіруді** жүзеге асырған. О. Фришпен бірге Ган мен Штрассманның тәжірибелеріне 1939 жылдың басында дұрыс түсініктеме берген. Бақыланған құбылысты уран ядросының екі «кесекке» бөлінуі ретінде түсіндірген, осы құбылыс үшін «**бөлшектену**» деген ғылыми атау енгізген. Тізбекті ядролық бөлшектену реакциясын алдын ала болжаған.

МЁССБАУЭР Рудольф Людвиг (1929 – ?) – неміс физигі. 1955 ж. **тебусіз ядролық гамма-резонансты** ашқан. Осы құбылыс Мессбауэр эффектісі деп аталған. Нобель сыйлығының иегері (1961 ж.).

МУШЕНБРУК Питер ван (1692 – 1761) – голланд физигі. 1745 ж. Э. Клейстке тәуелсіз **алғашқы конденсатор** – л е й д е н б а н к і н ойлап тапқан.

МЮЛЛЕР Эрвин Вильгелм (1911 – 1977) – неміс физигі. 1936 ж. **автоэлектрондық** микроскопты, 1951 ж. **автоиондық** микроскопты ойлап тапқан. 1956 ж. **өріс әсерінен булану құбылысын** ашқан. 1958 ж. кристалдық торды атомдық деңгейде көрсететін тікелей бақылауды, 1967 ж. алғаш рет домендік құрылымды көрсететін микроскопты жүзеге асырған. 1968 ж. атомдық зондты **иондық проекторды** жасаған, ол жекелеген атомды салыстыруға мүмкіндік берген.

НАГАОКА Хантаро (1865 – 1950) – жапон физигі. 1904 ж. оң зарядты ядродан, оның айналасында электрондар орналасқан сақина айналатын («Сатурн секілді атом») **атом моделін** ұсынған.

НЕЕЛЬ Луи (1904 – ?) – француз физигі. Антиферромагнетизм және ол жойылатын температураны алдын ала болжаған (Неель нүктесі). Кемелерді магниттік миналардан қорғайтын әдісті тапқан.

НЕРНСТ Вальтер Фридрих Герман (1864 – 1941) – неміс физигі әрі химигі. 1906 ж. химиялық бір текті қатты немес сұйық дененің энтропиясы абсолют нөл температура кезінде нөлге тең болады деген пікір айтқан (Нерст теоремасы). Осы теорема көп жағдайда термодинамиканың үшінші бастамасы деп аталады. 1906 ж. **газдың «айну» эффектісін** алдын ала болжаған.

НИКОЛЬ Уильям (1768 – 1851) – шотланд ғалымы. 1828 ж. сызықтық полярланған жарық шығаруға арналған ең бірінші аспап **поляризаторды** ойлап тапқан (Николь призмасы). 1839 ж. осындай екі призмадан бір аспап жасаған, ол қазіргі кезге дейін пайдалануда.



НИШИДЖИМА Кацухико (1926 – ?) – жапон физигі. 1954 ж. М.Гелл-Маннға қатыссыз ғажаптық (жаңа кванттық сан) ұғымын енгізген. 1957 ж. (өзгелерге қатыссыз) электрондық және мюондық нейтриноны алдын ала болжаған.

НОЛЛЕ Жан Антуан (1700 – 1770) – француз физигі. 1747 ж. **электрскопты** ойлап тапқан. Электрдің ұшы доғал заттарға қарағанда үшкір заттардан тез «ағып» кететінін алғаш болып байқаған. 1748 ж. **сұйықтың диффузиясын және осмосты** ашқан.

ОЖЕ Пьер Виктор (1899 – ?) – француз физигі. Газдардағы фотоэффектілерді зерттей отырып, ұшып шығатын электрондардың бұрыштық үлестірілулерін дәл есептеп, фотоэффектінің кванттық теориясын растаған. 1925 ж. қоздыру энергиясының ішкі қайта үлестірілуінің нәтижесінде қоздырылған атомдардың **автоиондандырылу құбылысын** (Оже эффект) және 1938 ж. **атмосфералық тасқынды** ашқан (Оже тасқыны).

ОМ Георг Симон (1787 – 1854) – неміс физигі. 1826 ж. тәжірибе жүзінде электр тізбегінің ток күшін, кернеуін және өткізгіш кедергісін өзара байланыстыратын негізгі заңын (Ом заңын) ашқан. 1827 ж. осы заңды теория жүзінде (тізбек бөлігі және тұтас тізбек үшін) қорытып шығарған, «**электрқозғаушы күш**», «**кернеудің түсуі**» және «**өткізгіштік**» деген ұғымдарды енгізген. 1830 ж. алғаш рет ток көзінің электрқозғаушы күшін өлшеген.

ОППЕНГЕЙМЕР Роберт (1904 – 1967) – американ физигі. 1931 ж. ол және П. Эренфест спині $1/2$ -ге тең тақ санды бөлшекті ядролар **Ферми-Дирак**, ал жұп санды ядролар **Бозе-Эйнштейн статистикасына** бағынышты болуы тиісті екенін көрсеткен. 1939 ж. Дж. Снайдермен бірге «**қара апанның**» болуын алдын ала болжаған.

ПАНЕТ Фридрих Адольф (1887 – 1958) – австриялық радиохимик. 1913 ж. Д. Хевешимен бірге **таңбалы атом** әдісін тұжырымдаған.

ПАРСЕЛЛ Эдвард Милс (1912 – ?) – американ физигі. 1946 ж. Ф. Блохқа қатыссыз түрде Р. Паундпен бірге **ядролық магниттік резонансты** ашқан. Нобель сыйлығының иегері (1952 ж.).

ПАСКАЛЬ Блез (1623 – 1662) – француз математигі әрі физик. 1653 ж. қысым сұйықтың барлық жағына бірқалыпты беріледі деген заңды тұжырымдаған.

ПАУЛИ Вольфганг (1900 – 1958) – швейцар физигі. 1924 – 25 жылдары осы заманғы теориялық физиканың маңызды принципі – **бүтіннің жартысына тең спинді тепе-тең екі бөлшек бірдей күйде бола алмайды** делінетін принципті тұжырымдаған (Паули принципі). Э. Фермимен бірлесіп, металдардағы, электрондық газдағы **күшті айныған** деген түсінікті енгізген. 1931 ж. нейтронның болатыны туралы болжал айтқан және **нейтронның** негізгі қасиеттерін, 1955 ж. қарапайым бөлшектердің симметриясын бейнелейтін СРТ- теоремасын тұжырымдаған. Нобель сыйлығының иегері (1945 ж.).



ПЕГРАМ Джордж (1876 – 1958) – американ физигі. 1939 ж. **графитті нейтронды баяулатқыш** ретінде пайдалану идеясын ұсынған.

ПЕЛЬТЬЕ Жан Шарль Атаназ (1785 – 1845) – француз физигі. 1834 ж. әртүрлі екі металдың жапсарында (жанасатын тұсында) токтың өту бағытына тәуелді **жылу шығарылатынын немесе жұтылатынын** анықтаған (Пельтье эффектісі).

ПЕРРЕН Жан Батист (1870 – 1942) – француз физигі әрі физик-химигі. 1895 ж. тәжірибе жүзінде **катодтық сәуленің теріс зарядталған бөлшек** екенін дәлелдеген. 1909 ж. Авогадро санын есептеп тапқан ($6,8 \cdot 10^{23}$). 1901 ж. **атомның ғаламшарлық моделін** ұсынған (Перрен моделі).

ПЕРРЕН Фрэнсис (1901 – 1979) – француз физигі. 1939 ж. **тізбекті ядролық реакцияның өтуі үшін қажет уранның бөлінуінің кризистік массасын есептеп тапқан.**

ПЕТРОВ Василий Владимирович (1761 – 1834) – орыс физигі әрі электртехнигі. 1802 ж. **электр доғасын** ашқан.

ПИРСОН Джеральд (1905 – ?) – американ физигі. 1954 ж. алғаш рет **күн батареясын** жасаған.

ПЛАНТЕ Гастон (1834 – 1889) – француз физигі. 1860 ж. **қорғасынды аккумуляторды** ойлап тапқан.

ПЛЮККЕР Юлиус (1801 – 1868) – неміс математигі әрі физик. 1859 ж. **катодтық сәулені** ашқан және оның магниттің әсерінен ауытқитынын байқаған. 1865 ж. **спектрлерді сызықтық және жолақты түрлерге** ажыратқан.

ПНЕВСКИЙ Ежи Мария (1913 – ?) – поляк физигі. 1952 ж. М.Данышпен бірге **гиперъядроны** ашқан.

ПОЙНТИНГ Джон Генри (1852 – 1914) – ағылшын физигі. 1884 ж. **электрмагниттік энергияның ағыны** туралы ұғымды енгізген (Умов-Пойнтинг векторы). 1903 ж. ғарыштық денелердің гелиоорталықтық қозғалысын Күн сәулесінің тежейтіні туралы идея айтқан (Пойнтинг-Робертсон эффектісі). Осы эффектiмен **кометалар құйрығының Күннен қарама-қарсы жаққа бұрылуын түсіндірген.**

ПОНТЕКОРВО Бруно Максимович (1913 – 1993) – итальян физигі. 1934 ж. Э. Ферми тобымен бірге әртүрлі затты нейтрондармен соққылау тәжірибелеріне қатысқан. 1957 ж. нейтриноны тербелту мүмкіндігі туралы идея айтқан.

ПРИСТЛИ Джозеф (1733 – 1804) – ағылшын химигі әрі физик. 1771 ж. **фотосинтезді**, 1774 ж. **оттегін** ашқан. 1766 ж. **электрлік өзараәсерлесу күшінің зарядтардың арақашықтығының квадратына кері пропорционал болатынын** анықтаған.

ПРОХОРОВ Александр Михайлович (1916 – 2002) – орыс физигі. Жиілік пен уақыттың молекулалық стандарттарын тұжырымдаған, осы тұжырым оны 1954 ж. Н. Г. Басовпен бірге аммиак негізді алғашқы **молекулалық генера-**



тор жасауға әкелді. 1955 ж. Басовпен бірлесіп, теріс жұту ортасын жасау әдісін ұсынды. Бұл әдіс **үш деңгей әдісі** деп аталған.

РАНКИН Уильям Джон Макуори (1820 – 1872) – шотланд инженері. 1859 ж. бу машинасының толық теориясын, дербес жағдайда бу қозғалтқышының идеал термодинамикалық циклін тұжырымдаған (Ранкин-Клаузиус циклі). «**Потенциалдық энергия**», адиобаттық және изотермиялық үрдістер, «**адиабат**» ғылыми атауларын енгізген.

РЕНАЛЬДИНИ Карло (1615 – 1698) – итальян физигі әрі математик. 1694 ж. термометрдің тұрақты нүктелері ретінде **мұздың еру** температурасын және **судың қайнау** температурасын алуды ұсынған. Швед астрономы әрі физигі Андерс Цельсий 1742 ж. жүз градустық термометр межесінде Ренальдини ұсынған температуралық межеге **қарама-қарсы меже** ұсынған болатын. Кейін бұл меже **Ренальдинидің ұсынысына сәйкес қайта өзгертілген**.

РЕНТГЕН Вильгельм Конрад (1845 – 1923) – неміс физигі. 1885 ж. электр өрісінде қозғалатын диэлектриктің магнит өрісін (рентгендік ток деп аталған) ашқан. 1895 ж. инфрақызыл сәуленің толқын ұзындығынан едәуір қысқа сәулені (х-сәулесін) ашқан, кейін ол рентгендік сәуле деп аталған, ол сәуленің қасиеттерін: шағылысу, жұтылу, ауаны иондандыру, т.б. зерттеген. Рентген **Нобель сыйлығының ең алғашқы иегері** (1901 ж.).

РЕОМЮР Рене Антуан Фершо (1683 – 1757) – француз табиғаттанушысы. 1730 ж. **0-ден 80-ге дейін** межеленген спиртті термометрді ойлап тапқан (Реомюр термометрі). 1734 ж. алғаш болып **жасанды жібек алу** мүмкіндігін ашқан.

РИГИ Аугусто (1850 – 1921) – итальян физигі. 1880 ж. Э. Варбургке қатыссыз **магниттік гистерезисті** ашқан. **Радиотолқынның жарықтан айырмашылығы (табиғатында емес) тек толқын ұзындығында ғана екенін көрсеткен**, 1887 ж. С. Ледюкпен бірге термомагниттік эффектiнiң бiрiн (Риги-Ледюк эффектiсi) ашқан.

САДОВСКИЙ Александр Иванович (1859 – 1921) – орыс физигі. 1898 ж. алғаш рет кристалдарға түсетін жарық толқындарының айналу әсерін негіздеген (Садовский эффектiсi), айналдыру моментiн есептеп анықтаған, жарық энергиясын механикалық энергияға тiкелей түрлендiру мүмкiндiгiн дәлелдеген.

САЗЕРЛЕНД Гордон Бримс (1907 – 1980) – ағылшын физигі. 1948 ж. **инфрақызыл кескiннiң электрондық-оптикалық түрлендiргiшiн** ұсынған.

САКАТА Сёити (1911 – 1970) – жапон физигі. 1936 ж. Х.Юкавамен бірге орбиталық **электронды ядроның қармауын (К-қармауды)** алдын ала болжаған. 1943 ж. өзгелерге тәуелсіз мезонның екі типі болатынын болжаған. 1947 ж. пи-мезонды ашқан С. Пауэлл бұл болжалды растаған.

САЛАМ Абдус (1926 – ?) – пәкстан физигі. 1958 ж. Дж.Уордпен бірлесіп **әлсіз және электромагниттік өзараәсерлесулерді біріктіру** туралы идеяны

дамытқан, 1968 ж. калибирлеуіш инвариантылық принципте электрмагниттік және әлсіз өзараәсерлесулердің ортақ теориясын тұжырымдаған, өзгелерге қатыссыз 1973 ж. глюндар болжалын ұсынған, 1973 – 74 жылдары күшті электрмагниттік және әлсіз өзара әсерлесулердің **ұлы бірігуін** ұсынған. Нобель сыйлығының иегері (1979 ж.).

СЕГРЕ Эмилио (1905 – 1989) – итальян физигі. 1934 ж. Э. Фермидің тобында нейтрондардың баяулау құбылысының ашылуына қатысқан. Өзгелермен бірлесіп, жаңа химиялық элементтер – **технеций** (1937 ж.), **астатин** және **плутоний** – 239 (1940 ж.) элементтерін ашқан. 1955 ж. бір топ қызметкерлерімен бірге **антипротонды** ашқан. Нобель сыйлығының иегері (1959 ж.).

СЕМЕНОВ Николай Николаевич (1896 – 1986) – кеңес физигі. 1926 – 32 жылдары тармақталған **тізбекті химиялық реакцияны** ашқан және кейінгі жылдары тармақталған, айныған-тармақталған және **тармақталмаған тізбекті реакцияларды** жүзеге асырған. Нобель сыйлығының иегері (1956 ж.).

СИБОРГ Гленн Теодор (1912 – 1999) – американ химигі әрі физигі. Көптеген трансурандық элементтерді: плутонийді (1940), амерцийді және кюрийді (1944), берклийді (1949), калифорнийді (1950), эйнштейнийді (1952), фермийді (1953), менделевийді (1955), 102- және 106-элементтерді ашуға қатысқан. Плутоний-239 және уран-233-тің бөлшектенетін изотоптарын ашқан. Нобель сыйлығының иегері (1951 ж.).

СИМЕНС Эрнст Вернер (1816 – 1892) – неміс физигі. 1847 ж. И. Гальскемен бірлесіп, **электрлік телеграфқа** патент алан. 1860 ж. **кедергінің сынапты эталонын**, 1879 ж. **алғашқы трамвайды**, 1869 ж. электрлік **пирометрді**, 1887 ж. селендік фотометрді жасаған. Халықаралық бірліктер жүйесінде Сименстің есімімен кедергінің бірлігі аталған – с и м е н с (См).

СКЛОДОВСКАЯ-КЮРИ Мария (1867 – 1934) – поляк және француз физигі. 1898 ж. Г. Шмидке қатыссыз торийдің радиоактивтігі болатынын дәлелдеген. 1898 ж. полоний және радий элементтерін, 1899 ж. түсірілген радиоактивтілікті ашқан. 1902 ж. таза радий тұзын бөліп алған, 1910 ж. А. Дебьернмен бірге – металл күйіндегі радийді шығарған. Физика және химия ғылымдары бойынша Нобель сыйлығының иегері (1903 және 1911 ж.).

СМЕКАЛ Адольф (1895 – 1959) – австриялық физик. 1923 ж. **жарықтың комбинациялық шашыратылуын алдын ала болжаған**.

СНАЙДЕР Хартленд (1913 – 1962) – американ физигі. 1939 ж. Р.Оппенгеймермен бірге **«қара апанды» алдын ала болжаған**.

СНЕЛЛИУС Виллеброрд (1580 – 1626) – голланд ғалымы. 1620 жыл шама-сында тәжірибе жүзінде **жарықтың сыну құбылысын** ашқан.

СОДДИ Фредерик (1877 – 1956) – ағылшын физигі. 1913 ж. **изотондар** туралы ұғым енгізген. Химия саласынан Нобель сыйлығының иегері (1921 ж.).



СОССЮР Хорак Бенедикт (1740 – 1799) – швейцар физигі. 1783 ж. шаш қылшықты **гигрометрді** ойлап тапқан.

СПИТЦЕР Лайман (1914 – ?) – американ астрофизигі әрі физик. 1950 ж. жоғары температуралы плазманы магнит өрісімен «ұстап» тұруды (тұтуды) ұсынған, плазманы қыздыру – **магниттік толтыру** әдісін (1953 ж.) ұсынған.

СТОКС Джордж Габриэл (1819 – 1903) – ағылшын физигі. 1851 ж. шексіз тұтқыр сұйықта бірқалыпты іргерілемелі баяу қозғалыс кезінде қатты шарға әсер ететін кедергі күшін анықтайтын формуланы қорытып шығарған (Стокс заңы). 1852 ж. **фотолюминесценцияның толқын ұзындығы қоздырушы жарықтың толқын ұзындығынан артық (үлкен) болатынын** тұжырымдаған (Стокс ережесі).

СТОНЕЙ Джордж Джонстон (1826 – 1911) – ирланд физигі әрі математик. 1891 ж. «**электрон**» деген атауды ұсынған.

СТРОУК Джордж Вильгельм (1924 – ?) – физик. «Голография» атауын ұсынған.

СЦИЛАРД (Силард) Лео (1898 – 1964) – физик. 1939 ж. уран ядросының бөлінуі кезінде **екінші реттік электрондардың шығарылатынын дәлелдеген** және уранды өздік бөліну реакциясының мүмкіндігін негіздеген. 1939 ж. **графитті нейтрондардың баяулатқышы ретінде пайдалануды** ұсынған. 1928 ж. сызықтық резонанстық үдеткіш, **циклотрон** (1929 ж.), **автофазалау** принципін (1934 ж.), т.б. идеялар ұсынған.

СЭБИН Эдвард (1788 – 1883) – ағылшын физигі. 1852 ж. **Жердегі магниттік ұйытқулар мен Күн дақтарының** периодтылығының өзара байланысын ашқан.

ТАУНС Чарльз Харл (1915 – ?) – американ физигі. Өзгелерге тәуелсіз кванттық құрылғылардығы электрмагниттік сәулені күшейту және шығару принциптерін тұжырымдаған, 1954 ж. **аммиак негізіндегі ең алғашқы кванттық генераторды жасаған**. 1958 ж. А. Шавловпен бірлесіп, лазер жұмысының принципін ұсынған. Бриллюэн-Мандельштамның еріксіз эффектiсін ашқан, 1964 ж. шоқтың кризистік қуаты ұғымын енгізген, жарық шоғының өзіндік фокусталу эффектiсін алдын ала болжаған, 1966 ж. жарықтың автоколлимациясын байқаған. Нобель сыйлығының иегері (1966 ж.).

ТЕЛЛЕР Эдвард (1908 – ?) – американ физигі. 1936 ж. Дж. Гамовпен бірлесіп, бета-ыдырау теориясында **іріктеу ережесін** ұсынған. 1947 ж. өзгелерге қатыссыз **мезоатомдардың** болатынын болжалдаған. 1948 ж. М. Гольдхабермен бірлесіп, ядродағы резонанстық шашырауды алдын ала болжаған. Америкалық **атом және сутек бомбаларын жасауға қатысқан**, оның тікелей басшылығымен сутек бомбасы жасалған.

ТЕПЛЕР Август (1836 – 1912) – неміс физигі-тәжірибегер. 1867 ж. ортаның біртексіздігін зерттеуге арналған **көлеңкелік әдістің** бір түрін ұсынған (Теплер әдісі).



ТЕРХЫОН Роберт (1926 – ?) – американ физигі. 1958 ж. А. Прохоровқа қатыссыз парамагниттік рубиндік лазерді жасаған. 1964 ж. өзгелермен бірге заттың сыну көрсеткішінің түсетін сәуленің қарқындылығына тәуелді болатынын, 1965 ж. **үш фотонды молекулалық шашырауды** байқаған.

ТЕСЛА Никола (1856 – 1943) – серб ғалымы. 1888 ж. (Г. Феррариске қатыссыз) **айналмалы магнит өрісін** ашқан. 1891 ж. **жоғары жиілікті трансформатор** (Тесла трансформаторын) жасаған. 1889 ж. сымсыз қашықта орналасқан шамның жану тәжірибесін көрсеткен. **Электр есептеуішті ойлап тапқан.**

ТИБО Жан (1901 – 1969) – француз физигі. 1933 ж. платинаны позитрондармен соққылаған кезде электрондар мен позитрондардың аннигиляцияланатынын тәжірибе жүзінде байқаған. 1929 ж. өзгелерге қатыссыз **циклотрон идеясын** ұсынған.

ТИНДАЛЬ Джон (1820 – 1893) – ағылшын физигі. 1881 ж. су буының жылулық сәулені күшті жұтатынын тәжірибе жүзінде дәлелдеген. Жарықты бұлдыр ортаның шашыратуын жарықтың оптикалық біртекті емес (біртектісіз) орта арқылы өтуі кезіндегі шашыратылу құбылысын зерттеген (Тиндаль эффектісі). 1869 ж. атмосфера молекулаларының күн жарығын шашыратуын егжей-тегжейлі зерттеген, **аспанның көгілдір түсін** түсіндірген.

ТИССА Ласло (1907 – 2009) – физик. 1938 ж. гелий II-нің екі сұйықтық моделін ұсынған, бұл модель бойынша сұйық гелий бөлшектену нүктесінен төменгі температураға салқындатылған кезде қалыпты және асқынаққыштық құраушыларға (компоненттерге) бөлшектенетін болады. 1950 ж. асқынаққыштың молекулалық теориясын тұжырымдаған.

ТОМОНАГА Синьитиро (1906 – 1976) – жапон физигі. 1940 ж. **мезоатомды** алдын ала болжаған, 1942 ж. өрістің кванттық теориясының коварианттік тұжырымдамасын ұсынған. Нобель сыйлығының иегері (1965 ж.).

ТОМСОН Джозеф Джон (1856 – 1940) – ағылшын физигі. 1897 ж. магнит және электр өрістерінде **катод сәулесінің ауытқуын** зерттеу кезінде ол сәуленің **теріс зарядталған бөлшектердің ағындары** екендігіне көз жеткізген және олардың массасының жуық шамамен сутек атомының массасынан 1837 есе аз екенін анықтаған. Осы жайт электронның тікелей және сенімді ашылуы болды. Осы жаңалығы үшін оған Нобель сыйлығы берілген (1906 ж.). Томсон 1897 жылы-ақ атомдардың (атомішілік электрондар) құрамы туралы болжал ұсынған. 1899 ж. фототоктан электрондарды тапқан және термоэлектрондық эмиссияны ашқан.

1903 ж. ең **алғашқы атомдық модельдердің** бірін ұсынған, осы модель бойынша, атом оң зарядталған сфераның ішінде әр тұсына теріс зарядталған электрондар орналасқан домалақ пішінді болады, атомның ішіндегі оң зарядтар мен теріс зарядтардың жеке-жеке қосынды зарядтары өзара тең болады деп есептелген (Томсондық атом моделі). 1904 ж. атом ішіндегі электрондар химиялық элементтердің периодты болуы себепті әртүрлі конфигурациялар құрған топтарға



ажыратылған. 1907 ж. **масс-спектрметрдің** әсер ету принципін ұсынған. 1912 ж. тәжірибе жүзінде **изотоптардың** болатынын ашқан.

ТОМСОН Джордж Паджет (1892 – 1975) – ағылшын физигі. Дж. Томсонның ұлы. 1927 ж. К. Дэвиссонға және Л. Джермерге қатыссыз **электронның дифракциясын** ашқан, осы жайт электронның толқындық табиғаты болатындығының тәжірибе жүзінде дәлелденуі болды. Нобель сыйлығының иегері (1937 ж.).

ТОМСОН Уильям (Кельвин) (1824 – 1907) – ағылшын физигі. 1851 ж. Термодинамиканың екінші бастамасын (Р. Клаузиусқа қатыссыз) тұжырымдаған: «табиғатта жалғыз ғана нәтижесі болатын жұмысты жылулық резервуарды салқындату есебінен жүзеге асыру мүмкін емес». Осы тұжырымға сәйкес термодинамиканың екінші бастамасы (Томсон бойынша), **екінші текті мәңгі қозғалтқыштың мүмкін емес екені дәлелдеген**. 1848 ж. абсолют температура және температураның абсолют шкаласын (межесін) енгізген, бұл шкала оның құрметіне **Кельвин шкаласы** деп аталған. 1856 ж. термодинамикалық үшінші эффектін ашқан (Томсон эффектісі): егер өткізгіштен электр тогы өтіп тұрғанда температураның төмендеуі болса, онда өткізгіш көлемінде токтың өту бағытына тәуелді түрде джоульдік жылудан өзге де белгілі бір шамада жылу бөлініп шығатын немесе жұтылатын болады (Томсон жылуы). Термоэлектрлік құбылыстың термодинамикалық теориясын тұжырымдаған. 1851 ж. ферромагнетиктердің магниттелуі кезінде олардың меншікті электр өткізгіштігінің өзгеретінін ашқан (Томсон эффектісі). 1856 ж. магнит өрісінде металдар кедергісінің токқа пропорционал өзгеретінін анықтаған.

ТОНКС Леви (1897 – 1971) – американ физигі. 1938 ж. **пинч-эффектіні** алдын ала болжаған.

ТОРРИЧЕЛЛИ Эванджелиста (1608 – 1647) – итальян физигі. 1643 ж. атмосфералық қысымды ашқан. 1644 ж. **сынапты барометрді** ойлап тапқан. Желді алғаш болып түсіндірген, оның атмосфералық қысымның өзгерісінен пайда болатынын пайымдаған. 1641 ж. сұйықтың ыдыстың саңылауынан ағып шығу заңын тұжырымдаған және сұйықтың ағып шығуын анықтайтын формуласын қорытып шығарған (Торричелли формуласы).

ТРИЙЯ Жан Жак (1899 – ?) – француз физигі. 1933 ж. Р. Фритцпен бірге **электрондық микроскопты** жасаған.

УАТТ Джеймс (1736 – 1819) – шотланд өнертапқышы. Әмбебап бу қозғалтқышы жасаған. Ғылымға қуаттың ең алғашқы бірлігі **ат күшін** енгізген.

УИЛЕР Джон Арчибальд (1911 – ?) – американ физигі. 1939 ж. Н. Бормен бірге атом ядросының бөліну теориясын тұжырымдаған. 1947 ж. **мезоатомдардың** болатынын алдын ала болжаған. 1949 ж. тоқтаған (аялдаған) мюондармен уран ядросының бөлінуінің екі тәсілін: теріс мю-мезонның қармауы және мюондық атомдардағы сәулесіз ауысуларымен жүзеге асырылуын айғақтаған.



УИТСОН Чарлз (1802 – 1875) – ағылшын физигі. 1837 ж. электрмагниттік телеграф, 1838 ж. **стереоскоп** (айналы) жасаған. 1843 ж. **электрлік кедергіні өлшеу** (Уитсон көпірі) әдісін тапқан. 1833 ж. Хладнидің акустикалық пішінін түсіндірген.

УЛЕНБЕК Джордж Юджин (1900 – 1988) – америка физигі. 1925 ж. С. Гаудсмитпен бірге **электронның спині** ұғымын енгізген.

УОЛТОН Эрнест Томас Синтон (1903 – ?) – ирланд физигі. 1932 ж. **жасанды үдетілген протондармен** алғаш рет ядролық реакция литийдің трансмутациялық реакциясын жүзеге асырған.

ФАБРИ Шарль (1867 – 1945) – француз физигі. 1899 ж. А. Перомен бірлесіп, интерферометр (**Фабри-Перо интерметрін**) жасаған. 1914 ж. зертханалық жағдайда алғаш рет Доплер принципін жарық үшін тексерген. Атмосфераның жоғары қабаттарындағы ультракүлгін сәуленің жұтылуы азонның себебінен болатынын анықтаған.

ФАРЕНГЕЙТ Даниель Габрель (1686- 1736) – физик. 1710 немесе 1714 ж. мұздың еру және қайнау нүктелерінің аралығы 180 бөлікке (градусқа) бөлінген температуралық шкаланы (межені) ұсынған. Бұл шкалада **мұздың еру нүктесі** $32^{\circ}F$ мәніне, ал **судың қайнау нүктесі** $212^{\circ}F$ градусқа сәйкес болды. Осы термометр іс жүзінде қолданылған алғашқы термометр болып саналады.

ФЕЗЕР Норман (1904 – 1978) – ағылшын физигі. 1932 ж. **ең алғашқы ядролық реакциялардың бірі** нейтрондардың қатысуымен өтетін ядролық реакцияны жүзеге асырған.

ФЕЙНБЕРГ Джеральд (1933 – ?) – америка физигі. Э. Сударшанға тәуелсіз **тахион** болжалын ұсынған.

ФЕЙНМАН Ричард Филлипс (1918–1988) – америка физигі. 1948 ж. Ю. Швингерге және С. Томонагоға тәуелсіз осы заманғы **кванттық-электрдинамиканы** тұжырымдаған. 1949 ж. бөлшектердің мүмкін болатын түрлендірулерін түсіндіру тәсілі **Фейнман диаграммасы** деп аталған диаграмманы ұсынған.

ФЕРМИ Энрико (1901 – 1954) – итальян физигі. 1925 ж. П. Диракқа қатыссыз спині бүтіннің жартысына тең бөлшектердің статистикасын тұжырымдаған (Ферми-Дирак статистикасы). 1934 ж. нейтрондар себеп болған **жасанды радиоактивтілікті** ашқан. 1942 ж. 2 желтоқсанда **алғаш жасалған ядролық реакторды іске қосқан**. 1952 ж. алғашқы адрондық резонансты ашқан. 1949 ж. Ч.Янгпен бірге қарапайым бөлшектердің алғашқы құрама моделін ұсынған.

ФЕРРАРИС Галилео (1847 – 1897) – итальян физигі әрі электртехнигі. 1888 ж. **айналмалы магнит өрісін** (Н. Теслоға қатыссыз) ашқан және айналмалы магнит өрісті **мотор** (латынша – қозғалтушы) жасаған.

ФИТЦДЖЕРАЛЬД Джордж Фрэнсис (1851 – 1901) – ирланд физигі. 1883 ж. **дипол шығаратын энергияға арналған өрнекті** қорытып шығарған. Майкельсон-Марли тәжірибесінің теріс нәтижесін түсіндіру үшін 1882 ж.



Х.Лоренцке қатыссыз қозғалыстағы дененің өлшемдерінің қозғалыс бағытында қысқаруы туралы идея ұсынған (Фитцджеральд-Лоренц қысқаруы).

ФЛЕМИНГ Джон Амброс (1849 – 1945) – ағылшын физигі. Өткізгіштегі индукциялық токтың бағытын анықтауға арналған **оң қол ережесін** ұсынған (Флеминг ережесі). 1904 ж. екі электродты электрондық шам (**диодты**), 1905 ж. **кенетронды** ұсынған.

ФЛЕРОВ Георгий Николаевич (1913 – 1990) – кеңес физигі. 1940 ж. радиоактивтілік түрленудің типі – **уран ядросының өз еркімен бөлінуін ашқан**. 1939 ж. уран ядросының бөлінуі кезінде екінші реттік екіден артық нейтрондардың бөлініп шығатынын дәлелдеген. Ол бірқатар транс-фермилік элементтерді (102-, 103-, 104-, 105-, 106-, 107- нөмірлі) синтездеуге қатысқан.

ФОИГ I Волдемар (1850 – 1919) – неміс физигі. 1878 ж. жарықтың **механикалық** дисперсиясын, ол 1888 ж. **электрмагниттік** дисперсиясының теориясын тұжырымдаған.

ФОРБС Джеймс Дэвид (1809 – 1868) – шотланд физигі. 1834 ж. **жылулық сәулелердің полярлануын** ашқан, ол сәулелердің интерференциясын бақылаған.

ФРАНКЛИН Бенджамин (Вениамин) (1706 – 1790) – американдық физигі. 1746 – 54 жылдары ғылыми тәжірибелерді жүзеге асырған. 1750 ж. **жайқайтарғышты** ойлап тапқан, 1753 ж. **найзағайдың электрлік табиғатын**, жердегі және атмосферадағы электрдің тепе-теңдігін дәлелдеген. 1750 ж. электрлік құбылыстардың теориясын – унитарлық теориясын тұжырымдаған, ол теория бойынша, электр денелердің барлығын тесіп өтетін ерекше сұйық болып табылған. Бұл теорияда алғаш рет электр **оң және теріс электр** (заряды) деген ұғым енгізілген, олар (+) және (-) таңбаларымен белгіленді. Ұшқынды оқ-дәріні жару үшін ұсынған.

ФРАУНГОФЕР Иозеф (1787 – 1826) – неміс физигі. 1814 – 15 жылдары У. Волластонға қатыссыз күн спектріндегі күңгірт сызықтарды зерттеп, оны түсіндірген, бұл сызықтар кейін оның құрметіне **Фраунгофер сызықтары** деп аталған, дифракция құбылысын пайдаланып, олардың толқын ұзындықтарын анықтаған. Параллель сәулелердегі дифракцияны (**Фраунгофер дифракциясы** деп аталған) зерттеген, алғашында бір саңылаудан, сонан кейін көптеген саңылаулардан өткенде пайда болған дифракцияны зерттеген. Фраунгофердің үлкен еңбегі спектрлерді зерттеу үшін **дифракциялық торларды** (1821 ж.) пайдалануы болды.

ФРЕНЕЛЬ Огюстен Жан (1788 – 1827) – француз физигі. 1815 ж. интерференция құбылысын қайталап ашқан. 1816 ж. **когеренттілік** туралы түсінік енгізе отырып Гюйгенстің белгілі принципін және оның интерференциясын толықтырған (Гюйгенс-Френель принципі). Осы екі принцип негізінде 1818 ж. **жарық дифракциясы теориясын** тұжырымдаған. Алғашқы болып саңылаудың шетінен және дөңгелек саңылаудан пайда болатын дифракцияны қарастырған.



Жарықтың айналы (1816 ж.) және бипризмалы (1819 ж.) интерференциялары бойынша тәжірибелер жасаған. 1821 ж. жарық толқынының көлденең толқын екенін (көлденең толқын идеясына Т. Юнгке қатыссыз 1819 ж. келген болатын) дәлелдеген. Т. Юнг екеуі **толқындық оптиканы** тұжырымдаушылар болып табылады. Бірқатар интерференциялық аспаптар (Френель айнасы, Френель би-призмасы, Френель линзасы) ойлап тапқан.

ФРЕНКЕЛЬ Яков Ильич (1894 – 1952) – кеңес физигі. 1926 ж. кристалл торының ақаулары «Френель бойынша ақаулар» және жылжымалы ақаулар (ақаулық өткізгіштік) туралы түсінік енгізген. 1931 ж. қатты диэлектриктердің жарықты жұту теориясын тұжырымдаған және **экситондар** туралы идея ұсынған.

ФУКО Жан Бернар Леон (1819 – 1868) – француз физигі. 1850 ж. айналмалы айналар (Фуко әдісі) арқылы жарық жылдамдығын өлшеу әдісін жасап, жарықтың ауадағы және судағы таралу жылдамдықтарын өлшеген. Фуконың анықтауы бойынша, жарықтың судағы жылдамдығы жарық жылдамдығының $3/4$ үлесіне тең болды. Осы жайт **жарықтың толқындық теориясын** біржолата растаған. 1851 ж. **маятник** (Фуко маятнигі) арқылы тәжірибе жүзінде Жердің өз осінен айналатынын дәлелдеген. 1855 ж. тұтас металл дененің индукциялық ток әсерінен қызатынын (**Фуко тогы**) анықтаған және оның шамасын кеміту тәсілін ұсынған. 1849 ж. алғаш болып спектрдің сәулені жұту және шығару сызықтары арасындағы байланысты анықтаған.

ХАГА Герман (1852 – 1936) – нидерланд физигі. 1899 ж. алғаш болып **рентген сәулесінің толқындық табиғатын** дәлелдеген.

ХАЛБАН Ханс (1908 – 1964) – физик. 1936 ж. өзгелерге тәуелсіз **нейтрондардың дифракциясын ашқан**. 1939 ж. Ф. Жолио-Кюри және Л. Коварскимен бірлесіп, уран ядросының бөлінуі кезінде екінші реттік нейтрондардың (бірден артық) шығатынын анықтаған және **тізбекті ядролық реакцияны болжаған**. 1940 ж. Л. Коварскимен бірге уран-ауыр су жүйесінде тізбекті реакцияның өтуі мүмкін екендігін дәлелдеген, **тізбекті реакцияны реттеу үшін** жылжытылмалы **кадмий шыбықтарын пайдалануды ұсынған**.

ХАН Луис (1921 – ?) – америка физигі. 1950 ж. ядролық магниттік резонанс бойынша ғылыми тәжірибеден **спиндік жаңғырық эффектін** ашқан және оны түсіндірген.

ХАНКЕЛЬ Вильгельм (1814 – 1899) – неміс физигі. 1834 ж. **сұйықтардың электр өткізгіштігінің температура артқанда жоғарылайтынын анықтаған**.

ХАНСЕН Уильям Вебстер (1909 – 1949) – америка физигі. 1938 ж. клистронды ойлап тапқан. 1946 ж. С. Ф. Болхпен бірге **ядролық магниттік резонансты** ашқан.

ХАРКИНС Уильям Дрэнер (1873 – 1951) – америка физигі. 1920 ж. нейтронның және **ауыр сутек-дейтерийдің болатынын алдын ала болжаған**.



1932 ж. нейтронның әсерінен туындайтын ядролық реакцияларды алғаш жүзеге асырушылардың бірі.

ХЕВЕШИ Дьердь (Георг) (1885 – 1966) – химик, физик әрі радиобиолог. 1913 ж. Ф. Панетпен бірлесіп **таңбаланған атом әдісін** тұжырымдаған. 1934 жылдан бастап таңба ретінде радиоқорғасын және радиофосфор пайдаланған. 1923 ж. Д. Костермен бірге **гафнийді** ашқан. Химия ғылымы саласы бойынша Нобель сыйлығының иегері (1943 ж.).

ХЕВИСАЙД Оливер (1850 – 1925) – ағылшын физигі. 1886 ж. Дж.Рэлейге қатыссыз **скин-эффekt теориясын** тұжырымдаған. Атмосфераның электрмагниттік толқындарды шашырататын иондалған қабаты болатынын болжаған.

ХЕЛЛУОРТ Роберт Уиллис (1930 – ?) – американ физигі. 1968 ж. еріксіз комбинациялық шашыратылу негізінде лазер (комбинациялық лазер) жасаған.

ХЛАДНИ Эрнст Флоренс (1756 – 1827) – неміс физигі. 1787 ж. «акустикалық пішіндерді» ашқан және сипаттаған. 1796 ж. қатты денелердегі дыбыстың ауадағы жылдамдыққа қатысты жылдамдығын анықтаған. **Жаңғырықты** түсіндірген.

ХОКИНГ Стивен Уильям (1942 ж. т.) – ағылшын физигі. 1971 – 72 жылдары **қара апан** динамикасының екінші заңын орнықтырған. 1974 ж. қара апанның «булануының» кванттық үрдісін алдын ала болжаған.

ХОЛЛ Эдвин Герберт (1855–1938) – американ физигі. 1879 ж. гальванимагниттік құбылыстардың маңызды біреуін – магнит өрісіне орналастырған ток өтіп тұрған өткізгіште токтың және магнит өрісінің бағыттарына перпендикуляр бағытталған электр өрісінің пайда болатынын (Холл эффектісі) ашқан.

ЦВЕЙГ Джордж (1937 ж. т.) – американ физигі. 1964 ж. М. Гелл-Маннға қатыссыз **кварктер** болжалын ұсынған. 1969 ж. адрондар қарапайым құраушы бөліктер кварктерден құралған күрделі құрылым: бариондар үш кварктен, мезондар кварктен және антикварктен құралған адрондар моделін ұсынған.

ЦЕЛЬСИЙ Андере (1701 – 1744) – швед астрономы әрі физик. 1742 ж. нөл градус ретінде қалыпты атмосфералық қысымда судың қайнау температурасы, ал жүз градус ретінде – мұздың еру температурасы алынған жүз градустық межелі (шкалалы) термометрді ұсынған. Оған дейін 1694 ж. итальян физигі Карло **Ренальдини** (1615 – 1698) осындай температураны ұсынған болатын. **Цельсийдің қазіргі кездегі межесі кейін енгізілген.**

ЧЕДВИК Джеймс Чадвик (Чедвик) (1891 – 1974) – ағылшын физигі. 1932 ж. берилийді альфа-бөлшектермен сәулелеген кезде шығатын сәулені зерттей отырып, ол сәуленің электрлік бейтарап бөлшектер – **нейтрондардың ағыны** болып табылатынын анықтаған. 1934 ж. М. Гольдхабермен бірлесіп, алғаш рет гамма-квант әсерінен ядроның бөлшектенетінін байқаған (Ядролық фотоэффект). Алғашқылардың бірі болып **уран -235-тің кризистік массасын** есептеп анықтаған.



ЧЕМБЕРЛЕН Оуен (1920 ж. т.) – американ физигі. 1955 ж. Э. Сегремен бірлесіп **антипротонды** ашқан. Нобель сыйлығының иегері (1959 ж.).

ЧЕРЕНКОВ Павел Алексеевич (1904 – 1990) – кеңес физигі. 1934 ж. гамма-сәуле тудыратын әдеттегі люминесценциямен қатар люминесценциялық жарықтан өзгеше бір жарқыраудың пайда болатынын (Вавилов-Черенков сәулесі), 1936 ж. осы сәуленің қасиетін ашып, оның бағытын анықтаған. Заттың асқынжарық жылдамдықты зарядталған бөлшектердің әсерінен жарқырауы **Вавилов – Черенков эффектісі** деп аталған. Нобель сыйлығының иегері (1958 ж.).

ШАРЛЬ Жак Александр Цезар (1746 – 1823) – француз физигі. 1787 ж. тұрақты көлем кезінде берілген идеал газдың массасының температурасы өзгергенде қысымының өзгеретінін анықтайтын заңды ашқан (Ш а р л ь з а ң ы).

ШВАРЦ Мэлвин (1932 – ?) – американ физигі. 1962 ж. өзгелермен бірлесіп, нейтриномен орындалған тәжірибе кезінде екі **типті нейтрино**: ν_e мен ν_μ болатынын анықтаған.

ШВЕЙГГЕР Иоганн (1779 – 1857) – неміс физигі. 1808 ж. **электрметрді** ойлап тапқан.

ШОКЛИ Уильям Брэдфорд (1910 – 1989) – американ физигі. 1948 ж. транзисторды ойлап табуда маңызды мәні болған «өріс эффектісін» ашқан. Нобель сыйлығының иегері (1956 ж.).

ШОТТКИ Вальтер (1886 – 1976) – неміс физигі. 1915 ж. экрандық торы бар электрондық шамды ойлап тапқан. 1914 ж. сыртқы үдеткіш электр өрісінің әсерінен **электрондық қанығу тогының арту құбылысын** ашқан және оның теориясын тұжырымдаған. 1918 ж. күшейтудің супергетеродиндік принципі ұсынған. 1939 ж. «жартылайөткізгіш – металл» қабатындағы жанасу кезінде пайда болатын **потенциалдық бөгетті** зерттеген (Шоттки тосқауылы), осындай тосқауылды жартылайөткізгіш диодтардың теориясын тұжырымдаған.

ШРЕДИНГЕР Эрвин (1887 – 1961) – австриялық физик. Негізгі ғылыми жұмыстары статистикалық физика, кванттық теория, кванттық механика, жалпы салыстымалық теория, биофизика салаларын қамтыған. 1926 ж. де Броильдің материялық толқындары туралы және Гамильтон принципі идеялары негізінде классикалық механикада Ньютон заңдарының қандай маңызы бар болса, атомдық үрдістерде (процестерде) сондай мәні бар микробөлшектердің қозғалыс теориясы – **толқындық механиканың** негізіне микробөлшектердің күйлерін сипаттауға арналған толқындық функцияның (ψ -функцияның) теңдеуін енгізген. Сол жылы өзінің толқындық механикасын, В.Гейзенберг, т.б. жасаған матрицалық механиканың тепе-теңдігін (эквиваленттілігін) дәлелдеген. 1926 ж. кванттық механикадағы жуық әдіс – **кванттық ұйытқу теориясын** тұжырымдаған. Бөлшекті кеңістіктің белгілі бір бөлігіне орналасқан және тұтастай қозғалатын толқындар тобы ретінде көрсетуге ұмтылған. Нобельдік сыйлықтың иегері (1933 ж.).



ШРИФФЕР Джон Роберт (1931 – ?) – американ физигі. 1957 ж. Дж. Бардинмен және Л. Купермен бірлесіп, асқынөткізгіштің микроскопиялық теориясын тұжырымдаған.

ШТАРК Иоганн (1874 – 1957) – неміс физигі. 1905 ж. **арналық (каналдық) сәулелердегі Доплер эффектісін**, 1913 ж. электр өрісіндегі спектрлік сызықтардың бөлшектену құбылысын байқаған.

ШТЕРН Отто (1888 – 1969) – неміс физигі. 1922 ж. В. Герлахпен бірге **атомның магниттік моментінің болатынын** дәлелдеген. 1929 ж. И. Эстерманмен бірлесіп атомдық шоққа дифракцияның (сонымен бірге протондарға толқындық қасиеттің) тән екенін алғаш болып анықтаған. Нобель сыйлығының иегері (1943 ж.).

ШТРАСМАН Фриц (1902 – 1980) – неміс химигі әрі физик. 1938 ж. Отто Ганмен бірлесіп, уран ядросын нейтрондармен соққылау нәтижесінде осы **уран ядросының бөлінетінін** ашқан.

ШУСТЕР Артур (1851 – 1934) – ағылшын физигі. 1897 ж. **атомда электронның болатынын алғаш болжаған**.

ЭВИНГ Джеймс Альфред (1855 – 1935) – шотланд физигі. 1882 ж. алғашқылардың бірі болып **гистерезисті** бақылаған, гистерезис тұзағының ауданы магниттеу және магнитсізделудің толық циклі кезіндегі істелген жұмысқа пропорционал болатынын айғақтаған, «гистерезис» ғылымы атауын енгізген.

ЭДДИНГТОН Артур Стэнли (1882 – 1944) – ағылшын астрофизигі әрі физик. 1920 ж. жұлдыздардың энергиясы сутектен бөлінген гелийдің термоядролық синтез реакциясының нәтижесінде пайда болады деген идея ұсынған. 1924 ж. жұлдыздардың массалары мен жарқырауының арасындағы тәуелдікті анықтаған. 1919 ж. А. Эйнштейн алдын ала болжаған Күннің тартылыс өрісіндегі жұлдыз жарығының ауытқуын тәжірибе жүзінде ашқан.

ЭДИСОН Томас Алва (1847 – 1931) – американ өнертапқышы. 1877 ж. фонографты ойлап тапқан. Қолданысқа шамдарды **параллель қосуды** енгізген. 1883 ж. алғаш болып **термоэлектрондық (жылуэлектрондық) эмиссияны** (Эдисон эффектісін) байқаған. 1000-нан аса өнертабысты патенттеген.

ЭПЛТОН Эдвард (1892 – 1965) – ағылшын физигі. 1924 ж. **ионсфераны** ашқан. 1926 ж. ионсферадағы жоғарғы шағылдырғыш қабатты – Е қабатты (**Эплтон қабаты** деп аталған) ашқан.

ЭРСТЕД Ханс Кристиан (1777 – 1851) – дат физигі. 1820 ж. **электр тогының магнит тіліне әсер етуін** байқаған, осы жайт физикада жаңа сала – **электр-магнетизмнің** пайда болуына әкелді. Эрстед 1821 ж. **жарық электромагниттік құбылыс болып табылады** деген ой тастаған. 1822 ж. **пьезометрді** ойлап тапқан.

ЭСАКИ Лео (1925 – ?) – жапон физигі. Тәжірибе жүзінде жартылайөткізгіштегі туннельдеуді ашқан, ж. **туннельдік диодты** жасаған. 1962 ж. электр өрісінің



белгілі бір мәндерінде магниттік кедергінің күшті арту құбылысын ашқан. (Эсаки эффектісі, 1966 ж. жартылайөткізгіштердегі асқынөткізгіштік энергетикалық саңылауды тапқан.

ЭССЕН Льюис (1908 – ?) – ағылшын физигі. 1955 ж. цезий атомының шоғында жиіліктің бірінші атомдық стандартын жасаған.

ЮКАВА Хидэки (1907 – 1981) – жапон физигі. 1935 ж. массасы электронның массасына қарайлас бөлшектердің болатыны туралы болжал ұсынған (**мезондар** деп аталған), бұл ядродағы нуклондар арасындағы ядролық өзараәсерлесулерді тасымалдаушылар болатын бөлшектер деп есептелді. 1947 ж. Юкава болжалдаған бөлшектер (пи-мезондар) тәжірибе жүзінде табылған. С. Сакатамен бірлесіп 1935 ж. **К-қармауды** алдын ала болжаған, ядролық күштердің зарядтық бейтараптығын түсіндіру үшін бейтарап мезонды енгізген. 1953 ж. екіаралық бозон туралы идея ұсынған.

ЮНГ Томас (1773 – 1829) – ағылшын ғалымы. 1793 ж. көз хрусталигі қисықтығының өзгерісінен пайда болатын аккомодацияны, 1801 ж. алғаш болып жарықтың интерференциялық құбылысын түсіндірген, 1803 ж. **«интерференция»** ғылыми атауын физикаға енгізген. Өзінің интерференциялық принципі бойынша, **Ньютон сақиналарын** түсіндірген. 1802 ж. когерентті екі жарық көзінен пайда болатын жарық интерференциясын бақылау тәжірибесін жүзеге асырған. Осы тәжірибе Френельдің белгілі тәжірибесі секілді классикалық тәжірибе болды. 1803 ж. жіңішке жіптің дифракциясын интерференциямен байланысты түсіндіруге талаптанған, **ультракүлгін сәуленің интерференциясын ашқан**, жарық сәуленің едәуір тығыз ортадан шағылысқан кезінде жарты толқынның шығындалатынын айқындаған. 1807 ж. **жарық пен сәулелік жылудың бірінен бірінің айырмашылығы тек толқын ұзындықтарында екені туралы ой тастаған**. 1807 ж. **серпінділіктің сипаттамасы** – созылу модулін (Юнг модулін) енгізген.

ЮРИ Гарольд Клейтон (1893 – 1981) – америка физигі. 1932 ж. **ауыр сутекті** ашқан, оны **дейтерий** деп атаған. Химия ғылымы бойынша Нобель сыйлығының иегері (1934 ж.).

ЯКОБИ Борис Семенович (1801 – 1874) – орыс физигі. 1834 ж. электрқозғалтқышты, 1838 ж. **гальванипластиканы** ойлап тапқан.

ЯНГ Чженьнин (1922 – ?) – америка физигі. 1954 ж. Р. Миллспен бірлесіп **кали-бирлеу принципін** ұсынған. 1954 ж. Т. Лимен бірлесіп, әлсіз өзараәсерлесулерде жұптылықтың сақталу заңының бұзылатынын айтқан.

ЯНОШИ Лайош (1912 – 1978) – венгр физигі. 1940 ж. Дж. Рочестермен бірлесіп **өтімді тасқынды** ашқан. 1943 ж. ғарыштық сәулелердегі мезондардың пайда болу себебін ұсынған.



АБСОЛЮТ БЕЙТАРАП БӨЛШЕК, нағыз бейтарап бөлшек – бөлшекті *антибөлшектен* ажырататын бүкіл сипаттамалары (электр, бориондық, лептондық зарядтары, ғажаптылығы, т.б.) нөлге тең болатын қарапайым бөлшектер немесе қарапайым бөлшектердің байланысқан жүйесі Абсолют бейтарап бөлшек өзінің *антибөлшегіне* тепе-тең болады. Мысалы: *фотон*, π^0 -мезон, J/Ψ-мезон, ипсилон-бөлшек.

АБСОЛЮТ ҚАРА ДЕНЕ – өзіне түскен бүкіл сәулені толықтай жұтатын дене. Жарық сәулені жұтқан дене қызады. Табиғатта абсолют қара дене жоқ. Оны жасанды түрде жүзеге асыруға болады. Көмірдің қара күйесі, мысалы, күннің оптикалық диапазондағы сәулесінің 99%-ын жұтады, бірақ та *инфрақызыл* сәулені жұтуы нашар. Абсолют қара дененің ең кемелденген моделі жіңішке саңылаулы, мөлдір емес, іші қараңғы қуыс болмақ. Осы саңылауға түскен кез келген сәуле қуыстың ішінде көптеген рет шағылысып түгелдей жұтылатын болады. Абсолют қара дененің жұту коэффициенті 1-ге тең және сәуленің толқын ұзындығына тәуелді болмайды. Абсолют қара дене ұғымының сәуле шығару теориясында маңызы зор. Абсолют қара дененің сәуле шығару қарқындылығы өзге («қара дене емес») денелердікінен жоғары, тек оның температурасымен және сәуле жиілігімен ғана анықталады және ондағы сәуле тығыздығының сәуле жиілігі бойынша үлестіру функциясы Планктің сәуле шығару заңына бағынады. Абсолюттік қара дененің сәулесін анықтайтын заңдылық оптикалық пирометрияда жоғары температураны өлшеу үшін пайдаланылады, сонымен қатар жарық эталоны ретінде де қолданылады.



«Абсолют қара дене» ұғымын 1859 ж. неміс физигі Густав **Кирхгоф** (1824 – 1887) енгізген.

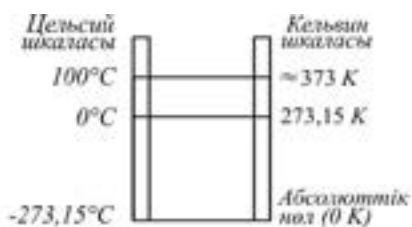
АБСОЛЮТТІК НӨЛ ТЕМПЕРАТУРА – термодинамикалық температураның есептелуінің басы; судың *үштік нүкте* ($0,1^\circ\text{C}$) температурасынан $273,16\text{ K}$ төмен (*Цельсий межесі* бойынша нөлден $273,15^\circ\text{C}$ төмен температура)



орналасқан. Термодинамикалық температуралық меженің және абсолюттік нөл температураның болуы *термодинамиканың екінші бастамасынан* шыққан. Температура абсолюттік нөл температураға жақындаған сайын жылулық сипаттамалар: *энтропия, жылу сыйымдылық, жылулық ұлғаю* коэффициенті, т.б. нөлге ұмтылады. Классикалық физика түсінігі бойынша абсолюттік нөл температура кезінде заттар молекулалары мен атомдарының жылулық (бейберекет) қозғалсының энергиясы нөлге тең болмақ. Кванттық механикаға сәйкес абсолюттік нөл температура кезінде *кристалдық торлардың* түйіндерінде орналасқан атомдар мен молекулалар толықтай тынышталмайды, олар «нөлдік» тербелістер жасайды және «нөлдік энергияға» ие болады. Егер атомдардың массалары және олардың арасындағы *өзараәсерлесу* әлсіз болса, онда нөлдік тербеліс кристалдық торлардың пайда болуына кедергі келтіреді. Бұл жайт ^3He және ^4He гелийлерде орын алған. Осы гелийлер атмосфералық қысым кезінде өте төменгі температураға дейін қатпай сұйық күйінде қалады.

Кез келген зат – тіптен салыстырмалы салқын, мысалы, мұзда белгілі бір мөлшердегі **жылу** болады. **Жылу** – өзінің қозғалысының әсерінен туындайтын *кинетикалық энергиясы* болатын заттардың молекулаларының үздіксіз қозғалысының нәтижесі. Заттың *температурасы* оның орташа кинетикалық энергиясын сипаттайды. Зат қаншалықты салқын болса, молекулалар соншалықты баяу қозғалады. Осының нәтижесінде салқындатуды молекулалық қозғалыс толықтай тоқтағанша жалғастыра беру мүмкін

секілді көрінеді. Осы температуралық меже (шкала) – «абсолюттік нөл» нүктесі, бұл нүкте – ғалымдар үшін үлкен ықылас тудыратын мәселе, бірақ іс жүзінде оны жүзеге



асыру мүмкін емес. Абсолюттік нөл температура кезінде бірқатар заттарда *асқынөткізгіштік* және *асқынаққыштық* секілді әдеттегіден тыс қасиеттер байқалады.

Цельси межесінде абсолют нөл – $273,15^{\circ}\text{C}$ -тен, яғни қату температурасынан төмен. Оның осы мәнін газдардың қыздырылу және салқындатылуы кезіндегі тәртібін зерттеу негізінде алдын ала болжауға болады. *Идеал газды* қыздыру кезінде оның көлемі (V) абсолют температураға (T) пропорционал артады (егер қысым тұрақты болса). Егер газ көлемі тұрақты ұсталатын болса, онда газдың қысымы да әлгіндейге ұқсас өзгереді. $pV=RT$ теңдеуіне (Клапейрон – Менделеев теңдеуіне) сәйкес (мұндағы p – қысым, V – көлем, T – абсолют температура, R – газ тұрақтысы) салқындату кезінде кері үрдіс өтеді. Нақты жағдайда қысым 1°C температураға төмендеген кезде $273,15$ үлеске кемиді. Басқаша айтқанда, $-273,15^{\circ}\text{C}$ температура кезінде қысымның нөлге тең болуы қажет, осы нүкте – температураның абсолюттік нөлі болуы қажет.

Абсолюттік нөл – температураның Кельвиндік межесінде санақтың нөл нүктесі ретінде қабылданған [ағылшын физигі Уильям **Томсонның** (1824 – 1907), лорд **Кельвиннің** құрметіне аталған]. Осы межедегі температуралық бірлік аралығы Цельсий градусына тең: 0 K температура – 273°C (абсолют нөл әдетте -273°C -қа дейін дөңгеленеді), ал 273 K судың 0°C кезіндегі қату нүктесіне сәйкес келеді.

Диаграммада мұз бен судың арасындағы тепе-теңдік нүктелерінен төменгі температуралары Кельвин (абсолют) және Цельсий (жүз градустық) шкалалары бойынша көрсетілген.

АБСОЛЮТТІК ТЕМПЕРАТУРА (латынша «абсолютус – салыстырмасыз, шартсыз»), **термодинамикалық температура** – термодинамикалық тепе-теңдік (бүкіл кіші жүйелердің абсолюттік температуралары бірдей) күйдегі макроскопиялық жүйені сипаттайтын күйлер параметрі. Абсолюттік температураны термодинамиканың екінші бастамасы негізінде 1848 ж. ағылшын физигі Уильям **Томсон (Кельвин)** (1824 – 1907) енгізген. Абсолюттік температура T шартты белгісімен өрнектелген, кельвин өлшемімен (K) өлшенеді, *абсолюттік нөл температурадан* басталып есептеледі. Абсолюттік температура термодинамикалық және халықаралық қолданбалық температуралық межемен (шкаламен) өлшенеді.

АБСОРБЦИЯ (латынша «абсорбео – сіңіремін, жұтамын») – газ қоспасынан сұйықпен (абсорбенттің) заттарды жұту үрдісі. Абсорбция – белгілі газды сұйық

еріткіште ерітудің бір тәсілі; абсорбцияның шамасы осы газдың ерігіштігімен, ал ерітілу жылдамдығы – оның газ қоспасындағы және сұйықтың шоғырлануының (концентрацияларының) айырымымен анықталады. Егер сұйықтағы газдың концентрациясы, газ қоспасындағыдан артық болса, онда ол ерітіндіден бөлінеді (**десорбция**). Абсорбция газдарды ажырату үшін қолданылады. Абсорбцияға кері үрдіс – **газсыздандыру** (газдан арылу) болып табылады.

Жарық абсорбциясы, ж а р ы қ т ы ң ж ұ т ы л у ы – зат арқылы өткен оптикалық сәуленің қарқындылығының кемуі.

АВОГАДРО ЗАҢЫ – *идеал газдардың* негізгі заңдарының бірі, бұл заң бойынша қысымы (p) мен температурасы бірдей болатын әртүрлі газдардың тең көлемдеріндегі (V) молекулалардың сандары да тең болады. Осы заңды 1811 ж. итальян физигі әрі химигі Амедео **Авогадро** (1776 – 1856) ашқан. Қалыпты жағдайда ($p = 101\,325\text{ Па} = 760\text{ мм сынап бағаны}$ және $T = 0^\circ\text{C}$) кез келген идеал газдың 1 мольді $22,4136\text{ м}^3$ көлемді орын алып жатады, 1 мольдегі молекула саны **Авогадро тұрақтысы** деп аталған.

Газдардың *кинетикалық теориясына* сәйкес $pV = 1/3 Nm\bar{v}^2$ (N – сан, m – масса, $\sqrt{\bar{v}^2}$ – молекуланың орташа квадраттық жылдамдығы), ал $1/2 mv^2 = 3/2 \times kT$. Осыдан $T_1 = T_2$, $p_1 = p_2$ және $v_1 = v_2$ болғанда, $N_1 = N_2$ болуы қажет.

АВОГАДРО ТҰРАҚТЫСЫ, **Авогадро саны** – заттардың мөлшер бірлігіндегі (бір мольдегі) элементтердің құрылымдық (атомдардың, молекулалардың, иондардың немесе өзге бөлшектердің) саны. Итальян физигі Амедео **Авогадроның** құрметіне аталған, N_A шартты белгісімен белгіленген. Авогадро тұрақтысы – көптеген өзге физикалық тұрақты шамаларды (*Больцман тұрақтысын*, *Фарадей тұрақтысын*, т.б.) анықтау үшін қажет іргелі тұрақтылардың бірі.

Авогадро тұрақтысының мәні $N_A = 6,022045(31) \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.

АВТОФАЗАЛАУ [грекше «аутос – өзі» + фаза (грекше «фазис – көріну»)], **фазалық орнықтылық** – зарядталған бөлшектер қозғалысының бұларды үдетуші резонанстық үдеткіштердегі электр өрістерінің фазаларына қатысты орнықтылық құбылысы. Бұл құбылысты 1944 ж. кеңестік физик Владимир **Векслер** (1907 – 1966) және 1945 ж. американ физигі Эдвин **Макмиллан** (1907 – 1991) бір-біріне қатыссыз анықтаған. Автофазалау зарядталған бөлшектердің осы заманғы көптеген резонанстық үдеткіштерінің негізіне алынған. Циклдік үдеткіштерде зарядты бөлшектер магнит өрісімен басқарылып, спираль тәрізді траекториямен қозғалады да, дуанттар арасындағы саңылауға түсірілген айнымалы электр өрісімен үдетіледі. Үдеткіштегі орнықтылық сақталу үшін зарядты бөлшектің айналу жиілігі (ω) мен айнымалы электр өрісінің өзгеру жиілігі

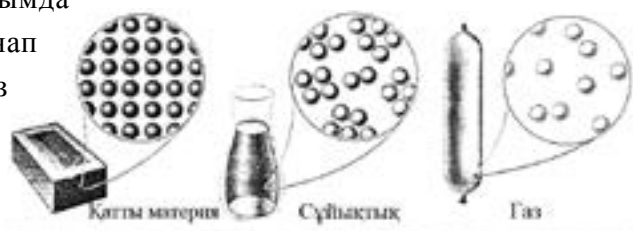


(ω_0) өзара тең болуы тиіс: $\omega = \omega_0$. *Салыстырмалылық теориясы* бойынша кез келген бөлшектің жылдамдығы жарық жылдамдығына жақындағанда, оның массасы да бірнеше есе артады. Массасы артқан сайын бөлшектің жылдамдығы да азаяды. Сондықтан $\omega = \omega_0$ шарты орындалмай, режим бұзылады. Ал автофазалау тәсілі айнымалы электр өрісінің жиілігін немесе магнит өрісінің кернеулігін біртіндеп өзгерту арқылы, баяулаған бөлшекті автоматты түрде өріс ырғағымен үйлестіруге мүмкіндік береді. Осы құбылысты **Векслер автоматты фазалау** тәсілі немесе автофазалау, ал **Макмиллан фазалық орнықтылық** деп атаған.

АВТОЭЛЕКТРОНДЫҚ ЭМИССИЯ, Туннельдік эмиссия – сыртқы электр өрісінің күшті кернеуі E ($\sim 10^7$ В/см) әсерінен өткізгіштік қатты және сұйық денелердің беттерінен электрондардың бөлініп шығуы. Кәдімгі жағдайда электрондардың қатты дене бетінен ұшып шығуына оның шекаралық қабатындағы бөгеуші өріс аймағы – **потенциалдық тосқауыл** мүмкіндік бермейді. Қатты дене бетіне электрдің күшті кернеуі түсірілгенде **туннельдік эффект** деп аталатын *кванттық механикалық* құбылыс әсерінен, электрондар потенциалдық тосқауылдан өтіп кете алады.

АГРЕГАТТЫҚ КҮЙЛЕР (латынша «аггеро – қосып аламын, байлаймын»), з а т т а р д ы ң – бір зат күйінің екінші бір күйге ауысуы оның бос энергиясының, *энтропиясының*, тығыздығының және басқа физикалық қасиеттерінің секірісті өзгерісімен қосақтасып өтетін күйлері. Бүкіл заттар (кейбіреулерін ескермегенде) үш агрегаттық күйде – **қатты, сұйық және газ** тәрізді күйлерде бола алады. Су қалыпты қысымда

$p = 101\ 325$ Па = 760 мм сынап бағанында және $T = 0^\circ\text{C}$ -та мұз болып кристалданады, ал 100°C -та қайнап бұға айналады. Темір қалыпты жағдайда (0°C -та, 760 мм сынап бағанына



тең қысымда) қатты дене, бірақ жеткілікті жоғары температурада (1535° -та) *балқып* сұйыққа айналады. Оны *буландырып* газға айналдыруға болады. Қалыпты жағдайда оттек *газ* болып табылады, -183°C -та сұйылады, ал -218° -қа дейін салқындатылғанда қатайды (яғни қатты күйге айналады). Т ө р т і н ш і а г р е г а т т ы қ к ү й г е көбінесе **плазма** жатқызылады. Заттардың агрегаттық күйлері олардың физикалық жағдайларына, негізінен T мен p -ге байланысты. Газдарда

молекулааралық қашықтықтар алыс, сол себепті молекулалар бір-бірімен потенциалды әсерлесе алмайды, сондықтан іс жүзінде өзіне тиесілі көлемде еркін (бос) қозғалады.

Сұйықтар мен қатты денелерде – *конденсацияланған орталарда* – молекулалар (атомдар) бір-біріне едәуір жақын орналасқан, сол себепті олар өзара күшті әсерлеседі. Осы жайт сұйықтар мен қатты денелердің өздерінің **көлемдерін сақтауына** әкеп соқтырады. Бірақ та қатты денелер мен сұйықтардағы молекулалардың қозғалыс сипаттары әрқалай, сол себепті олардың құрылымдары мен қасиеттерінде айырмашылықтар болады. Қатты денелердегі кристалдық күйде атомдар *кристалдық торлардың* тораптарының маңайында ғана тербеліс жасайды; осы денелердің құрылымдары жоғары дәрежедегі реттіліктермен – **алыс және жақын реттілікпен** сипатталады. Сұйықтарда тек жақын ғана реттілік болады және оған қоса **сусымалылық** пен **аққыштық** қасиеттер тән. П л а з м а н ы н ң өзгедей агрегаттық күйден өзгешелігі ол – зарядталған бөлшектерден (ион, электрон) құралған газ. Агрегаттық күй ұғымының орнына кейде кең мағыналы ұғым – **фаза** пайдаланылады.

АҒЫН – кез келген табиғатты заттардың (бөлшектердің, құбылыстардың) әйтеуір бір ортадағы немесе өрістегі және басқа кеңістіктегі қозғалыстарға қатысатын массаларының өлшемелік сипаттамасы.

Жарық ағыны – жарықтың көріну сезімін тудыру қасиеті ескерілген жарық қарқындылығының сипаттамасы.

Жылулық ағын – белгілі бір уақыт аралығында тұрақты температуралы бет арқылы өтетін жылу мөлшерінің уақыт аралығына қатынасы.

Магниттік ағын – кез келген бет арқылы өтетін магниттік индукция векторының ағыны.

Сәуле ағыны – кез келген бет арқылы электромагниттік сәуленің таситын толық қуаты.

Сұйық ағыны – белгілі бір уақыт аралығында кез келген бет арқылы өткен сұйық массасының әлгі уақыт аралығына қатынасы.

Ығысу ағыны – кейбір бет арқылы өтетін электрлік индукция векторының ағыны.

Энергия ағыны – кез келген бет арқылы электромагниттік толқындар таситын қуат.

АДГЕЗИЯ (латынша «адгезио – жабысу») – бір-біріне жанастырылған әр-текті (қатты немесе сұйық) екі дененің (фазалардың) беттік қабаттары арасында пайда болатын байланыстар. Молекулалық өзараәсерлесудің, иондық немесе

металдық байланыстардың нәтижесі болып табылады. Адгезияның дербес жағдайы – **когезия** (латынша – байланысқан, ілініскен) – бірдей денелердің бір-бірімен молекулалық өзараәсерлесу күштерінің әсерінен туындайтын ілінісу.

АДИАБАТ (грекше «адиабатос – ауыспайтын») – тепе-теңдік адиабаттық үрдісті кескіндейтін термодинамикалық күйді сипаттайтын сызық.

АДИАБАТТЫҚ ҮРДІС, адиабаттық процесс – физикалық жүйенің сырттан жылу алмайтын және оны сыртқа шығармайтын үрдісі. Адиабаттық үрдіс жылуоқшаулауыш (адиабаттық) қабатпен қымталған жүйелерде өтеді, бірақ бұл үрдісті әлгіндей қабықшасы жоқ жағдайда да іс жүзіне асыруға болады. Бұл үшін үрдістің жүйе мен қоршаған орта аралығында жылу алмасуы үлгерілместей тез өтуі қажет. Газды **соққы толқын** арқылы адиабаттық сығу кезінде бөлінетін жылуды сыртқа шығаруға және қатты қызуға үлгермейтіндей тез өтуіне жағдай жасалғаны жөн. Сол уақытта газдың адиабаттық көлемін ұлғайтуы сыртқы күшпен молекулалардың өзара тартылыс күшіне қарсы жұмыс істеуі нәтижесінде газды салқындататын болады. Осылайша салқындату **г а з д а р д ы с ұ й ы л т у** үрдісінің негізіне алынған. Парамагниттік тұздарды адиабаттық үрдіспен магнитсіздендіру абсолюттік нөлге жуық температура шығаруға мүмкіндік жасайды. Адиабаттық үрдіс қайтымды және қайтымсыз өтуі де мүмкін. Қайтымды үрдісте жүйенің **энтропиясы** тұрақты болып қалады, қайтымсыз үрдісте – артатын болады. Сол себепті қайтымды үрдіс **изоэнтроптық үрдіс** деп те аталады.

АДРОНДАР (грекше «hadros – үлкен, күшті») – күшті өзараәсерлесуге қатысатын бөлшектер. *Бариондардың* (нуклондар – протон мен нейтрон да) барлығы және *мезондар* адрондарға жатады. Күшті өзараәсерлесуде адрондардың кванттық сандары: ғажаптық, сұлулық, таңданарлық, т.б. сақталатындық қасиеті болады. Еркін күйде барлық адрондар (протоннан басқалары) тұрақсыз. Күшті өзараәсерлесу арқылы ыдырайтын адрондардың «өмір сүру» уақыты 10^{-22} – 10^{-23} секунд, бұлар *резонанстар* деп аталған (кейбір мезондар қосылмайды).

Адрондар құрама жүйе. Белгілі адрондардың көпшілігі үш *кварктен*, ал мезондар – кварктен және антикварктен құралған.

АДРОНДЫҚ АТОМДАР – оң зарядталған ядроның кулондық тартылыс арқылы теріс адрондарды ұстайтын атомдарға ұқсас жүйелер. Пиондық (π^-), каондық (K^-), антипротонды (p^-) және гиперондық (Σ^-) атомдар байқалған. Адрондық атомдар заттарда теріс адрондардың баяулауы кезінде пайда болады. Негізгі кванттық санды $n > (m/m_e)^{1/2}$ жоғары күшті қоздырылған күйдегі атом электрон орнына адронды қармайды (мұндағы m – теріс зарядты адронның массасы, m_e – электронның

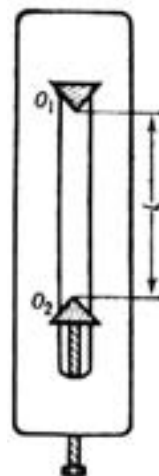
массасы). Адронның электронды ауыстыруы жүзеге асатын атомдық деңгейлер рентгендік сәуле шығару арқылы өтеді.

АДСОРБЦИЯ (латынша «ад – үстінде, қасында» + «сорбере – жұту») – ерітіндіден немесе газдан сұйықтың немесе қатты дененің беттік қабаты арқылы зат жұтуы. Бетінде адсорбция жүзеге асатын дене **адсорбент** деп аталған.

АЙНАЛДЫРУ МОМЕНТІ (латынша «моментум – қозғау») – қозғалыстағы дененің бұрыштық жылдамдығын өзгертуші сыртқы әсердің өлшеуіші. Айналдыру моменті айналу осі бойында төңірегінде айналушы денеге әсер ететін барлық моменттердің алгебралық қосындысына тең болады. Айналдыру моменті (M) дененің бұрыштық үдеуімен (ε) $M = \varepsilon I$ теңдігі арқылы байланысқан (мұндағы I – дененің айналу осімен салыстырылғандағы инерция моменті).

АЙНАЛМАЛЫ ҚОЗҒАЛЫС – денемен қатаң байланысқан екі нүктесі (осьтің төңірегінде айналғанда) немесе бір нүктесі (нүктенің төңірегінде айналғанда) қозғалмайтын қатты дененің қозғалысы. Осы қозғалыс кезінде дененің барлық нүктелері айналу осіне перпендикуляр жазықтықтарда және орталығы айналу осінде жататын шеңберлер сызады. Осы қозғалыстағы дененің бір ғана еркіндік дәрежесі болады.

АЙНАЛМАЛЫ МАЯТНИК – тәжірибе жүзінде еркін түсу үдеуін (g) анықтауға арналған аспап. Біреуі қозғалмайтын, екіншісі пластинадағы ойық бойынша жылжитын (қозғалатын) екі үшқырлы пышағы бар ауыр (массалы) пластина тәрізді дене болып табылады. Қозғалмайтын тірекке алма-кезек орналастырылатын O_1 және O_2 пышақтардың өткір қырлары айналмалы маятниктің тербеліс осьтері болады. Әрбір осьтің айналасында (төңірегінде) айналмалы маятниктің тербелу периодтары теңелмегенше жылжымалы пышақ жоғары немесе төмен қарай қозғалтылады. Осьтер арасындағы $O_1O_2 = l$ арақашықтық пластинадағы нониусты жеке арқылы өлшенеді. Сонда физикалық маятниктің қасиеттері бойынша O_2 нүктесі O_1 нүкте үшін тербеліс орталығы, және керісінше айналмалы маятниктің тербелістерінің периоды $T = 2\pi\sqrt{l/g}$. T және l мәндерін тәжірибеден анықтап, осы формула бойына g -ны (еркін түсу үдеуін) анықтауға болады. Айналмалы маятник g -ны мәнін математикалық маятниктің анықтайтын мәнін едәуір жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік жасайды.



АЙНАЛЫҚ СИММЕТРИЯ (грекше «сумметрия – өлшемділік»), б ө л ш е к т е р ф и з и к а с ы н д а – кеңістіктік инверсияға қатысты симметрия.

Ядролық әлсіз өзараәсерлесу үрдістерінде (процестерінде) бұзылады. Басқа әсерлесулерде сақталады.

АЙНАЛЫҚ ШАҒЫЛЫСУ – жарық шағылуының негізгі заңы орындалатын жарық сәуленің тегіс жазық беттен бағыттталып (немесе бірқалыпты) шағылуы. Егер шағылдырғыш беттің микротегістігінің (ойлы-қырлылығы) биіктігі (h) жарық толқынның ұзындығынан (λ) едәуір кем $h < 0,01\lambda$ болса ғана, айналық шағылу болады. Осы жағдайда бүкіл жарық (>99%) шағылады. *Спектрдің* көрінетін аймағында жарықты *диффузиялы* түрде шағылдыратын бет инфракызыл аймақтағы едәуір ұзын толқынды айналық шағылдырады. Айналық шағылған *электрмагниттік толқындардың* спектрлік құрамы, қарқындылығы мен фазасы жарықтау (жарықтың түсу бұрышына, шоқтың температурасына, т.б.) жағдайларына, заттың қасиеттеріне, шағылыстырушы беттің күйіне тәуелді болады.

АЙНУ, к в а н т т ы қ м е х а н и к а д а – берілген жүйені (атомдық, молекулалық, т.б.) сипаттайтын кейбір физикалық шаманың (L) жүйенің әркілы күйлері үшін бірдей мәндерінің болуы. Осындай әртүрлі күйлерге арналған физикалық шамалардың (L -дің) саны берілген шаманың **айну еселігі** деп аталады. Кванттық механикада жүйе энергиясының белгілі бір ғана мәні бола тұра ол бірнеше әртүрлі күйлерде болуы жүйе күйінің айнуы деп аталады. Мысалы, еркін бөлшектер үшін шексіз еселік айну энергиясы болады: бөлшектердің энергиясы импульстің тек сан мәндерімен анықталады, импульс кез келген бағытта (яғни шексіз сан тәсілімен таңдала алынады) болады. Осы мысалдан айну мен жүйенің физикалық симметрия арасындағы байланыс анық байқалады; осы симметрия жазықтықтағы барлық бағыттардың теңдігін білдіреді.

Энергияның айну деңгейі бірнеше мәнге (деңгейлерге) [мысалы, электрлік (*Штарк эффектiсi*) немесе магниттік (*Зееман эффектiсi*) өрістер әсер еткен кезде] жіктеліп кетеді. Осы жағдайда әртүрлі күйлердің саны өзгермейді, бірақ олардағы энергияның әртүрлі мәндері – кіші деңгейлерге бөлшектенеді. Осы құбылыс шамалардың айнудың ішінара немесе түгелдей тыйым салынуы деп аталған.

АЙНУ ТЕМПЕРАТУРАСЫ – газ бөлшектерінің бірдей және тепе-тең болуы себепті оның кванттық қасиеттері біліне бастайтын төменгі температура. Бозе-газ үшін айну температурасы абсолют нөлге жақын осы температурада Бозе – Эйнштейн конденсациясы – бөлшектердің бірқатар үлесі нөлдік импульс күйіне ауысуы жүзеге аса бастайды. Ферми-газ үшін айну температурасы фазалық ауысумен байланысты емес, бұл температура бөлшектердің фермилік энергиясының абсолюттік нөл температура кезіндегі максимал (ең жоғары) энергиясына тең.

Айну температурасы кезінде ферми-газдың бүкіл төменгі энергетикалық деңгейлері толтырылған болады. Металдардағы өткізгіштік электрондар үшін $T_0 \sim 10^4$ К.

АЙНЫҒАН ГАЗ – *кванттық механикада* бірдей бөлшектердің айырмашылығының болмауы себепті, газ бөлшектерінің кванттық-механикалық өзара әсерлесуінің салдарынан қасиеттері классикалық идеал газдың қасиеттерінен өзгеше болатын газ (Тене-теңдік принципі). Бөлшектердің мүмкін болатын энергия деңгейлерінің толтырылу әсерінің нәтижесінде өзге бөлшектердің берілген деңгейлеріне тәуелді болады. Сондықтан айныған газдың жылу сыйымдылығы және қысымдарының температураға (T) тәуелділігі классикалық идеал газдікінен өзгеше болады; *энтропия*, термодинамикалық потенциалдар және басқа параметрлер өзгеше өрнектеледі.

Айныған газ температурасының бірқатар төменгі температураға дейін төмендеген кездегі мәні **айну температурасы** деп аталған. Толық айну абсолюттік нөл температураға сәйкес болады.

АЙНЫҒАН ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШ – жылжымалы заряд тасушылар (өткізгіштік электрондар және кемтіктер) көп шоғырланған жартылайөткізгіш. Айныған жартылайөткізгіштегі заряд тасушылар *Ферми – Дирак статистикасына* бағынады, *Ферми деңгейі* өткізгіштік зонада немесе валенттік зонада жатады. Әдеттегі (айнымаған) жартылайөткізгіште заряд тасушылардың шоғырлануы көп болмайды және олар *Больцман статикасына* бағынады, Ферми деңгейі тыйым салынған зонада орналасады. Заряд тасушылардың күшті инжекциясы жағдайында электрондар мен кемтіктердің бірізгі айнуы мүмкін. Ферми деңгейі екі квазидеңгейге бөлшектенеді, ол деңгейдің біреуі өткізгіштік зонада, екіншісі валенттік зонада жата алады.

АЙНЫМАЛЫ ТОК – к е н м а ғ ы н а д а: уақыт бойынша өзгермелі электр тогы. Бұл токты айнымалы *кернеу* тудырады. Техникада ток деп бір период аралығында **ток күші** мен кернеудің орташа мәні нөлге тең болатын электр тогын айтады. Ең аз уақыт аралығында (секунд есебімен өлшенетін) ток күші мәнінің қайталану мерзімі айнымалы токтың периоды (T) деп аталған. Айнымалы токтың маңызды сипаттамасы оның жиілігі (f) – 1 секунд мерзімдегі период саны: $f = 1/T$, айнымалы токтың стандарт жиілігі $f = 50 - 60$ Гц.

Электр энергиясын шалғайға жеткізу әрі тарату үшін көбінесе айнымалы ток (бұл токты алысқа жеткізу үшін оның кернеуін өзгерту жеткілікті) пайдаланылады. Айнымалы ток тұрақты токқа өзгертіле алады (мысалы, жартылай өткізгіш түзеткіштермен), сонынан қайтадан жартылай өткізгіш инверторлармен айнымалы токқа айналдыру онай әрі арзан, жиілігін де өзгертуге болады. Айнымалы

ток қозғалтқыштары тұрақты ток қозғалтқыштарымен салыстырғанда құрылысы қарапайым әрі сенімді болады.

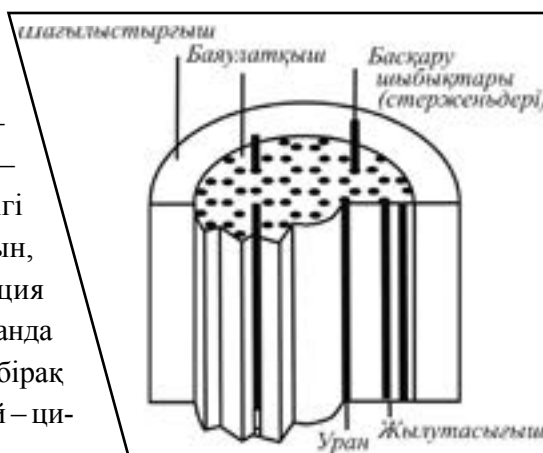
АККРЕЦИЯ (латынша – өсімше, көбею) – заттардың қоршаған кеңістіктен ғарыштық денеге (мысалы, жұлдызға) құлап түсуі. Аккрецияның бір-біріне жақын орналасқан, біреуі (алып қызыл жұлдыз) заттарды екінші жұлдызға (ақ ергежейліге, нейтронды жұлдызға) немесе **қара апанға** қарқынды түрде беретін қос жұлдыз үшін маңызы бар. Жаңа жұлдыздардың оталуының мүмкін себептерінің бірі ақ ергежейлі жұлдыздардағы аккреция құбылысы деген болжал бар. Бір жұлдыздан екінші жұлдызға ағып өтетін заттарда сутегі басым болады. Ақ ергежейлі жұлдыздың өзінде сутегі жоқ (ақ ергежейлі жұлдыз пайда болған кезде әлгі сутегі термоядролық реакция нәтижесінде гелийге айналып кеткен). Жұлдыздың бетіне түскен сутегі жинақталады да, сутегі термоядролық жануға жеткілікті температураға дейін қызатын болады. Егер реакцияның жылу бөлу жылдамдығы жылу тарату жылдамдығынан артатын болса, жаңа жұлдыздың оталуы ретіндегі жылулық жарылыс (қопарылыс) байқалатын болады. Жас нейтрондық жұлдыздар – **пульсарлар** жоғары энергиялы бөлшектердің қуатты көздері болып табылады. Сондықтан бұлардағы аккреция құбылысы қиындаған. Уақыт өткен сайын пульсарлардан және «жастары» $10^6 - 10^7$ жылдан артық нейтрондық жұлдыздар үшін де заттардың бөлініп шығуы әлсірейтін болады. Рентгендік сәулелердің ғарыштық көздерінің жарқырауын қамтамасыз етуде аккрецияның маңызы үлкен.

АКТ (латынша «актус – әсер»), **ыдырау актісі** – бір атом ядросының радиоактивтік ыдырауы.

АКТИВТЕНДІРУ (латынша «активус – әрекетті») – активтілікті қоздыру немесе күшейту; тыныштық күйден қозғалысқа көшу; әрекеттілік күйге ауысу.

Ф и з и к а д а: затқа радиоактивтілік қасиет беру үшін оны ядролық бөлшекпен сәулелендіру.

АКТИВТІ ЗОНА (латынша «активус – әрекетті»), ядролық реактордағы – ішіндегі ядролық энергия (басым бөлігі жылу түрінде) бөлінумен қосақталатын, басқарылатын тізбекті ядролық реакция өтетін кеңістік. Физикалық тұрғыдан алғанда активті зонаның ең тиімді пішіні – шар, бірақ жасалу тұрғысындағы ерекшелігіне орай – цилиндр пішіндес болып құрастырылады.



Реактордың активті зонасы



АКТИВТІЛІК, радиоактивті көздердің активтілігі – энергиялы әрекеттіліктің күшейген күйі. Уақыт бірлігіндегі радиоактивтік ыдыраудың саны. Активтіліктің *Халықаралық бірліктер жүйесінің* бірлігі – *беккерель* (Бк). 1 Бк = 1 секундта 1 ыдырауға сәйкес келеді. Жүйеден тыс бірлігі – *кюри* (Ки). 1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

Беттік активтілік – адсорбцияланушы заттың беттік керілу күшін азайтатын (төмендететін) адсорбциялаушы заттың қасиеті.

Меншікті активтілік – радиоактивтік сәуле көзінің активтілігінің осы көздегі заттардың массасына қатынасы.

Оптикалық активтілік – ортаның өзінен өтетін оптикалық сәуленің полярлану жазықтықтығын айналдыру қасиеті.

Радиоактивтік сәуле көзінің активтілігі – радиоактивті атом ядролары көзінің толық ыдырау санының осы ыдырау өтетін уақыт аралығына қатынасы.

Термодинамикалық активтілік – идеал жүйелерге арналған теңдеулер арқылы нақты жүйелерді сипаттауға мүмкіндік жасайтын және эффективті шоғырланулар (концентрациялар) бола алатын физикалық шама.

АКТИВТІ ОРТА – кванттық жүйенің энергетикалық деңгейлерінің *толымдылық инверсиясы* жүзеге асырылған орта. Егер активті ортаның кванттық күшейту коэффициенті энергияның шығындалу коэффициентінен артық болса, активті орта өзінен өтетін резонанстық электромагниттік сәулені күшейтетін болады. Осындай байланысты қолданатын активті ортаны когерентті электромагниттік *генератор* жасау үшін пайдалануға болады. Осы мақсат үшін атомдардың немесе молекулалар энергиясының бір немесе бірнеше жоғары деңгейлерінің төменгі деңгейлермен салыстырғанда едәуір артық толымдылықпен қамтамасыз ететін талғамалы қоздырылуы қажет. Бұл үшін оптикалық толтыру әдісі пайдаланылады. Жартылайөткізгіштерде активті ортада заряд тасушылардың инжекциясын тудыруға болады: ол үшін шапшаң электрондармен атқылау; оптикалық қоздыру; электр өрісінде электрлік тесу қолданылады. Активті орта газдарда электрлік разрядтармен тудырылады.

АКУСТИКА (грекше «акустикос – есту, тыңдау») – физиканың ең төменгі жиіліктерінен (шартты түрде 0 Гц-тен) шекті жоғары жиілікке ($10^{11} - 10^{13}$ Гц) дейінгі серпімді тербелістерді, бұлардың заттармен өзараәсерлесуін және әртүрлі қолданылуын зерттейтін саласы.

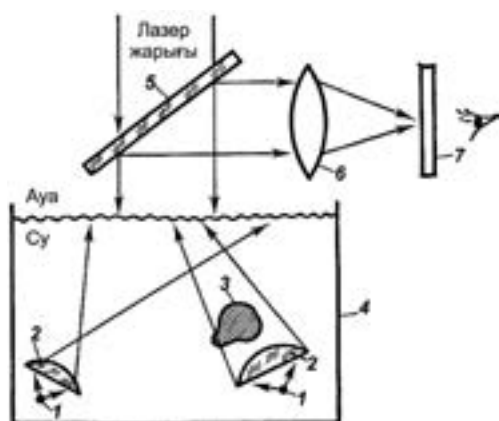
Акустика – білімдердің ең көне салаларының бірі. Бұл адам құлағы қабылдайтын *дыбыс*, яғни серпімді *тербеліс* туралы ілім ретінде пайда болған. Кезінде ежелгі грек ойшылы **Пифагор** (б.з.б. 570 – 500) естілетін дыбыс пен музыкалық аспап ішегінің ұзындығы арасындағы байланысты ашқан. Ежелгі грек филосо-

фы әрі ғалымы **Аристотель** (б.з.б. 384 – 322) дыбыс шығаратын дененің ауаны сығамдайтынын және сирексітетінін, сонымен бірге *жаңғырықтың* әртүрлі кедергілерден шағылысуынан туындайтынын білген. Орта ғасырларда (XV – XVI ғасырларда) итальян ғалымы **Леонардо да Винчи** (1452 – 1519) дыбыстың шағылысуын зерттеген, дыбыстың әртүрлі көздерден таралуының тәуелсіздік принципін тұжырымдаған. XVII ғасырдың соңы мен XVIII ғасырдың басында өзге бір итальяндық физик Галилео **Галилей** (1564 – 1642) дыбыс тарататын дененің тербеліс тудыратынын және дыбыс биіктігінің жиілікке, ал дыбыс қарқындылығының олардың тербеліс амплитудаларына тәуелді екенін ашқан; дыбыстың таралу жылдамдығын алғаш рет 1636 ж. француз ғалымы Марен **Мерсенн** (1588 – 1648) өлшеген.

XVII ғасырдың соңынан XX ғасырдың басына дейін акустика механиканың бөлімі ретінде дамытылған. *Ньютон механикасы* негізінде, Гуктың *серпімділік теориясы* және Гюйгенстің толқындық қозғалыс принципі негізінде механикалық тербелістердің, орталардағы дыбыстық (серпімді) толқындардың пайда болуы, шығарылуы мен таралуының жалпы теориясы тұжырымдалған, дыбыстардың сипаттамаларын (ортадағы дыбыстың қысымы, импульсі, дыбыстық толқындардың энергиясы мен ағыны, дыбыстың таралу жылдамдығы) өлшеу әдістері жасалған.

Ағылшын ғалымы Томас **Юнг** (1773 – 1829) және француз физигі Огюстен **Френель** (1788 – 1827) толқындардың *интерференциясы* мен *дифракциясының* теорияларын тұжырымдаған, австриялық физик Христиан **Доплер** (1803 – 1853) толқындар жиіліктерінің дыбыс көзінің бақылаушыға қатысты қозғалысы кезіндегі өзгеру заңын айғақтаған. Күрделі тербелмелі үрдісті қарапайым құраушыларға жіктеу (*Фурье әдісі*) әдістерін жасау дыбысты талдаудың және күрделі дыбысты гармоникалық құраушылардан синтездеудің негізін қалады. Акустиканың дамуының сол кезеңін ағылшын физигі Джон **Рэлей (Стретт)** (1842 – 1919) қорытындылады, 1877 – 1878 ж. оның классикалық ғылыми еңбегі «Дыбыс теориясы» жарияланған.

АКУСТИКАЛЫҚ ГОЛОГРАФИЯ – акустикалық толқындар арқылы заттардың кескіндерін шығарудың *интерференциялық* тәсілі. Акустикалық голографиялық зат кескіндерін шығарудың негізгі принципі оптикалық *голографияға* ұқсас: ең алдымен дыбыстық екі толқынның интерференциясынан пайда болған тұрғын толқындардың өрісі тіркеледі, сонан соң пайда болған акустикалық *голограмма* бойынша заттың бастапқы кескіні, не әлгі зат шағылыстырған шашыранды дыбыс өрісінің құрылымы қалпына келтіріледі.



Линзасыз ультрадыбыстық голография: 1 – сәуле таратқыш; 2 – акустикалық линза; 3 – зат; 4 – су құйылған ыдыс; 5 – жартылай мөлдір айна; 6 – қалпына келтіруші оптикалық жүйе; 7 – кескінді тіркеу жазықтығы

Дыбыстың таралу жылдамдығы онша шапшаң болмағандықтан, акустикалық дыбыс қабылдағыштардың көпшілігі сызықтық (оптикадағыдай квадратты емес) болғандықтан, оптикалық голографиядағы тірек толқындарды пайдаланбауға немесе оны электр арнасында жасанды түрде енгізуге болады. Акустикалық голограмманы қалпына келтіру көзге көрінетін жарық сәуле диапазонындағы когерентті сәулемен жүзеге асырылады, сондықтан акустикалық голограмма не амплитудасы, не фазасы өзгертілетін арнайы тасығыштарға жазылады. Тасығыштар ретінде фотопленкалар, термопластиктер,

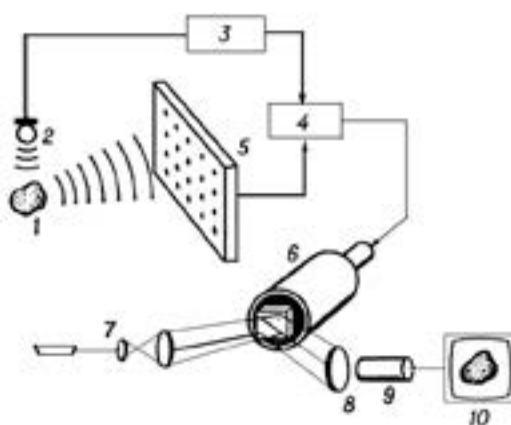
электрооптикалық кристалдар пайдаланылады. Акустикалық голограмманың көрінуі үшін дыбыстық өрістерді көрінерлік ету әдістері қолданылады.

Жоғары жиілікті диапазондардағы голограммаларды тіркеу (жазу) кеңістіктік тасығыштарға негізделген, бұлар дыбыстың қарқындылығын сезгіш келеді. Кеңістіктік бедер әдісіне негізделген тәсілдер кең таралған.

Судың шағылдырушы бетіне түскен дыбыстық толқын, оны деформациялап бедер түзеді, осы бедер акустикалық голограмма болып табылады, оны жарық сәулемен жарықтағанда кескін қалпына келтіріледі.

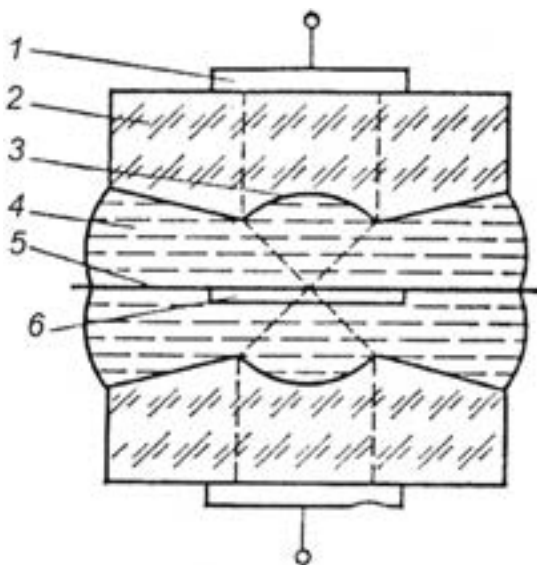
Акустикалық голография медициналық диагностикада қолданылады, жұмсақ ткандарды, тамырларды, ішкі ағзалардың кескіндерін көрінерлік ету мақсатында қолданылады.

АКУСТИКАЛЫҚ МИКРОСКОП – акустикалық толқындар арқылы ұсақ нысандардың және оның бөліктерінің ұлғайтылған кескінін байқауға мүмкіндік беретін микроскоп. Сканирлеуші жарық өткізгіш және жарық шағылдырғыш акустикалық микроскоптар



Матрицалық қабылдағыштың көмегімен акустикалық голографиялық кескін алу: 1 – нысан; 2 –

көп таралған. Сканирлерлеуші акустикалық микроскоп негізінен 0,1 – 1,0 ГГц диапазондағы акустикалық толқындар қоздырғыш электракустикалық түрлендіргіштен (сәулетаратқыштан), екі акустикалық линзадан (оның біреуі акустикалық толқынды зерттелуші нысанға фокустайды, екіншісі нысан арқылы өтіп шыққан толқынды жинақтайды) және кескіндер құрылғысының электронды-сәулелік аспабында сәуленің жарықтылығын модуляциялайтын, акустикалық толқынды электр сигналдарына түрлендіретін электракустикалық түрлендіргіштен (қабылдағыштан) құралған (төмендегі сызбаға қараңыз). Сканирлеуші сәуле шашыратқыш акустикалық микроскоп бір



Акустикалық микроскоптың сұлбалық кескіні: 1 – электракустикалық түрлендіргіш; 2 – дыбыс өткізгіш; 3 – акустикалық линза; 4 – иммерсиялық сұйық (балқарағай майы, минералдық май); 5 – бекітіп ұстағыш; 6 – зерттелуші нысан.

электракустикалық түрлендіргіштен және бір акустикалық линзадан құралған. Мұндай акустикалық микроскопта электракустикалық түрлендіргіш акустикалық толқын қоздырғыш (акустикалық линзамен зерттелуші нысанға фокустайтын, ал нысаннан шағылысқан соң оны жинақтайтын) ретінде, сондай-ақ оларды нысаннан шағылғаннан кейін түрлендіреді. Зерттелуші нысанның кескіні акустикалық микроскопта осы нысанды сканирлеуші үрдісте электронды-сәулелік аспаптың растрлы жаймалауыш сәулесімен синхронды түрде пайда болады. Акустикалық микроскоп 10^4 есе ұлғайтуды қамтамасыз етеді, ажыратуы 0,005 мкм шегінде.

Акустикалық микроскоппен өзгедей құрылғылар арқылы алынбайтын мәліметтер (мысалы, оптикалық мөлдір емес нысандарды, беттің, құрылымдарын көруге мүмкіндік жасайды) алуға мүмкіндік береді. Бұл микроскоп микроэлектроникада, минералогияда, металлграфияда, биологияда және медицинада қолданылады. Бұл микроскопты 1936 ж. кеңестік физик Сергей Соколов (1897 – 1957) ұсынған.

АКУСТИКАЛЫҚ ОПТИКА – *электрмагниттік толқындардың қатты денелер мен сұйықтардағы дыбыстық толқындармен өзараәсерлесуін зерттейді.* Техникада осы құбылыстар негізінде әртүрлі аспаптар жасалған. Оптикада, электроникада, лазерлік техникада когерентті жарық сәулені басқару үшін жарық

сәуле мен дыбыстың өзараәсерлесуі кеңінен пайдаланылған. Акустикалық құрылғылар (дефлекторлар, сканерлер, модуляторлар, сүзгілер, т.б.) жарық сәуленің амплитудасын, *полярилануын* (поляризациясын), спектрлік құрамын және жарық сәуленің таралу бағытын басқаруға мүмкіндік туғызған. Акустикалық оптикалық аспаптар ақпараттарды нақты уақыт масштабында өңдеуге мүмкіндік береді. Мұндай көпшілік акустикалық оптикалық аспаптар ультрадыбыстардағы жарық сәуленің *дифракциясына* негізделген. Дифракцияланған жарық сәуленің ауытқу бұрышы дыбыстық толқындардың ұзындығымен анықталатын болғандықтан, осыларды ендірілетін дыбыстың жиілігін өзгерту арқылы басқаруға болады. Жарық сәуленің бағытын кеңістікте басқарудың осы принципі сәулені берілген бағытта бұруға (ауытқытуға) және сәулені үздіксіз жаймалауға арналған акустикалық дефлекторлар мен сканерлердің жұмысының негізіне алынған. Энергияны негізгі сәуле мен дифрагмаланған сәуле арасында тарату дыбыстың қарқындылығын өзгерту арқылы реттеледі. Осы эффекті сәуленің қарқындылығын басқаратын акустикалық модуляторларда пайдаланылған.

АКУСТИКАЛЫҚ ЯДРОЛЫҚ МАГНИТТІК РЕЗОНАНС (АЯМР) – тұрақты магнит өрісінде орналасқан қатты денедегі атом ядроларының магниттік моменттерінің қайтадан бағдарлануы себепті акустикалық тербелістердің (фонондардың) энергияларын талғамды жұту. Көпшілік ядролық резонанстық жұту жиілігі 1-ден 100 МГц-ке дейінгі ультрадыбыс аймағында байқалады. АЯМР ядролық магниттік резонансқа (ЯМР-ға) ұқсас.

Фонондардың резонанстық жұтылуының табиғаты әртүрлі ішкі өзараәсерлесудің акустикалық тербелістер мен модуляциялануы салдарынан серпімді толқындардың энергияларын ядролық спиндер жүйесіне берумен байланысты. Егер фононның энергиясы энергиялар деңгейлерінің айырымына тең болса, жиілігі (ν) акустикалық тербеліс затта таралғанда спиннің әркілы бағыттарымен сипатталатын магниттік кіші деңгейлер арасында ядроның кванттық ауысуын тудыра алады.

Төменгі деңгейден (\mathcal{E}_1) жоғарғы деңгейге (\mathcal{E}_2) ауысу фононды жұтумен қабаттас өтеді, ал жоғарғы деңгейден төменгі деңгейге ауысу фонон шығарумен өтеді. Термодинамикалық тепе-теңдік кезде \mathcal{E}_2 энергиялы деңгейдегі ядролар саны N_2 , \mathcal{E}_1 энергиялы деңгейдегі ядролар санынан N_2 аз болатындықтан, акустикалық тербелістер кезіндегі жұту актісінің саны шығару актісінен артық болады, осының нәтижесінде АЯМР-да фонондардың резонанстық жұтылуы жүзеге асырылады. АЯМР кезінде магниттік кванттық сандары $m = \pm 1, \pm 2$ болатын ауысуларға рұқсат берілген, ал әдеттегі ЯМР-да тек $m = \pm 1$ санды ауысуға ғана рұқсат етілген.

АЯМР-ды қатты денелердегі сызықтық емес фонон-фонондық өзараәсерлесулерді тіркеу үшін пайдалануға болады.

АКУСТИКАЛЫҚ ПАРАМАГНИТТІК РЕЗОНАНС (АПР), электрондық АПР – тұрақты магнит өрісінде орналасқан парамагниттік кристалдардағы белгілі жиілікті серпімді толқындардың (фонондардың) энергияларын талғамалы жұту. АПР әдеттегі электрондық парамагниттік резонанспен (ЭПР) тығыз байланысты. АПР кезіндегі акустикалық энергияның парамагниттік бөлшектерге берілуі спин-фонондық өзараәсерлесулер арқылы жүзеге асады, бұл кристалішілік, акустикалық өрістердің (электрлік немесе магниттік) тербелістерін модуляциялау тәсілімен жүзеге асады.

АПР кезінде кванттық сан $m = \pm 1, \pm 2$ болғанда, әдеттегі ЭПР-та кванттық сан $m = \pm 1$ болғанда таңдау ережесін қанағаттандыратын ауысуларда байқалады. АПР жиілігі 10^9 – 10^{11} Гц гипердыбыс аумағында байқалады. Металдарды және жартылайөткізгіштерді зерттеу үшін *скин-эффект* қиындық тудыратын әдісі қолданылмайтын кезде АПР пайдаланылады.

АКУСТИКАЛЫҚ-ЭЛЕКТРЛІК ЭФФЕКТ (латынша «эффектус – орындалу, әсер») – өткізгіштен акустикалық (ультрадыбыстық кума) толқындардың өтуі кезінде тұйық электр тізбегінде тұрақты токтың (акустикалық электрлік токтың) немесе өткізгіштің ажыратылған ұшында электр кернеуінің (акустикалық электр қозғаушы күштің) пайда болуы. Бұл эффект – акустикалық электрондық өзараәсерлесудің бір түрі. Ультрадыбыстық толқындардың өткізгіштік электрондарға импульс (және сәйкес энергия) таратуына байланысты ток туады. Осы жайт дыбыстың таралу бағыты бойынша заряд тасығыштардың бағытталған қозғалысын, яғни **электр тогын** тудырады. Бұл эффектіні 1953 ж. **Р.Пармен-тер** алдын ала болжаған, оны алғаш рет 1957 ж. **Г.Вайнрайх** және **Х.Дж. Уайт** байқаған.

АКЦЕПТОР (латынша – қабылдаушы) – жартылай өткізгіштерде **кемтіктердің** пайда болуымен пара-пар болатын валенттілік аймақтан электрон қармайтын қоспалы атом. Нүктелік кемтік те акцептор бола алады. Мысалы, қоспалардан германий (Ge) және кремнийге арналған типтік акцептордың орнын басуға арналған: (Si) элементтері бар (B), алюминий (Al), галий (Ga), индий (In). Акцептор жартылайөткізгіштің тыйым салынған зонасында валенттік зонаның төбесіне жақын аралықта жергілікті энергетикалық деңгей жасайды. Бұл деңгей **акцепторлық деңгей** деп аталған. Акцептордың иондық энергиясы тыйым салынған зонаның енінен айтарлықтай кіші болады. Сондықтан акцепторлары болатын жартылайөткізгіштерде акцепторлық валенттік **электрондарды қармау** үрдісі олардың өткізгіштік ортаны жылулық толтырулардан артық,

сондықтан валенттік зонадағы шоғырлануынан едәуір артық болады (осындай жартылайөткізгіш **кемтіктік** немесе **p-типті** жартылайөткізгіш деп аталған). Жартылайөткізгіштің кристалдық торларының нүктелік **ақауы** да акцептор бола алады. Жартылайөткізгішке **донорлар** ретінде акцептор енгізу (қоспа түрінде) жартылайөткізгіштің қасиеттерін кең шекте басқаруға мүмкіндік жасайды, осы жайт, дербес жағдайда электрондық-кемтіктік ауысуларды жүзеге асыруда пайдаланылады.

АҚ АПАН – эволюциясы *қара апанның* пайда болуымен аяқталатын аспан денесінің гравитациялық қирауының уақыт бойынша өзгеруі болып табылатын ғарыштық болжамдық нысан. Ақ апанның болу мүмкіндігі (1964 ж. И.Д.Новиков) *жалпы салыстырмалық теориядан* шыққан. Алғашында ақ апанның ішінде болған зат уақыттың өтуіне байланысты ұлғайып, ең соңында ақ апанның гравитациялық радиусынан [ақ апанның «жарылысы» («қопарылысы»)] тысқары шығып кететін болады; осы үрдіс шалғайдағы бақылаушыға түгелдей көрінетін болады. 1974 ж. ақ апанның айналасындағы заттардың ғарыштық денеге құлап түсіп ұлғаюы (аккрецияға) және ақ апанның ішінде пайда болатын күшті гравитациялық өрістен туатын кванттық-гравитациялық эффектілер ақ апанның «жарылысына» («қопарылысына») жол бермейді және де ақ апанның заттарын оның ішінде қалдырады. Осылайша пайда болған нысан бақылану қасиеті бойынша *қара апанға* сәйкес болады, айырмашылығы пайда болу «тарихында» ғана. «Ақ апан» деген атау шартты сипаттау.

АҚАУ, к р и с т а л д ы қ т о р л а р д а ғ ы (латынша «дефектус – кемшілік, ақау») – *кристалдық торлардың* идеал периодты атомдық құрылымнан кез келген ауытқуы. Ақаулар атомдық масштабтағы немесе *макроскоптық* өлшемдегі ақаулар бола алады. Ақаулар жылулық, механикалық және электрлік әсерлер ықпалымен кристалдану үрдісінде, сондай-ақ нейтрондармен, электрондармен, рентгендік сәулемен, ультракүлгін сәулемен сәулелендірілген кездері пайда болады. Қарапайым нүктелік ақау – атомы жоқ кристалдық тордың бос орны – **вакансия** (латынның «ваканс – бос орын» деген сөзінен қалыптасқан атау) болып табылады. Кристалдың өсуі кезіндегі пластикалық *деформация* үрдісінде кристалдарда **дислокация** (латынның «ығысу» деген сөзінен қалыптасқан) деп аталатын сызықтық ақаудың пайда болуы ықтимал. Ақауларды кристалдарда ішкі механикалық *кернеулер* тудыратын серпімді ауытқыған құрылымдар тудырады. Ақаулар жұту спектрлеріне және *люминесценцияға*, кристалдардағы жарықтың шашырауына әсерін тигізеді. Ақаулар электрөткізгіштікті, жылуөткізгіштікті, магниттік және сегнетэлектрлік қасиеттерді өзгертеді.



АҚ ЖАРЫҚ – спектрлік құрамы күрделі *электрмагниттік сәулелердің* жиынтығы. Мұндай сәулені адамның көзі бейтарап қалыпты *жарық сәуле* ретінде түйсініп қабылдайды. Күннің шашыранды сәулесі, ақ жарық болып есептеледі. Сондай-ақ мөлдір емес қатты және сұйық денелер өте жоғары температураға дейін қыздырылғанда да ақ жарық сәуле таралады. Ақ жарықты екі *қосымша түстерді* немесе үш *монохроматты* сәулені белгілі бір қатынаста араластыру арқылы да шығаруға болады.

АҚҚЫШТЫҚ – денелердің кернеулер әсерінен пластикалық немесе тұтқырлық деформациялану қасиеті; тұтқырлыққа кері шамамен сипатталады. Тұтқыр денелерде (газдарда, сұйықтарда) аққыштық кез келген кернеуде туындайтын болса, пластикалық қатты денелерде – тек аққыштықтың шегінен асатын жоғары кернеулерде ғана пайда болады. Әртүрлі денелердің аққыштықтарын анықтайтын денелердің пластикалық немесе тұтқырлық кедергілерінің тетігі әркілі. Газдардың аққыштығы импульстерді газ молекулаларының қозғалыстары басым қабаттардан ағын қозғалысы кем қабаттарға қарай тасуға байланысты туындайды.

Сұйықтардағы аққыштық диффузияның кернеулер басым әсер ететін бағытқа қарай өтуіне байланысты туындайды. Сонымен қатар *энергетикалық тосқауыл* арқылы өтуде қабаттас жүретін молекулалардың немесе молекулалар жұптарының немесе макромолекулалар тізбектерінің (жоғары молекулалы заттарда) секірісті орын ауыстыруы қарапайым актілер болып табылады. Кристалдық қатты заттардың аққыштығы әртүрлі кристалдық ақауларға: нүктелік (вакансияларға), сызықтық (дислокацияларға) және көлемдік [краудиондарға (нығыздалуға)] байланысты болады.

АЛМАСУЛЫҚ ӨЗАРАӘСЕРЛЕСУ – бөлшектер координаттарының орын ауыстыруына қатысты жүйенің толқындық функциясының симметриялық қасиеттерімен байланысты кванттық жүйелердің құрамына енетін бірдей (тепетең) бөлшектердің ерекше өзара ықпалы. Алмасулық өзараәсерлесудің классикалық физикада аналогы жоқ. Бірдей бөлшектердің (тепетеңдік принцип) бірінен-бірінің айырмашылығының болмау принципі салдарынан әлгіндей екі бөлшектің орын ауыстыруына, яғни олардың координаттарын және спиндерінің проекцияларына қатысты жүйенің толқындық функциясының белгілі бір симметрияға ие болуы қажет; бүтін спинді бөлшектер – *бозондар* осындай алмасуда симметриялы болуы үшін жүйенің толқындық функциясы өзгермейді, ал спині бүтіннің жартысына тең бөлшектер – *фермиондар* үшін таңбасын өзгертеді (антисимметриялы болады). Егер бөлшек арасындағы өзараәсерлеу күштері олардың спиндеріне

тәуелсіз болса, онда жүйенің толқындық функциясын екі функцияның көбейтіндісі түрінде өрнектеуге болады, бұлардың біреуі тек бөлшектердің координаттарына, ал екіншісі – тек олардың спиндеріне ғана тәуелді болады. Осы жағдайда тепе-теңдік принципінен бөлшектердің кеңістіктегі қозғалысын сипаттайтын толқындық функцияның координаттық бөлігі бірдей бөлшектердің координаттарын алмастыруға қатысты белгілі бір симметрияға ие болуы қажет. Осындай симметрияның болуы, жүйенің энергиясына (тіптен бөлшектер арасында күштік өзараәсерлесулер болмайтын жағдайда да) бірдей бөлшектердің қозғалысының өзара байланыстарының (қатынастарының) белгілі сәйкестіктері болатынын білдіреді (көрсетеді). Бөлшектердің біріне-бірінің ықпалы олардың арасында кез келген күштердің әсерінің нәтижесі болып табылады. Бірдей бөлшектердің өзара ықпалдары тепе-теңдік принципінен туындайды. Бұл жайт алмасулық өзараәсерлесудің ерекше өзараәсерлесуінің білінуі ретінде қабылданады.

АЛҒЫРЛЫҚ – кейбір физикалық нысанның ерекше қасиетке ие болу сипаттамасы.

Диэлектрлік алғырлық – диэлектриктің электр өрісінде полярлану қасиетін көрсететін сипаттама.

Магниттік алғырлық – магнетиктің магнит өрісінде магниттелу қасиетін көрсететін сипаттама.

АЛЫСӘСЕР – денелер арасындағы өзараәсерлесу кеңістік арқылы лезде тікелей жүзеге асырылады делінетін түсінік.

АЛЬБЕДО (латынша – аппақтық) – кез келген дене бетінің өзіне түскен сәулені шағылыстыру (шашырату) қасиетімен сипатталатын шама.

АЛЬФА-БӨЛШЕК, α – бөлшек – 2 протоны және 2 нейтроны болатын гелийдің (${}^4_2\text{He}$) ядросы. Массасы 4,00273 массаның атомдық өлшеу бірлігіне тең – $6,644 \cdot 10^{-24}$ грамм, спині мен магниттік моменті 0 (нөл).

АЛЬФА-ЫДЫРАУ, α – ыдырау – атом ядросының α – бөлшек шығаруымен қабаттасып өтетін ыдырауы. Осы ыдырау кезінде ядроның заряды (қарапайым заряд бірлігімен) 2 бірлікке, ал *массалық сан* – 4 бірлікке кемиді, мысалы ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$. Альфа-ыдырау кезінде бөлінетін энергия α -бөлшек пен ядро арасында бұлардың массаларына кері пропорционал бөлінеді. Егер ең соңғы ядро қозған күйде пайда болса, онда α -бөлшектің энергиясы осы қозған энергияға кемитін және керісінше, егер қоздырылған ядро (ұзын еркін жол жүру α -бөлшектері деп аталатын) ыдырайтын болса, онда артатын болады.

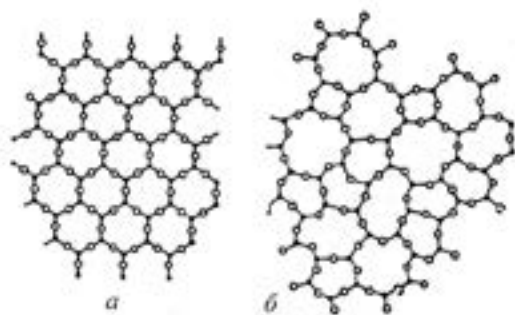
Бөлшектердің **потенциалдық бөгеуіл** арқылы өтуінің кванттық-механикалық сипатталуына негізделген альфа-ыдырау теориясын 1928 ж. американ физигі



Джордж (Георгий) **Гамов** (1904 – 1968) және ағылшын физигі Рональд **Герни** (1899 – 1953) мен американ физигі Эдвард **Кондон** (1902 – 1974) ашқан, α -бөлшек ядродан ұшып шыққанда потенциалдық бөгеуілден өтуі керек.

АМОРФТЫ КҮЙ (грекше «аморфос – пішінсіз») – қатты заттардың *изотроптық* қасиеттермен сипатталатын қатты күйі. Температура жоғарылаған кезде аморфты зат біртіндеп жұмсарып сұйық күйге ауысады. Бұл ерекшелік аморфты күйдегі заттардың қатаң периодтылығының болмауына байланысты туған. Кристалдарға қатаң периодтылық тән (сұлбадағы *a*-жағдай). Аморфты күйдегі заттардағы көрші бөлшектердің орналасуларында [жақын (таяу) реттілік деп аталған] сәйкестіктер бар (*b*-жағдай). Арақашықтық алшақтағанда бұл сәйкестік кемитін болады, бірнеше тұрақты

тор қашықтығындай аралықта әлгі сәйкестік мүлдем жойылады. Жақын реттілік сұйықтарға да тән, бірақ та *тұтқырлықтың* артуына байланысты көршілес бөлшектердің орындарының ауысу қарқындылығы бәсеңдейтін болады. Сондықтан да аморфты күйдегі қатты денені тұтқырлық коэффициенті жоғары, өте салқындалатын сұйық ретінде қарастыруға болады. Кейде



Параллель (а) және антипараллель (б) қарапайым токтардың өзараэсерлесуі.

«аморфтық күй» ұғымын сұйыққа да жалпылауға болады. Кристалдық күй *термодинамикалық* төменгі температураларда тұрақты болады. Бірақ та кристалдану үрдісіне молекулалардың «реттілікке келіп» үлгеруіне ұзақ уақыт қажет болуы мүмкін. Төменгі температураларда осы уақыт өте ұзақ болатындықтан, кристалдану күйі іс жүзінде іске асырылмайды. Сондықтан аморфты күй қорытпаны (балқыманы) тез салқындатқанда пайда болады. Мысалы, кристалл кварцты балқытып, соңынан балқыма тез салқындалатын күйде **аморфты кварцты әйнек** пайда болады. Бірақ та өте тез салқындалу көп жағдайда кристалданудың пайда болуына жеткіліксіз болады екен. Осының нәтижесінде көптеген заттарды аморфты күйде алу мүмкін болмайды. Солай бола тұрса да магниттік реттілігі бар бірқатар металдар-жартылайөткізгіштер алынған. Табиғатта аморфты күйдегі заттар кристалдық күйдегі заттардан аз кездеседі. Опал, обсидиан, янтарь, шайыр (смола), битум және полимерлер аморфты күйде бола алады. Аморфты полимерлердің құрылымы жақын (таяу) реттілікпен сипатталады.

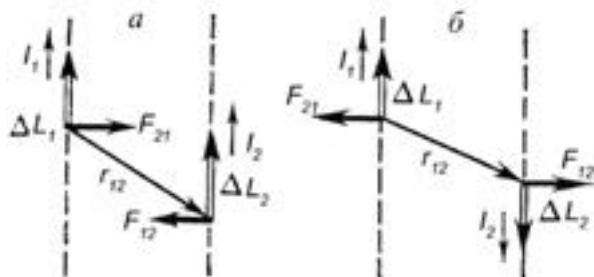
АМПЕР (А) – электр тогының Халықаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ) бірлігі. Ол вакуумда бірінен-бірі 1 метр арақашықтықта орналасқан көлденең қима-

сының ауданы өте кішкене шексіз ұзын екі параллель түзу өткізгіштен өзгермейтін $2 \cdot 10^{-7} \text{H}$ ток күшіне тең. Француз физигі Андре **Ампердің** (1775 – 1836) құрметіне аталған. $1 \text{A} = 3 \cdot 10^9 \text{СГСЭ бірлігі} = 0,1 \text{СГСМ бірлігі}$.

Ампер магниттік қозғаушы күштің де, Халықаралық бірліктер жүйесіндегі бірлігі де болып табылады. Мұның ескі атауы ампер-орам болатын. $1 \text{A} = 0,4 \pi \text{ гильберт} = 4\pi \cdot 3 \cdot 10^9 \text{СГСЭ бірлігі}$.

АМПЕР ЗАҢЫ – бір-бірінен біраз қашықтықта орналасқан екі өткізгіштің шағын кесіндісінен өтетін екі тоқтың механикалық (пондеромоторлық) өзара әсерлесу заңы. 1820 ж. француз физигі Андре **Ампер** (1775 – 1836) тұжырымдаған.

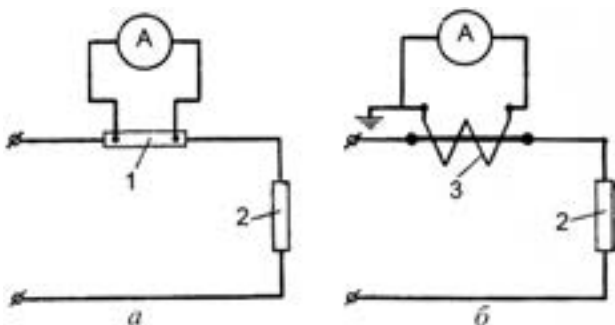
Бір өткізгіш кесіндісіндегі токтың екінші бір өткізгіш кесіндісіндегі токқа әсер ететін және керісінше, екінші өткізгіш кесіндісіндегі токтың бірінші өткізгіш кесіндісіндегі токқа әсер ететін күштерінің абсолюттік шамалары тең, бірақ жалпы жағдайда осы күштер бір түзудің бойында жатпайды және де әсер мен қарсы әсер принципін қанағаттандырмайды. Дербес жағдайда, егер өткізгіш кесінділерінен өтетін токтар параллель, әрі бағыттас болса, онда осы өткізгіштердегі токтардың өзараәсерлесу күштері өткізгіш кесінділерін бір-біріне жақындатуға әрекеттенеді, ал егер өткізгіштерден өтетін токтар параллель әрі қарама қарсы бағытта болса, онда өткізгіштердегі токтар өздері өтіп тұрған өткізгіштерді бір-бірінен алшақтатуға әрекеттенеді. Өткізгіштерге әсер ететін күштердің бағыттары *бұранда ережесі* бойынша анықталады.



Параллель (а) және антипараллель (б) қарапайым токтардың өзараәсерлесуі.

Тұрақты ток жағдайында өткізгіштен өтетін токтың жеке бөлігін оқшаулауға болмайды, оның себебі тұрақты ток тізбегі әрқашанда тұйықтаулы болады. Тәжірибе жүзінде тек тұйықталған бір токтың екінші бір тұйықталған токқа тигізетін әсер күшін немесе бір токқа екінші токтың *электр өрісінің* тигізетін күшін ғана өлшеу мүмкін болады. Осы күш токтың әрбір бөлігіне екінші токтың магнит өрісі (сонымен қатар магнит өрісі токтың бүкіл бөлігі үшін *қорытқы күш* болып есептеледі) тарапынан әсер ететін күштердің векторлық қосындысына тең болады. Тұйық токтардың өзараәсерлесуінің әрекеттері тиетін күштер үшін *әсер мен қарсы әсердің* тепе-теңдік принципі тура (ақиқат) болады. Ампер заңы негізінде *Халықаралық бірліктер жүйесінде* (СИ-де) ток күшінің эталоны белгіленген.

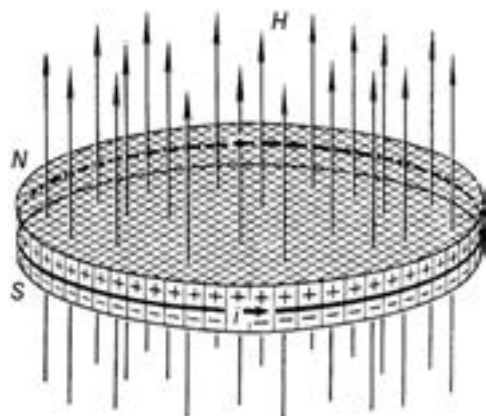
АМПЕРМЕТР – электр тогының күшін өлшеуге арналған аспап. Өлшеулердің жоғары шектеріне сәйкес килоамперметр, миллиамперметр, микроамперметр және наноамперметрлер болып ажыратылады. Амперметр ток тізбегіне тізбектей қосылады. Өлшеу қателігін болдырмау үшін амперметрдің кіріс кедергісінің аз болуы қажет. Қарапайым амперметрдің негізгі бөлігі электрөлшеуіш механизмнен (магнитэлектрлік, электр-магниттік, ферродинамикалық) құралған болады.



Амперметрді жалғау сұлбасы: а – шунтпен (1 – шунт, 2 – жүктеме); б – ток трансформаторы (3) арқылы.

АМПЕР-САҒАТ (А·сағ; А·h) – электр мөлшерінің жүйеден тыс өлшеу бірлігі. Амперсағат – бойымен 1А ток өтетін өткізгіштің көлденең қимасы арқылы 1 сағ уақытта өтетін электр мөлшері. А·сағ = 3600 Кл-ға (кулонға) тең. Әдетте аккумулятордың заряды А·сағ-пен өлшенеді.

АМПЕР ТЕОРЕМАСЫ (грекше «теорема – қарастырамын»), шекті жұқа жазық магнит өрісі («магниттік қабатының», қарапайым біркелкі магнетиктерден құралған) осы магниттің контуры бойынша өтетін (ағатын) сызықтық токтың өрісіне тепе-теңдігін тұжырымдайды. Мұны 1820 ж. француз физигі Андре Ампер (1775 –1836) тұжырымдаған. Ампер теоремасы бойынша, егер магниттік



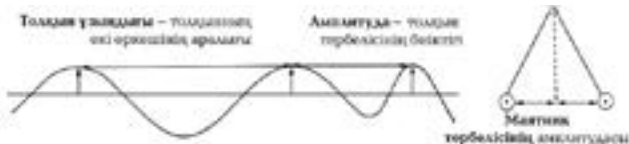
«Магниттік қабат»: N және S – қарапайым магниттік дипольдердің солтүстік және оңтүстік полюстері; H – дипольдердің қорытқы магнит өрістері; i – H өріске тепе-тең өріс тудыратын дөңгелек ток

қабат құрайтын дипольдердің (қарапайым магнетиктердің) магниттік моменттерінің тығыздығы сан жүзінде ток күшіне (i) тең болған жағдайда, дөңгелек сызықтық ток күші (i) магнит өрісіне (H) тепе-тең (эквивалентті) болады. Осы теоремадан тұйық тұрақты токтың магнит өрісін жалған (фиктивті) «магнит зарядтары» ретінде қарастыруға болады, сол себепті тұрақты электр токтарының магнит өрістерін зерттеу мәселесін магнитстатикада қарастыруға болады.

АМПЛИТУДА (латынша – шама), тербелістердің амплитудасы – гармониялық



тербеліс жасаушы (мысалы, маятниктің тепе-теңдік қалпынан ауытқуы, электр тогы күшінің мәні және айнымалы ток кернеуінің) дененің тепе-теңдік қалпының (орташа шамасынан немесе нөлдік ретінде қабылданған шамадан) мүмкін болғанша ең алшақ ауытқуы. Ауытқу шамасы тербелістің толық периоды (қайталануының) жасалған кезде өзінің ең алшақ ауытқу мәніне екі рет жетеді. Қарапайым түсінікте амплитуда – тербелістің құлашы, ені болып табылады. Тербеліс амплитудасы тұрақты шамы.



Тербеліс амплитудасы жиірек едәуір кең мағынада – периодты заңдылықпен тербелетін шамаларға қатысты да қолданылады; бұл жағдайда тербеліс амплитудасы бір периодтан екінші периодқа өткенде өзгеруі мүмкін.

Тербеліс амплитудасы жиірек едәуір кең мағынада – периодты заңдылықпен тербелетін шамаларға қатысты да қолданылады; бұл жағдайда тербеліс амплитудасы бір периодтан екінші периодқа өткенде өзгеруі мүмкін.

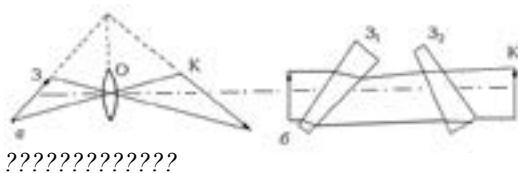
АМПЛИТУДАЛЫҚ МОДУЛЯЦИЯ (латынша «модуляция – өлшем, өлшемділік») – тербелістің жиілігінен едәуір төменгі жиілікке өтетін тербелістер (электрлік, механикалық) амплитудаларының периодты өзгерісі. Бұл модуляция радио- және оптикалық, радиолокациялық, акустикалық локациялық т.б. байланыстарда қолданылады. Мысалы, радиохабарлар таратуда дыбыстық тербелістер төменгі жиілікті электрлік тербелістерге (модуляциялық сигналға) түрлендіріледі, осы электрлік тербелістер радиотаратқыштар тарататын жоғары жиілікті тербелістерді периодты түрде өзгертеді (яғни модуляциялайды).

АНАГЛИФТІК ТҮСТЕР ӘДІСІ (грекше «анаглифос – бедерлі») – бір нысанның ақ-қара екі кескінін әртүрлі түске бояп немесе сәйкес сүзгілерден өткізіп, экранға түсіру арқылы **стереоскоптық кескін** шығару әдісі. Стереожұп құрайтын кескіндер объективтің оптикалық өстерінің арасы белгілі бір қашықтықта (суретке түсіру базасы) болатындай жағдайда қосымша түстерде (мысалы, қызыл және жасыл) суретке түсіріледі, сонан соң әлгі кескіндерді көретін (яғни бақылаушы) адам оң және сол көздерге арналған әртүрлі жарық сүзгілер болатын *стереоскоп* арқылы қарайды. Егер, мысалы, оң көзбен қаралатын кескін қызыл түске, ал сол көзбен қаралатын кескін жасыл түске боялған болса, онда стереоскоптың оң жақтағы жарықсүзгісі жасыл түсті, ал сол жақтағысы – қызыл түсті болуы қажет. Осының нәтижесінде әрбір көз тек «өзіне» арналған боз түсті байқайтын болады. Осы жеке-жеке кескіндерді адам жалғыз көлемді ақ-қара кескін түрінде байқайды. Осы әдіс көлемді суреттер, стереоскопты фильмдер түсіру кезінде пайдаланылады.

АНАЛОГ (грекше «аналогос – сәйкес, өлшемдес») – өзге затқа, құбылысқа немесе ұғымға сәйкес болатын бір нәрсе.



АНАМОРФТАУ (грекше «анаморфо – түрлендіремін») – нысан кескіндерінің сыртқы пішіндерін оптикалық немесе өзгедей тәсілімен өзгерту (түрлендіру). Анаморфтау арнайы оптикалық жүйелер, сондай-ақ заттың және (немесе) экранның жазықтығын көлбеулету арқылы жүзеге асырылады. Кескіндерді анаморфтау үшін цилиндрлік линзалар және оптикалық айналар, сыналқы және басқа оптикалық жүйелер қолданылады. Екі өзара перпендикуляр бағытталған кескіндердің созылып ұлғаюының қатынасы анаморфтау (анаморфоздар) коэффициенті деп аталған. Тік және көлденең бағыттарда біркелкі кішірейтіліп сығымданған немесе созылған анаморфтау көп таралған (әсіресе кинотехникада).



АНГСТРЕМ (Å) – ұзындықтың жүйеден тыс бірлігі; $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м} = 10^{-8} \text{ см} = 0,1 \text{ нм}$ (нанометр). Оптикада, атомдық физикада қолданылады; швед физигі әрі астрономы Андерс **Ангстремнің** (1814–1874) құрметіне аталған.

АНИЗОТРОПИЯ (грекше «анизос – бірдей емсе» + «тропос – бағыт») – заттардың физикалық қасиеттерінің (механикалық, оптикалық, магниттік, электрлік т.б.) бағыттарға тәуелділігі. Табиғи анизотропия – кристалдарға тән қасиет; мысалы, слюда пластинкасы белгілі бір жазықтықта (осы жазықтықта бөлшектер арасындағы ілінісуі күші ең аз шамаға тең) жұқа қабыршақтар қабаттарға ажырап бөлінеді. Кристалдардың кейбір қасиеттерінде (мысалы, тығыздығы және меншікті жылу сыйымдылығында) анизотропиялық қасиеттер жоқ. Мысалы, жарықтың мөлдір кристалдарда таралуы кезінде (кубтық торлы кристалдардан өзгелерінде) *жарық қосарланып сыну* құбылысына ұшырайды және әртүрлі бағыттарда әрқилы полярланады.

Кристалдардың анизотропиясының себебі – олардағы бөлшектердің реттілікпен орналасуының салдары болып табылады. Кейбір сұйықтардың, әсіресе **сұйық кристалдардың** анизотропиясы молекулалардың асимметриясымен және олардың белгілі бір бағытқа бағдарлануына байланысты туындаған. Поликристалды материалдардың барлығы дерлік *изотропты*. Бұлардың анизотропиялық қасиеттері олардың өңделуінің (жасытудың, сығымдаудың) нәтижесінде текстура жасалғанда пайда болады. Анизотропия кристалл емес заттарда да байқалады. Мысалы әйнек шынықтырылғанда анизотропиялық қасиет пайда болады. Кристалдар мен изотропты орталарда **электр өрісінің ықпалымен жасанды оптикалық анизотропия** түзіледі.

Магниттік анизотропия – денелердің магниттік қасиеттерінің әрқилы бағыттарда әрқалай болуы.

Оптикалық анизотропия – орталардың оптикалық қасиеттерінің полярлану бағыттарына тәуелді айырмашылығының болуы.

Серпімділік анизотропиясы – заттардың серпімділік қасиеттерінің деформация жүзеге асатын бағытқа тәуелділігі.

АНИОН (грекше сөзбе-сөз – жоғары жүруші) – электр өрісінде *анодқа* қарай қозғалушы теріс зарядталған *ион*. Көптеген тұздардың, қышқылдардың және негіздердің ерітінділері мен балқымаларында кездеседі. Иондық кристаллдардағы теріс **зарядталған иондар** да анион деп аталған.

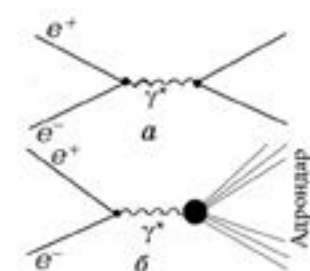
АННИГИЛЯЦИЯ (латынша «аннигилатио – жойылу, құру») **жұптар аннигиляциясы** – *қарапайым бөлшектер* мен оның *антибөлшектерінің* соқтығысулары кезінде өзге қарапайым бөлшектерге айналу үрдісі. Осы үрдіс кезінде қарапайым бөлшектер біржолата жойылып кетпейді, материяның бір түрінен екінші түріне айналады. Мысалы, аннигиляция нәтижесінде **электрон** мен **позитрон фотонға**,

ал **нуклон** мен **антинуклон** негізінен π және K -мезонға айналады. Энергия мен импульстің сақталу заңына сәйкес аннигиляция кезінде **ең кемі екі жаңа бөлшек бөлініп шығады**. Егер аннигиляцияға қатысатын бөлшектің бірі байланыста (атоммен, ядромен) болса, онда бір ғана бөлшектің бөлініп шығуы мүмкін. Аннигиляция үрдісін алғаш 1930 ж. бақылаған ағылшын физигі Патрик **Блэкетт** (1897 – 1974) болғанмен, оны дәлелдеген және соның нәтижесінде жасанды позитрондық *радиоактивтілікті*

ашқан француз физигі **Фредерик Жолио-Кюри** (1900 – 1958) болады. Аннигиляцияға кері үрдіс – қос бөлшектердің пайда болуы да байқалған. Мысалы, энергиясы 1,02 МэВ-тан жоғары *фотон электрон* мен *позитронға* айналады. Бұл үрдістің теориясын релятивтік **кванттық механика** негізінде ағылшын физигі **Поль Дирак** (1902–1984) тұжырымдады.

Алғашқы кезде аннигиляция атауымен электронмен оның карама-қарсы антибөлшегі – позитронның бір-бірімен соқтығысуы кезіндегі *электромагниттік сәулеге* (фотонға немесе гамма-квантқа) айналуы аталған болса, кейіннен **қарапайым бөлшек пен оның антибөлшегінің аннигиляциясы** – қарапайым бөлшектердің өзара бірінің-біріне айналуының бір түрі деген анықтама орнықты.

Аннигиляция құбылысының болуы және антибөлшектердің кездесуі **Дирақтың** релятивтік теңдеуінен



Позитрон (e^+) мен электронның (e^-) фотон шығару аннигиляциясы

Аралық күйлі виртуалды фотонды аннигиляция (а), виртуалды фотонды аннигиляция (б)

туындаған болатын. 1932 ж. ғарыштық сәулелер құрамынан *позитрон* табылған, ал 1933 ж. электрон-позитрон (e^+ және e^-) жұбының аннигиляциясы тіркелген. e^+ және e^- жұптарының аннигиляциясы кезінде зарядтық жұптың сақталу заңы бойынша жұп санды γ -кванттар пайда болған. Адрондық соқтығысуларда жоғары энергиялар кезінде μ^+ μ^- жұптарының туу үрдісіне *кварктер* мен *антикварктердің* электромагниттік аннигиляциясы себеп болады.

АНОД (грекше «анодос – жоғары қарай қозғалыс») – 1) электрондық немесе иондық аспаптардың **ток көзінің оң полюсімен** жалғастырылатын *электроды*.
 2) Электрлік ток көзінің (гальвани элементінің, аккумулятордың) оң электроды.
 3) *Электр доғасының* оң электроды.

АНОДТЫҚ ЖАРҚЫРАУ – анодта газдардың электр разряды пайда болған кезде байқалатын жарқырауық аймақ. Бұл жарқырау потенциалдың анодтық түсуі кезінде үдетілетін электрондармен қоздырылған газ атомдарының қозбаған күйге ауысу үрдісі (процесі) салдарынан туындайды.

АНОДТЫҚ ТОК – электрвакуумдық аспаптың аноды арқылы өтетін электр тогы. Электрвакуумдық аспаптардың электрондық ағынының шамасымен анықталады. Бұл ток орталардың, импульстік және амплитудалық анодтық токтарға ажыратылған.

АНОДТЫҚ ТҮСУ, **кернеудің анодтық түсуі** – анод пен *солғын разрядтың* немесе *доғалық разрядтың* оң бағанының соңы арасындағы потенциалдың айырымы. Анодтық түсу оң иондардың пайда болу шарттары мен олардың оң бағанындарының диффузияларымен анықталады. **Анодтық түсу оң да және теріс те бола алады.** Анодтың өлшемдері кіші болған кезде анодтық түсу әдетте оң; қуыс анод және оның катодты қоршап орналасатын кезінде анодтық түсу теріс болады.

АНОМАЛИЯ (грекше «*a...* – емес, + (номос – заң, норма)» – қалыпты жағдайдан ауытқу немесе бұрыннан қалыптасқан күйден өзгеру.

Ауырлық күш аномалиясы – гравитациялық аномалия дегеннің өзі.

Гравитациялық аномалия – бақылау бойынша анықталған және формула бойынша есептелген қалыпты ауырлық күштер мәндерінің арасындағы айырымы.

Магниттік аномалия – жердің магнит өрісінің бақылаулар бойынша анықталған мәнінің оның есептеліп табылған мәнінен ауытқуы.

Жарық дисперсиясының аномалиясы – толқын ұзындығының (λ) кемуіне байланысты заттың сыну көрсеткішінің (n) кемуі.

АНТИ... (грекше «анти... – қарсы...») – күрделі сөздің алғашқы бөлігінде қарама-қарсылықты аңғартатын қосымшасы. Мысалы, *антибариондар*.

АНТИБАРИОНДАР – *бариондарға* қатысты антибөлшектер. Бұлардың спиндері бүтіннің жартысына тең (*фермиондар* болып табылады). Электрлік зарядталған антибариондар сәйкес бариондардың электр зарядтарына қарама-қарсы бариондар мен антибариондардың спиндерінің бірдей полярлануы кезіндегі магниттік моменттерінің бағыттары қарама-қарсы болады. Антибариондар мен бариондардың соқтығысуы кезінде олар бірнеше *мезондарға аннигиляцияланады*. Антибариондар мен бариондардың «өмір сүру» уақыты бір-бірімен үйлеседі.

АНТИБӨЛШЕКТЕР – массалары, спиндері және басқа физикалық қасиеттері, осылардың «егіздерінің»-«бөлшектердің» мәндеріндей болатын, бірақ олардан өзараәсерлесуінің кейбір сипаттамаларының (электр зарядының, магниттік моменттерінің) таңбалары қарама-қарсы болатын *қарапайым бөлшектер*.

Антибөлшектердің табиғатта кездесетіндігі туралы қорытындыны ең алғаш рет 1931 ж. ағылшын физигі Поль **Дирак** (1902 – 1984) болжаған. Дирак электронға арналған релятивтік (салыстырмалық) кванттық теңдеуді қорытып шығарғанда бұл теңдеу электр зарядына қатысты түрде симметриялы болып: теріс зарядталған электронмен бірге массасы электрондыкімен бірдей оң зарядты бөлшектің – **антиэлектронның** болатынын сипаттаған. Дирақтың теориясы бойынша қарапайым бөлшектер мен антибөлшектер соқтығысқанда олардың *аннигиляцияға* ұшырауы – осы екі жұптың жойылуы қажет, соның нәтижесінде екі немесе одан да көп қарапайым бөлшектердің, мысалы фотондардың туындауы қажет. 1933 ж. америка физигі Карл **Андерсон** (1905 – 1991) антиэлектронды – *позитронды* тәжірибе жүзінде ашқан. Позитронның ашылуы **Дирак теориясының расталуы болды**. Сол кезден бастап өзгедей антибөлшектер іздестіріле басталды. 1936 ж. ғарыштық сәулелерден теріс және оң зарядты *мюондар* ашылған. 1947 ж. ғарыштық сәулелердің мюондары бірнеше ауыр бөлшектердің пи-мезондардың ыдырауынан туатыны анықталды. 1955 ж. үдеткіштермен жүргізілген тәжірибелер нәтижесінде *антипротондар* ашылған. Көп кешікпей *антинейтрино* ашылған. 1981 жылға қарай іс жүзінде қазіргі кездегі барлық белгілі қарапайым бөлшектер анықталып болған.

Антибөлшектерден кәдімгі бөлшектерден зат құрастыру секілді *антизат* құрастыру принципі мүмкін нәрсе. Бірақ антибөлшектердің бөлшектермен кездесуі кезіндегі аннигиляция антибөлшектердің заттарда азды-көпті біршама ұзақ уақыт тұрақты түрде «өмір сүруіне» мүмкіндік бермейді. Антибөлшектер қарапайым *бөлшектермен* тікелей жанаспайтын жағдайда ғана ұзақ уақыт «өмір сүреді».

Бөлшек пен антибөлшек соқтығысқанда олар «жойылып» материяның басқа түріне айналады. Табиғат та кездесетін немесе жасанды түрде алынған негізгі

қарапайым бөлшектер мен олардың антибөлшектері: *электрон* мен *позитрон*, μ^+ мен μ^- -мезондар, π^+ мен π^- және K^+ мен K^- -мезондар, *протон* мен *антипротон*, *нейтрон* мен *антинейтрон*, *нейтрино* мен *антинейтрино*. Теориялық есептеулер нәтижесінде белгілі болған Σ^+ және Σ^- -гиперондар тәжірибе жүзінде алынды. Сонымен, негізгі қарапайым бөлшектердің зарядтыларының да, бейтараптарының да антибөлшектері бар. **Массалары бірдей, ал зарядтарының таңбалары қарама-қарсы кез келген екі бөлшек бір-біріне антибөлшек бола алмайды.** Мысалы, Σ^+ және Σ^- -гиперондардың әрқайсысының өзіне тән антибөлшектері бар. Қазіргі кездегі белгілі қарапайым бөлшектердің ішінде π^0 , ρ^0 , ξ , W -мезондар мен *фотонның антибөлшегі табиғаттан әзірше кездестірілген жоқ*, егер олар бар болса, барлық физикалық қасиеттерінде ешбір айырмашылығы болмауы мүмкін. Бұлар **абсолют** немесе **ақиқат** бейтарап бөлшектер деп аталады. Абсолют бейтараптылықты – жай электрлік бейтараптылықпен шатастырмау керек.

АНТИЗАТ – *антибөлшектерден* құралған материя. Заттардың атом ядросы протондар мен нейтрондардан, ал электрондардың атомдардың қабықшаларын құрайтын белгілі. Антизат ядросы *антипротондар* мен *антинейтрондардан* құралған, ал оның электрондарының орнына *позитрондар* жайғасқан. Мұндай заттың болатынын 1931 ж. ағылшын физигі Поль **Дирак** (1902 – 1984) алдын ала болжаған. Дирақтың релятивтік (салыстырмалық) электронға арналған теңдеуінен электронның қарама қарсы егізінің (массасы электрондікімен бірдей, тек заряды оң) шешімі шығарылған. Ол кездері (1931 жылы) оң зарядталған бөлшек – *протон* ғана белгілі болатын-ды. Бұл бөлшектің қасиеттері электрондікінен мүлдем өзгеше болатын. Теорияшыл физиктер протонның әлгі болжанған оң зарядты бөлшектен едәуір өзгеше екенін анықтаған. 1932 ж. американ физигі Карл **Андерсон** (1905 – 1991) ғарыштық сәулелердің құрамынан оң зарядты **антиэлектронды** (қазіргі кезде бұл бөлшек – *позитрон* деп аталған) тәжірибе жүзінде анықтаған.

1955 ж. АҚШ-та Берклидегі үдеткіште физиктер Эмилио **Сегре** (1905 – 1989) мен Оуэн **Чемберлен** (1920 – ?) бірлесіп мыс ядросымен протондардың соқтығысулары кезінде *антипротондардың* пайда болатынын ашқан. 1956 ж. *антинейтрон* ашылған. 1965 ж. американ физигі Леон **Ледерман** (1922 – ?) *антидейтронды* ашқан. Қазіргі кезге дейін көптеген қарапайым бөлшектердің сәйкес антибөлшектері ашылған.

Нейтронның зарядсыз бөлшек екені белгілі, сол себепті антинейтрон да зарядсыз бөлшек. Бірақ та антинейтрон нейтронмен және протонмен кездескен кезде аннигиляцияланады. Нуклондардың антибөлшектерінің аннигиляциялық «өнімі» – (π -мезондар болып табылады.



Фотонның және бейтарап π -мезонның антибөлшектері болмайтындықтан, бұлар өздерінің **антибөлшектерімен пара-пар** деп есептеледі.

Антибөлшектер ашылған соң әрі олардың болатыны ғылыми тәжірибелер жүзінде расталғаннан кейін бізді қоршаған ортада ядролары антибөлшектерден құралған **антиатомдардың** да болуы мүмкін деген пайымдау жасау орынды болмақ. Әлгі атомдардың қабықшаларында **электрондар** емес **позитрондар** құрайтын болмақ. Осы жағдайда принципті түрде ештеңе өзгермек емес. Кәдімгі **сутекі** атомының орнына **антисутекі** атомы болмақ. Осы **антиатомдардан** құралған заттар **антизаттар** болмақ. Табиғатта болатын симметриялық қасиеттерге негіздей отырып қоршаған ортамыздың тең жартысы, яғни Ғаламдағы барлық атомдардың тең жартысы **антизат** болады деп болжауымыз орынды. Бірақ, егер де Жерде немесе біздің Галактикамызда антизаттар болса, онда олар ұзақ мерзім «өмір сүре» алмас еді, себебі олар әп-сәтте кәдімгі заттармен аннигиляцияланып энергия бөлу нәтижесінде [(бұл энергия сутегі бомбасы қопарылғанда бөлінетін энергиядан 40 еседей мол болмақ)] «жойылып» кетер еді. Көптеген қарапайым бөлшектердің антибөлшектерін шығарып алу тәжірибелері негізінде ғалымдар нақты атом ядроларынан антизат құрастыру жөнінде әрекеттеніп, ғылыми тәжірибелер жүргізген. 1965 ж. АҚШ-тың Колумбия университетінде тәжірибе жүзінде алғаш рет **антидейтрон** – *антипротон* мен *антинейтронның* бір-бірімен байланысқан күйі шығарылған. Ол ауыр су атомының ядросына сәйкес болған. Осы ғылыми тәжірибеде 30 миллиард эВ энергиялы протондар ағынымен бериллий атомдары атқылған, соның нәтижесінде жаңадан пайда болған бөлшектердің арасында *дейтрон* массасына тең теріс зарядты бөлшектер де кездескен.

1971 ж. Кеңес Одағының физиктері Серпухов синхрофазотронында екі антипротоннан және бір антинейтроннан құралған **антигелий 3-тің ядросын** шығарған. Осылайша Жер жағдайында кездесетін химиялық элементтердің қарама-қарсы атомдарын шығарып алу мүмкін болған. Әзірше бөлшектер үдеткіштерінің ядроға көптеген нуклондарды біріктіруге энергиялары жетіспейтін секілді.

Антиэлементтер ядролары өте қысқа мерзімде ғана «өмір сүретіндігін» ескертін болсақ, олар әдеттегі элементтер ядроларымен соқтығысып, аннигиляцияланып, гамма-сәулелерге айналады. Сол себепті антиядро алу жеткіліксіз, оны әлгі қысқа мерзім ішінде тіркеп үлгеру қажет. Көз жетерлік ғаламның бір түкпірінде антизаттардың бар немесе жоқ екені бізге беймәлім, бірақ та бұл теория жүзінде мүмкін болатын құбылыс.

АНТИДҮНИЕ – Ғаламның қиялданған антизаттардан құралған жеке жұлдыздар немесе галактикалар түріндегі бір бөлігі. Антизат пен антидүние туралы алғашқы болжамды 1933 ж. ағылшын физигі Поль **Дирак** (1902 – 1984) ұсынған. Бұл болжам әлі расталмады немесе жоққа шығарылмады. Теориялық есептеулер мен астрофизикалық бақылаулар да бұл жайтты растап та немесе дәйексіз деп дәлелдей де алмады. Физикалық заңдар *антизат* пен кәдімгі затқа бірдей қолданылатын болғандықтан, жұлдыз бен антижұлдыздың немесе галактика мен антигалактиканың ғалам кеңестігіне шығаратын электрмагниттік сәулелерін оптикалық немесе радиоастрономиялық тәсілдермен ажыратуға болмайды. Теориялық болжамдар бойынша жұлдыздар нейтриноны, ал антижұлдыздар антинейтриноны шығармақ. Бірақ қазіргі ең кемелдендірілген аспаптардың өзі де бұл бөлшектерді бір-бірінен ажырата алмайды. Сондықтан әзірше антидүние туралы қалыптасқан ғылыми ұстаным орныққан жоқ.

АНТИКВАРКТЕР – мезондар мен антибариондарды құрайтын кварктерге қатысты антибөлшек. Адрондардың құрама моделдеріне сәйкес мезондар антикварктер мен кварктердің байланысқан, ол антибариондар – үш кварктің байланысқан күйлері болып табылады. Антикварктердің спині $\frac{1}{2}$ -ге, бариондық заряды $\frac{1}{3}$ -ге тең. Антикварктердің электр заряды сәйкес кварктердің зарядтарына қарама-қарсы.

АНТИНЕЙТРИНО ($\bar{\nu}$, $\bar{\nu}$) – нейтриноға қатысты *антибөлшек* болып табылатын бейтарап *қарапайым бөлшек*. Антинейтриноның спині $\frac{1}{2}$ -ге тең. Нейтриноның екі түріне сәйкес, антинейтриноның да электрондық (реакцияларға электронмен немесе позитронмен бірге қатысады) және мюондық (реакцияларға мюондармен бірге қатысады) таондық түрлері бар.

АНТИНЕЙТРОН (\bar{n} , \bar{n}) – нейтронға қатысты *антибөлшек*. Нейтрон тәрізді антинейтрон да электрлік қасиеті жағынан бейтарап бөлшек. Антинейтронның массасы нейтрон массасына тең. Олардың магниттік моменттерінің абсолюттік шамалары бірдей, бірақ таңбалары қарама-қарсы болады. Антинейтрон алғаш рет 1956 ж. америка физиктері **Б.Корктың**, **Г.Ламбертсонның**, **Орест Пиччионидің** (1915 – ?) және **В.Венцельдің** антипротондар шоғын шашыратуға арналған тәжірибелерінде ашылған. Нысана ядросымен соқтығысқанда, антипротон ядро құрамындағы протонның біреуіне өзінің теріс зарядын бере алады (немесе оның оң зарядын алады). Осы үрдіс (процесс) кезінде қос бөлшек – **нейтрон және антинейтрон** пайда болады. Басқа ядро құрамындағы нейтронмен немесе протонмен соқтығысу кезінде аннигиляциялауы антинейтриноның пайда болуының куәсі болып табылады. Антинейтрон фотоэмульсия, *Вильсон камерасы* тәрізді тіркеуші

аспаптарда із қалдырмайды. Бірақ аннигиляция кезінде бір нүктеден тарайтын бірнеше зарядты бөлшектердің іздері пайда болады.

АНТИНУКЛОН – нуклонға қатысты *антибөлшек*. Антинуклондар арасындағы ядролық өзараәсерлесу антизаттар атомдарының ядроларын түзуге, ал антинуклон мен нуклонның арасындағы ядролық өзараәсерлесу *барионияның* түзілуіне әкеп соғады.

АНТИПРОТОН (\bar{p} , \bar{p}) – протонға қатысты *антибөлшек* болатын тұрақты қарапайым бөлшек. Антипротон мен *протонның* массалары мен *спиндері* тең. Олардың зарядтары мен *магниттік моменттерінің* абсолюттік шамалары да бірдей, бірақ таңбалары қарама-қарсы Бориондық саны $B = -1$. Антипротонды алғаш рет 1955 ж. протондық үдеткіште (ең жоғары энергиясы 6,3 ГэВ) американ физиктері: Оуэн **Чемберлен** (1920 – ?), Эмилио **Серге** (1905 – 1989), К.**Виганд** және **Т.Ипсилантистер** ашқан. *Бариондар* санының сақталу заңы бойынша тек протонмен жұптасып пайда болады (немесе, егер электр зарядының сақталу заңы мүмкіндік берсе нейтронмен қосақтасып пайда болады). Протонмен аннигиляцияланған кезде (орташа есеппен) 4–5 π -мезон туады

АНТИСЕГНЕТЭЛЕКТРИК – күшті электр өрістерінде айтарлықтай *диэлектрлік өтімділігінің* температуралық тәуелділігінің аномалиясы және Гистерезисі болатын фазалық ауысуға қатысатын сегнетэлектр болып табылмайтын диэлектрлік кристалл.

АНТИФЕРРОМАГНЕТИЗМ – кристалдық заттардың көрші атомдарының магниттік моменттерінің барлығының немесе бір бөлігінің кристалдың қарапайым ұясының (ұяшығының) қосынды магниттік моменттері нөлге тең (немесе атом моментінің аздаған үлесін құрайтын) болатын антипараллель бағыттағы магниттік реттелген күйі. Антиферромагнетизм *Неель нүктесінен* төменгі температурада орын алады. Антиферромагнетизмнің пайда болуына ауыспалық өзараәсерлесу себепші болған. Ауыспалық өзараәсерлесуге спиндерді (яғни магниттік моменттерді) антипараллель орнатуға әрекеттенеді. Көпшілік антиферромагнетизм – иондық қосылыстар. Металдық антиферромагнетизмде ауыспалық өзараәсерлесуге өткізгіштік электрондар маңызды үлес қосады. Ауыспалық өзараәсерлесудің антиферромагнетизмге әкеп соғатынын алғаш болып 1932 ж. француз физигі Луи **Неель** (1904 – ?) болжады. Температура Неель температурасынан артық болған кезде, жылулық қозғалыстың энергиясы ауыспалық өзараәсерлесу энергиясынан артады да зат парамагнетик қасиетке ие болады (парамагнетик – парамагнетизмді айғақтаушы зат). Егер температура мен Неель температурасы теңелгенде ауыспалық энергия мен жылулық энергия теңеседі де

затта антиферромагнетизм пайда болады. Көпшілік жағдайда Неель нүктесіндегі ауысу 2-текті *фазалық ауысу* болып табылады.

АНТИФЕРРОМАГНЕТИК – Неель нүктесінен төменгі температурада атомдық магниттік моменттері антиферромагниттік реттелген заттар. *Антиферромагнетиктер* сыртқы магниттік өріс әсерінен әлсіз магниттеледі. Температура *Неель нүктесінен* жоғарылағанда магниттілігі жойылып, парамагниттік күйге ауысады. Антиферромагнетикке қатты оттегі, хром, α -марганец жатады.

АНЫҚТАЛМАҒАНДЫҚ ҚАТЫНАС, анықталмағандық принцип – кванттық теорияның кез келген физикалық жүйенің инерция және импульсі мен координаттары бір мезгілде толық белгілі, дәл мәндер қабылдайтын күйлерде бола алмайды деп тұжырымдалатын іргелі ережесі. Бұл қатынас сан жүзіндегі мөлшерде былай тұжырымдалады: егер Δx – жүйе инерция орталығының координаты x -тың анықталмағандық мәні, ол Δp_x – импульстің (\mathbf{p}) x өсіне түсірілген проекциясы болса, онда осы екі анықталмағандықтардың көбейтіндісі реті бойынша Планк тұрақтысының (h) мәнінен кем болмауы тиіс. Осы физикалық шамалардың орташа мәндерінің түрі мынадай болады $\Delta p_x \Delta x \geq \hbar/2$, $\Delta p_y \Delta y \geq \hbar/2$, $\Delta p_z \Delta z \geq \hbar/2$.

Планк тұрақтысының (h) анықталмағандық қатынас әсерлерінің өлшемдері макроскопиялық шамалармен салыстырғанда аз болатындықтан макроскопиялық денелермен жасалған тәжірибелерде білінбейді.

Анықталмағандық қатынастан шамалардың жоғарыда жазылған теңсіздіктерінен оған енген бір шама қаншалықты дәл анықталатын болса, өзге шаманың мәні соншалықты дәл анықталмайтын болады. Ешқандай тәжірибе осындай динамикалық айнымалы шамаларды бірімсіздікте дәл өлшеуге мүмкіндік туғызбайды.

1927 ж. неміс физигі Вернер **Гейзенбергтің** (1901 – 1976) ашқан анықталмағандық принципі атом ішілік құбылыстардың заңдылықтарын анықтауда және *кванттық механиканы* тұжырымдауда маңызды кезең болды. *Микроскопиялық* объектілердің маңызды ерекшелігі олардың корпускулалық-толқындық табиғаты болды. Бөлшектердің күйлері толықтай толқындық функциямен анықталады. Бөлшектер толқындық функциясы кеңістіктің кез келген нүктесінде анықтала алады. Сондықтан, мысалы, координаттарды анықтауға арналған ғылыми тәжірибелердің нәтижелері ықтималдық сипатта болады. Бұл жайт бірдей жүйелерде жүргізілген бір сарынды тәжірибелер әрбір жағдайда әртүрлі нәтижелер береді. Бірақ та кейбір мәндердің, өзгелермен салыстырғанда ықтималдағы жиірек кездеседі.

Сонымен, координаттар және импульс ұғымдары классикалық мағынада микроскопиялық нысандарға (объектілерге) бірден қолданыла алмайды. Микроскопиялық объектілерді сипаттау кезінде осы шамаларды пайдаланғанда

оларды түсіндіруде кванттық түзетулер енгізу қажет. Осындай түзету анықталмағандық қатынасы арқылы табылады.

АПЕРТУРА (латынша – саңылау) – оптикалық жүйенің, линзалардың, айналардың немесе *диафрагмалардың* өлшемдерімен анықталып, әсер ететін саңылауы.

АРАЛАС КҮЙ, күйлер қоспасы – кванттық-механикалық жүйедегі негізгі күйден айырмашылығы бар жеке толқындық функциямен сипатталмайтын күй. Аралас күйде жүйенің күйін анықтайтын тәуелсіз физикалық жеке шамалардың жиынтығы берілмейді, тек толқындық функцияны сипаттайтын жүйенің әртүрлі кванттық күйлерін табу ықтималдықтары ғана анықталатын болады. Аралас күйдің күйлер суперпозициясынан айырмашылығы, әрқилы кванттық күйлер өзара интерференцияланбайды, себебі орташа мәнді анықтау кезінде толқындық функциялар қосылмайды, орташа мәндер ғана анықталады. Аралас күйге бөлшектердің полярланбаған шоқтары, *термостаттағы* газ мысал бола алады. Аралас күй ұғымының кванттық статистикада және кванттық механикадағы өлшеулер теориясында маңызы бар.

АРЕОМЕТР (грекше «арайос – тығыз емес, сұйық» + «метрео – өлшеймін») – *Архимед заңы* негізінде сұйықтар мен қатты денелердің тығыздықтарын өлшеуге арналған аспап. Ығыстырылған сұйықтың көлемі және әлгі сұйықта жүзіп жүрген ареометрдің массасы бойынша зерттелуші сұйықтың тығыздығын анықтауға болады. Ареометрдің батқан кезде ығыстырған сұйықтың көлемі бойынша тығыздық анықталады.

АРНА, э л е к т р л і к – барлық мүмкін болатын сигналдар жиынтығын таратуға және іздеуге арналған электрлік тізбек.

Акустикалық арна – дыбыстық және ультрадыбыстық толқындар арқылы сигналдар таратушы құрылғылар мен физикалық орталардың жиынтығы.

Толқындық арна – бағытталған толқындардың біртекті орта бойымен таралатын арнасы.

Суасты дыбыстық арна – шалғай қашықтыққа мұхиттық орта арқылы дыбыстық толқындардың таралатын біртекті қабаты.

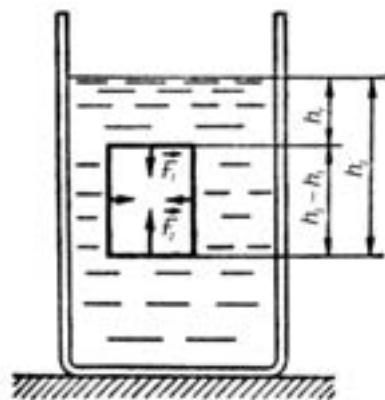
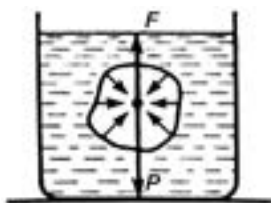
АРНАЙЫ САЛЫСТЫРМАЛЫҚ ТЕОРИЯ, дербес салыстырмалық теория, салыстырмалық теория.

АРТЫҚ МАССА – массаның атомдық бірлігімен және оның массалық санымен (A) өрнектелген атом массасы. Артық масса оң да және теріс те бола алады.

АРХИМЕД ЗАҢЫ – сұйықтар мен газдар статикасының сұйыққа (немесе газға) батырылған кез келген денеге сұйық (немесе газ) тарапынан дене ығыстырған



сұйықтың (газдың) салмағына тең, жоғары қарай бағытталған және де дене ығыстырған сұйық көлемінің ауырлық орталығына түсірілетін ығыстырғыш (итергіш) күш әсер етеді делінетін заңы. Бұл заңды біздің заманымыздан бұрынғы III ғасырда ғұмыр кешкен ежелгі грек ғалымы **Архимед** (б.з.б. 287 – 212) ашқан. Жоғары қарай ығыстырғыш күш **архимедтік** немесе **гидростатикалық көтергіш күш** деп аталған. Сұйыққа батырылған



Алғашқы сызбадағы F – дененің бетіне әсер ететін күштердің теңәсерлі күші, P – қысым күші. Екінші сызбадағы F_1 және F_2 гидростатикалық күштер. Осы күштердің қорытқы күші $F = \rho g(h_2 - h_1)S$, мұндағы S – ыдыс табанының ауданы, ρ – тығыздық, g – еркін түсу үдеуі, h_1, h_2 – сұйық деңгейлерінің биіктіктері.

денеге әсер ететін қысым

тереңдеген сайын арта түседі. Егер дененің салмағы ығыстырғыш күштен кем болса, онда дене сұйықтың бетіне қалқып шығады, егер керісінше болса, яғни дененің салмағы ығыстырғыш күштен артық болса, онда дене сұйыққа батып кетеді. Егер әлгі екі күш өзара тең болса, онда дене сұйықтың ортасында қалқитын болады.

АРЫН, г и д р а в л и к а л ы қ – берілген нүктедегі сұйық ағынының меншікті (салмақ бірлігіне қатысты) механикалық энергиясын өрнектейтін сызықтық шама. Ағынның меншікті энергиясының толық қоры (толық арын) **Бернулли теңдеуімен** анықталады.

Гидростатикалық арын – сұйықтың кез келген көлемінің толық потенциалдық энергиясының осы көлемдегі сұйықтың массасына қатынасы.

Жылдамдықтық арын – ағыннан бөлініп алынған сұйықтың кез келген көлемінің кинетикалық энергиясының осы көлемдегі сұйықтың массасына қатынасы.

Температуралық арын – араларында жылулық алмасу өтетін әртүрлі екі іргелес немесе орталар қабырғасымен ажыратылған (бөлінген) температуралардың айырымы.

АСАЖОҒАРЫ ЖИЛІК – 300 МГц-тен 300 ГГц-ке дейінгі алқаптағы дециметрлік толқындар мен сантиметрлік толқындарды және миллиметрлік толқындарды қамтитын радиожилік.

АСАЖҰҚА ҚҰРЫЛЫМ, энергия деңгейлерінің асажұқа деңгейлерге бөлшектенуі – атомның энергия деңгейлерінің ядроның магниттік моментінің атомдар электрондарының магнит өрісімен өзараәсерлесуі тудырған жақын орналасқан кіші деңгейлерге бөлшектенуі (ажырауы). Осы өзараәсерлесудің энергиясы (σ) ядро спинінің және электрондық спиндердің мүмкін болатын өзара бағдарлануларына тәуелді болады. Осы бағдарлардың санын асажұқа құрылымның компоненттері (құраушылары) анықтайды. Энергия деңгейлері ядроның *квадруполдік* моменттерінің электрондардың электрлік өрісімен өзараәсерлесуінің нәтижесінде бөлшектенуі және араласуы мүмкін.

Асажұқа құрылымның кіші деңгейлерінің арақашықтықтары жұқа құрылыммен салыстырғанда ~ 1000 есе кіші, себебі σ) энергиясы спин-орбиталық өзараәсерлесуден ~ 1000 есе аз.

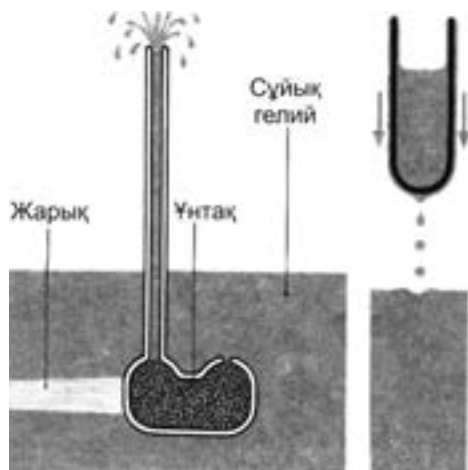
АСАҚЫЗҒАН БУ – қысым дәрежесі бірдей, бірақ температурасы қаныққан бу температурасынан жоғары бу. Осы бу – күш қондырғыларында кеңінен қолданылады. Техникада асақызған бу қаныққан буды қыздыру арқылы, ал төменгі қысымдағы (5–6 атмосферадан төмен) асақызған бу өте жоғары қысымдағы қаныққан буды *дроссельдеу* арқылы алынады.

АСАСАЛҚЫНДАТУ – заттардың өзге *агрегаттық күйге* өтуі кезіндегі тепеңдік *фазалық ауысу* температурасынан төменгі температураға дейін суытылуы.

АСҚЫНАҚҚЫШТЫҚ – кванттық сұйықтың тар саңылаулар және капиллярлар арқылы үйкеліссіз ағу кезіндегі күйі.

Сұйық гелийге ба-
тырылған капил-
ляр түтікпен жа-
салған ғылыми тә-
жірибе

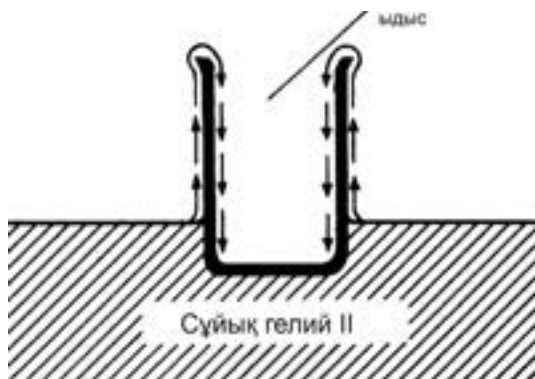
Ыдыстың бетінде
асқынаққыш ге-
лийдің жұқа плен-
касының пайда
болуы



⁴He (гелий-4-тің) асқынаққыштығы. ⁴He - сұйық гелий $T_{\lambda}=2,17\text{K}$ төмен температурада, қаныққан будың $p_s = 38,8$ мм сынап бағаны қысымында асқынаққыш күйде болады. Асқынаққыш ⁴He–He II (гелий-II) деп, асқынаққыштық қасиеті жоқ ⁴He–He I (гелий I) деп аталған. He II-нің асқынаққыштығын 1938 ж. Кеңес физигі Петр **Капица** (1894–1984) ашты. 1972 – 1974 ж. ³He сұйық гелийдің де $T_{a.a.}=2,6 \cdot 10^{-3}$ K төменгі температурада және $2,58 \cdot 10^4$ мм сынап бағаны (34 атм) қысымда асқынаққыштық қасиеті болатыны айғақталды. ⁴He және ³He сұйық гелийлердің асқынаққыштыққа ауысуы **II текті фазалық ауысу** болады.



Асқынаққыштық сұйықты тұтқырлығы болмайтын сұйық ретінде қарастыруға болмайды, себебі He II сұйығына батырылған иірілмелі тербелісті дискімен жасалған тәжірибе T_λ («лямбда-нүктелерінен») алыс емес температурада тұтқырлық тудыратын тербелістер әлгі He I-дегі тербелістерге ұқсас ағудан аз ғана айырмашылығы болатынын аңғартқан.



Сифонға ұқсас әсер етуші бет. Жібелі сызықтармен бос ыдысқа құйылып жатқан сұйық гелийдің беттік жұқа пленкасы бейнеленген

Асқынаққыштықтың теориясын 1941 ж. Кеңес Одағы физигі Лев Ландау (1908 – 1968) тұжырымдаған. Осы

теория қос сұйықты гидродинамика деп аталған. Бұл теория төменгі температурада He II-нің қасиеттері әлсіз қоздырылған кванттық жүйе ретіндегі түсінікке негізделген.

He II-ні өзара біріне-бірі енген екі құраушыдан: қалыпты және асқынаққыштықтардан құралған деп қарастыруға болады. T_λ температураға өте жақын емес температура кезінде қалыпты құраушысы екі квазибөлшектің **фонондар** мен **ротондардың** жиынтығы болады. $T = 0$ болған кезде тығыздықтың қалыпты құраушысы $\rho_n = 0$ болады, осы жағдайда кез келген кванттық жүйе негізгі күйде болады, қозған (квазибөлшектер) күй болмайды. Абсолюттік нөл температурадан бастап 1,7–1,8 К температураға дейінгі қарапайым қоздырулар жиынтығын He II-де квазибөлшектердің *идеал газы* ретінде қарастыруға болады.

³He-тің асқынаққыштығы. ³He-тің атомдарының спині жарты бүтінге тең, яғни олар *фермиондар*, ал ³He – *ферми-сұйықтығы*. Егер фермиондар аралығында жұптасып байланысқан купер жұбы деп аталған фермиондардың пайда болуына әкелетін тартылыс күштері болса, онда мұндай жұптардың бүтін санды спині болады. Осы белгі бойынша бұлар – **бозондар** және де Бозе-конденсатын құра алады. ³He-тегі бөлшектер арасындағы өзараәсерлесу күштері бірнеше мК температурадағы ³He-те купер жұбы және асқын аққыштық пайда болатындай дәрежеде болады. ³He те асқынаққыштықтың ашылуы *Померанчук эффектісі* мен магниттік салқындатуды игеру әдістерін меңгеруге жәрдемдесті.

Сұйық гелийдің асқынаққыштығы абсолюттік нөлге жуық температурада өтетін ерекше кванттық-механикалық құбылыс. Егер газ тәрізді гелий 4,17 К температураға дейін салқындатылса, ол сұйылады. Егер осы сұйық гелийді әрі

қарай салқындату жалғастырылатын болса, онда $2,17\text{ K}$ температура кезінде оның қасиеті күрт өзгеріске ұшырайды. Әдеттегі түсінігіміздің аясында ақылға сыймайтын *макроскопиялық* құбылыс байқалады. Мысалы, осы гелий II деп аталған түр өзгерісімен жартылай толтырылған ыдыс қақпақсыз ашық қалдырылатын болса, ыдыс өздігінен босап қалады. Сұйық гелий ыдыстың ішкі қабырғасының бетімен жоғары көтеріліп (оның биіктігіне тәуелсіз) ыдыстың ернеуінен асып сыртқа төгіліп ағады. Дәл осы құбылыс кері бағытта да орын алады (сызбаға қараңыз). Егер бос ыдыс сұйық гелийге сәл ғана батырылатын болса, онда ол ыдыс сәлден соң сыртқы гелий деңгейіне дейін өздігінен толады. Температура $2,17\text{ K}$ -нен де төмен салқындатылатын болса, гелий II-нің мөлшері артады. Абсолюттік нөл температура кезінде сұйық гелийдің барлығы гелий II-ге айналуға тиісті. Таза сұйық гелий-II-нің өзге бір ғажайып қасиеті, ол басқа денелерге күш түсірмейді. Өрт сөндірушілердің қол сорғысынан – брандспойттан күшті қысыммен шапшып шығатын гелий II-нің ағыны қырынан тік қойылған металл шақаны (монетаны) құлата (жыға) алмақ емес. Сұйық гелий әлгі шақаны орағытып ағып өтіп оған ешқандай күш түсірмейді. **Сұйық гелий II-де балық жүзе ала ма?** Әрине жүзе алмайды, себебі балық **өте төменгі температурада қатып қалады** емес пе? Балық қатып қалмайды дегеннің өзінде ол жүзе алмақ емес. Себебі гелий II-де балықтың итерілетіндей ешқандай тірек жоқ. Сол себепті Ньютонның бірінші заңына сүйеніп, тыныштық күйін сақтау ғана қалмақ! Физиктер сұйық гелийдің осы таңырқарлық қасиетін математика тілінде тұжырымдай отырып, **гелий – II-нің тұтқырлығы жоқ**, яғни ол нөлге тең деген қорытынды шығарған. Неліктен тұтқырлықтың жоқтығы әзірше жұмбақ күйінде қалып отыр.

Сұйық гелийдің атомдары энергиясын және импульсін тек бірден секірісті түрде ақтық (соңғы) шамаға өзгерте алатын ортақ кванттық жүйе құрады. Сондықтан сұйық гелий белгілі жылдамдық бойынша асқынаққыштық қасиетке ие болып бөгеттерді елемей үйкеліссіз ағады.

Сұйық гелийдің көп қасиеттері бар. Ол бір-біріне кедергі жасамай тәуелсіз аға алатын екі сұйықтан құралған. Мұның біреуі – асқынаққыш, оның тұтқырлығы жоқ, ал екіншісі – кәдімгі қалыпты гелий. Қалыпты компоненттердің салыстырмалы сипаты температураға тәуелді: абсолюттік нөл температурада бүкіл гелий асқынаққыш, ал кризистік $2,17\text{ K}$ температура кезінде бір ғана қалыпты сұйық гелий қалады. Тар капиллярлар арқылы тек асқынаққыш компоненттер ғана ағады. Қалыпты компонент (яғни қалыпты гелий) ағу үшін, гелийде температура айырымын жасау жеткілікті.



Гелий кез келген тұсынан қыздырылатын болса, әлгі тұстағы қалыпты гелийдің тығыздығы артатын болады. Сол себепті асқынаққыш бөлік қыздырылған тұсқа қарай ағатын, ал қалыпты гелий шоғырлануын (концентрациясын) теңгеру және температураның тұрақтылығын қалпына келтіру үшін кері бағытқа қарай ағады. Мына тәжірибе осы жайтқа негізделген. *Капилляр* түтіктің кеңейген төменгі жағында күңгірт түсті ұнтақ бар, осы түтік сұйық гелийге батырылған. Ұнтақ жарықпен сәулеленген кезде қызады, гелийдің қалыпты бөлігі астауға ағады, ал асқынаққыш гелий кері бағытқа қарай ағып, түтіктің ашық ұшынан бұрқак (фонтан) болып (30 см биіктікке дейін) шапшиды.

Асқынаққыштықтың салдарынан **қатынас емес ыдыстардағы гелийдің деңгейлері әрдайым бірдей деңгейде теңгерілетін болады.** Ыдыстың беті гелийдің өте жұқа пленкалы қабатымен (қалыңдығы 100 атом қабатына тең шамалас) қапталатын болады. Осы қабат *тұтқырлықсыз* қозғалады. Егер гелий құйылған пробирка сұйық гелий деңгейінен жоғары көтерілген болса, ондағы бүкіл гелий міндетті түрде одан ағып шығатын болады.

Асқынаққыштық ұжымдық эффект болып табылады. Гелий атомдарының спиндері бүтін (нөл) сандар болады, сондықтан бірдей күйлерде шоғырланады. Осының нәтижесінде әрбір бөлшектің кванттық қасиеттері күшейетін болады.

Спиндері бүтіннің жартысына тең бөлшектерден құралған жүйелерде, мысалы, электрондарда, нейтрондарда немесе протондарда керісінше, бөлшектерге бірдей күйлерде болуға тыйым салатын *Паули принципі* әсер етеді. Осындай жүйелерде әдетте асқынаққыштық байқалмайды. Бірақ та осы жағдайда олар бүтін спинді бөлшектер жұп құрып бірігуі және асқынаққыштық күйге көшуі (ауысуы) мүмкін. Бос электрондардың металдарда жұп құруы электрондық сұйықтық асқынаққыштық күйге көшуіне әкеп соқтырады. Нәтижесінде электр тогы шығынсыз ағатын болады. Бұл құбылыс *асқынөткізгіштік* болып табылады. Гелий He^3 -тің *изотопының* атомдары үш бөлшектен құралған (екі *протоннан* және бір *нейтроннан*), атомның жалпы спині бүтін санның жартысына тең. Сондықтан әдеттегі жағдайларда He^3 қалыпты сұйық, тек өте төменгі температураларда (Кельвин градусының мыңдық үлесіндей) атомдар жұптасады және асқынаққыштық күйге көшеді.

АСҚЫНДЫБЫСТЫҚ АҒЫС – қ. *Дыбыстан асқын ағыс.*

АСҚЫНДЫБЫСТЫҚ ЖЫЛДАМДЫҚ, дыбыстан шапшаң жылдамдық – қозғалыстағы ортаның немесе дененің берілген ортада дыбыстың таралу жылдамдығынан шапшаң қозғалысы.

АСҚЫНКЕРНЕУ – электр кернеуінің ток тұтынатын қондырғылардың токтан оқшаулағыш бөліктеріне (қабаттарына) қауіп төндіретін шамаға дейін күрт артады.

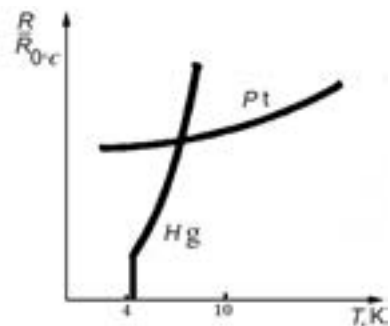
Асқынкернеу ішкі (ажыратып-қосу тетіктеріндегі) және сыртқа (атмосфералық) болып екі түрге топталған. Ішкі асқынкернеу өтпелі үрдістер кезінде электр-энергетикалық жүйелерде (қысқатұйықталу, жүйені токтан ажыратқанда, т.б.) пайда болады. Атмосфералық асқынкернеудің *найзағай* разрядының салдарынан да туындауы мүмкін.

АСҚЫНӨТКІЗГІШТЕР – белгілі бір кризистік (шұғыл өзгерістік) температурадан (T_k) төменгі температураға дейін суытқан кезде *электрлік кедергісі* нөлге дейін кемитін, яғни асқынөткізгіштік байқалатын заттар. Кризистік температураның (T_k) мәні барлық белгілі асқынөткізгіштер үшін сұйық сутек пен сұйық гелийдің (сутектің қайнау температурасы $T_{қат} = 20,4$ К) болу температурасының диапазонында жатады. Si, Ge, Bi – элементтері қысым түсіріліп салқындатылғанда асқынөткізгіштерге ауысады. Көптеген металл қорытпалары мен қосылыстары, бірқатар күшті легирленген жартылайөткізгіштер әлгіндей қасиетке ие болады. Бірқатар асқынөткізгіштердің жекелеген құраушылары немесе кейде барлығы өздігінен асқынөткізгіштер болмайды. Асқынөткізгіш бола алатын полимерлер де ашылған.

Асқынөткізгіштердің қасиеттерін сипаттайтын маңызды параметр-магнит өрісінің *кризистік* мәні – H_k , осы мәннен жоғары асқынөткізгіштер қалыпты (асқынөткізгіш емес) күйге ауысады. $T \geq T_k$ болған кезде асқынөткізгіштер температура атрқанда H_k мәні монотонды түрде төмендеп нөлге дейін кемиді.

Асқынөткізгіштер магниттік қасиеттері бойынша: 1-текті және 2-текті деген екі топқа ажыратылады. 1-текті асқынөткізгіштерге көптеген таза металдардан жасалған өткізгіштер, ал 2-текті асқынөткізгіштерге кризистік температурасы (T_k) жоғары көптеген қосылыстар мен легирлеуіш қоспалары болатын қорытпалар жатады.

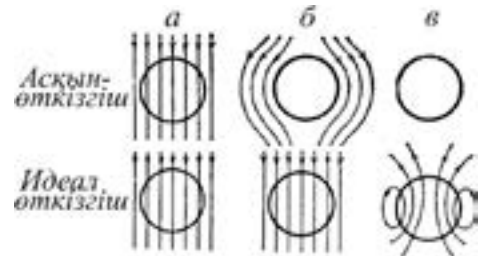
АСҚЫНӨТКІЗГІШТІК – көптеген өткізгіштердің берілген материалға тән кризистік температурасынан (шұғыл өзгерістік) (T_k) – төменгі белгілі бір температураға дейін суытылғанда *электрлік кедергісінің* секірмелі түрде нөлге дейін кему қасиеті. Бұл құбылыс 25-тен астам металл элементтерден, көптеген қорытпалар мен интерметалдық қосылыстардан, сондай-ақ бірқатар жартылайөткізгіштер мен полимерлерден байқалған. Nb_3Ge қосылысында T_k – кризистік температурасының мәні ең үлкен (жуық шамамен 23 К).



1-сызба. Сынап (Hg) пен платина (Pt) кедергісінің (R) температураға (T) тәуелділігі. Сынап $T=4,15$ К температурада асқынөткізгіштік күйге ауысады

Температура төмендеген кезде сынап кедергісінің секірісті түрде жоюылуын ең алғаш рет 1911 ж. голланд физигі Хейке (Гейке) **Камерлинг-Оннес** (1853 – 1926) байқаған (1-сызба). Ол сынаптың $T = 4,15$ К температурада жаңа күйге ауысатыны туралы қорытындыға келіп, бұл құбылысты «асқынөткізгіштік» деп атаған. Кейіннен Камерлинг-Оннес сынаптың *электрлік кедергісінің* жеткілікті күшті магнит өрісінде $T < T_c$ қайтадан қалпына келетінін байқаған. Кедергінің нөлге дейін кемуі температуралық тар алқапта жүзеге асатынын, бұл температура таза үлгілер үшін 10^{-3} – 10^{-4} К аралығында болады да қоспалар қосылған жағдайда және басқа кемтіктік (дефект) құрылымы болса артатын болады.

Асқынөткізгіштік күйдегі сақинада іс жүзінде өшпейтін ток қоздырылады. Бұл тәжірибеде асқынөткізгіштік металдан екі сақина (біреуі үлкен екіншісі одан кіші) жасалып, оның үлкені қозғалмастай болып бекітілген, ал осы сақинаның ортасына екіншісі серпімді жіпке байланып ілінген. Жіп ширатылмай тұрған кезде әлгі екі сақинаның жазықтығы бірімен-бірі белгілі бір бұрыш жасап орналасқан. Сақиналар *магнит өрісінде* кризистік температурадан төменгі температураға дейін суытылған соң магнит өрісі ажыратылғанда сақиналарда ток қоздырылады да, олар бір-бірімен өзара әсерлесіп, сақиналар орналасқан жазықтықтардың арасындағы бастапқы бұрышты кемітуге әрекеттенеді. Жіп иіріледі, ал иірілу бұрышының тұрақты болуы, әлгі сақиналардағы токтардың өшпейтіндігінің айғағы болады. Тәжірибелер асқынөткізгіштік күйдегі металл кедергісінің 10^{-29} Ом·см-ден аз болатынын айғақтаған. Таза Cu немесе Ag үлгілерінің сұйық гелий температурасындағы кедергілері 10^{-9} Ом·см. Бірақ та **асқынөткізгіш идеал өткізгіш бола алмайды.** 1933 ж. неміс физигі Вольтер **Мейеснер** (1882 – 1974) және **Р.Оксенфельд** әлсіз магнит өрісінің металл асқынөткізгіш күйге ауысқанға дейінгі кезде де немесе одан кейін де іске қосылғанына қарамастан асқын өткізгіштің бойына терең сіңе (ене) алмайтынын анықтаған. Идеал өткізгіш (аз кедергісі жойылатын) өзінен өтетін магниттік ағынды қармап қалуы қажет (2-сызба, *a, б, в*).



2-сызба. Асқынөткізгіш шардың және кедергісі жойылатын шардың маңайында магнит өрісінің үлестірулері: *a* – $T > T_c$ болғанда; *б* – $T < T_c$ болғанда, $H_{сн} \neq 0$; *в* – $T < T_c$ болғанда, $H_{сн} = 0$.

Сыртқы магнит өрісінің қатысуы кезінде асқынөткізгіштік үлгіден магниттік өрісті сыртқа қарай ығыстыру осы үлгінің идеал *диамагнетик* ретінде болатынын аңғартады.

Асқынөткізгіштік жеткілікті күшті магнит өрісіндегі өзінің тәртібі бойынша екі үлкен топқа: **1-текті және 2-текті асқынөткізгіштік** топтарына ажыратылады.

Тұрақты электр тогы үшін асқынөткізгіштік кедергісі толық жойылған идеал өткізгішке айналады. (Таза металдың асқынөткізгіштікке ауысу үрдісі 1-сызбада кескінделген). Асқынөткізгіш металдан жасалған сақинада индукцияланған ток ұзақ уақыт сақталады. Таза металдардың ішіндегі **кризистік температурасы ең жоғарғысы ниобий** ($T_k = 9,22$ К), ал **ең төменгісі иридий** ($T_k = 0,140$ К). Асқынөткізгіштерде байқалған ең жоғарғы кризистік температура 20 К (Nb_3Al – Nb_3Ge қорытпасы). Әдетте жақсы өткізгіш болып табылатын **алтын, күміс, мыс тәрізді металдар асқынөткізгіш күйге ауыспайды.**

Асқынөткізгіштердің физикалық табиғаты электр кедергісінің жойылуынан басқа да қасиеттердің өзгеруімен сипатталады. Олардың магниттік, жылулық, т.б. да қасиеттері күрт өзгертіндіктен, асқынөткізгіштік төмен температурадағы заттың ерекше күйі ретінде қарастырылады. Қалыпты жағдайда өткізгіштерді сыртқы магнит өрісіне орналастырғанда, магнит индукциясы парамагниттердің ішінде артады, ал диамагниттердің ішінде кемиді. Асқынөткізгіш күйге ауысқанда, зат магнит индукциясының күш сызықтарын өзінен тысқары ығыстырып шығарады (2-сызба). Сондықтан асқын өткізгіштердің ішінде магниттік индукция нөлге теңеледі. *Мейснер эффектісі* деп аталатын бұл құбылыс металдың сыртқы бетіндегі асқынөткізгіш токтың магнит өрісі мен сыртқы магнит өрісінің теңгерілуі нәтижесінде пайда болады. Сыртқы өріс кернеулігі белгілі бір шамадан артқанда асқынөткізгіштік тегіне және оның температурасына байланысты өзгереді. Кез келген ток магнит өрісін туғызатындықтан, асқынөткізгіш ішіндегі токтың да асқынөткізгіштігін бұзатын кризистік шама болады. Асқынөткізгіштердің жылу сыйымдылығы сол температурадағы қалыпты өткізгіштің жылу сыйымдылығынан кем болады. Асқынөткізгіштік күйдегі заттар жылу алмасу үрдістеріне сезімтал келеді. Мысалы, аз жылу жоғалту нәтижесінде өте тез суынады. Асқынөткізгіштердің жеңіл изотоптары ауырларымен салыстырғанда асқынөткізгіштік күйге жоғарырақ температурада ауысады.

1967 ж. – америкалық физиктері Джон **Бардин** (1908 – 1991), Леон **Купер** (1930 – ?) және Джон **Шриффер** (1931–?) жүргізген жан-жақты зерттеулер асқынөткізгіштіктің теориясын тұжырымдауға мүмкіндік берді. Электрон электрлік күштер арқылы кристалдық торды полярландырады. Полярландыру кезінде өзінің периодтық құрылымын өзгерткен тор басқа бір электронмен әсерлесу нәтижесінде бастапқы және соңғы электрондар арасында өзара тартылыс күші туады, асқынөткізгіштік байқалатындай төменгі температурада осы тартылыс күшінің мөлшері электрондар арасындағы кулондық өзара тартылыс күшінен артық болады. Тебіліс күшінің әсерін жеңген электрондар бір-бірімен қосақталған электрондар

жұбын құрады. Жұптасқан электрондар жүйесінің энергиясы тек қана дискретті мәндерге ие бола алады. Осы дискреттіліктің нәтижесінде жүйенің негізгі және қозғалыстары арасында энергетикалық саңылау пайда болады. Электрондық жүйе мен кристалдық тордың жылулық тербелістері арасындағы әсерлесу электр кедергісін туғызады. Бірақ энергетикалық саңылаудың болуы мұндай ауысуларға әрқашан жол бермейді. Баяу қозғалатын электрондық жүйе қозған жағдайға ауыса алмайды. Бұл жағдай өткізгіш кедергісінің жойылуына әкеліп соғады. Соңғы кезде асқынөткізгіштік кейбір аса үлкен дәлдікті қажет ететін физикалық аспаптарда, физика мен техниканың басқа да салаларында кеңінен қолданылады. Осы құбылыс негізінде аса сезгіш гальванометр, балометр, модулятор, түзеткіштер, т.б. аспаптар жасалған. Қазіргі кезде азоттық температурада асқынөткізгіштікке ауысатын қоспа заттар да жасалған.

Қарапайым бөлшектердің үдеткіштерінде пайдаланылатын асқынөткізгіш магниті (A) заттардың төменгі температуралы күйлерінде жасалған. Әдетте күшті магнит өрісінде асқынөткізгіштік жойылады, бірақ цирконилі ниобий қорытпасына ұқсас кристалдық торлары бұрмаланған құрылымы болатын материалдар магнит өрістерінде 100 мың гауссқа дейінгі магнит өрісінде асқынөткізгіш болып қала береді.

Сұйық гелийді өте төменгі температураға дейін салқындату қиын болуымен қатар осы температурада өзін әдеттегіден тым өзгеше қасиетте көрсетеді. Бұдың қысымы төмендегенде, сұйық гелий тез қайнап кетеді, бірақ 2,18 К температура кезінде гелийдің ішінде қайнау тоқталмаса да көпіршіктердің пайда болуы кенеттен тоқталады. Лямда-нүкте деп аталатын нүктеден төменгі сұйық гелийден «асқынаққыштық» қасиет байқалады.

Өзге заттар да абсолюттік нөл температура маңайында әдеттегідей емес қасиетке ие болады. Мысалы, электр тоғын тудырушы зарядтардың қозғалысы «**мәңгі қозғалыс**» секілді сипатқа ие болады. Металдарда байқалатын осы құбылыс асқынөткізгіштік деп аталған. Температура төмендеген кезде (қорғасынның температурасы 7,2 К-ге дейін) металдың электрлік кедергісі толықтай жойылады. Егер осындай металдан жасалған сақинада электр тоғы тудырылатын болса, ол ток әлсіремей ағатын болады. Осындай әлсіремейтін ток бірнеше жыл бойы сақталған!

Теория жүзінде осындай әлсіремейтін токты электрондық есептеуіш машиналардың жаққа ұстағыш құрылғыларында пайдалану мүмкін болар еді; асқынөткізгішке бір рет салынған ақпарат өзгермей ұзақ уақыт сақталар еді. Жеткілікті күшті магнит өрісі асқынөткізгіштік күйді бүлдіре (қирата) алады,

осы эффект токты өте шапшаң ажыратуға қолдануға болады. Асқынөткізгіш материалдың нөлдік электр кедергісі болуы себепті, ол өткізгіш арқылы өте күшті токты өткізуге жарамақ. Сондықтан да электрмагниттердің асқынөткізгіш орамдары шекті күшті магнит өрістерін шығару үшін пайдаланылады.

АСҚЫНСАЛМАҚ – үдемелі қозғалыс кезінде адамның денесіне әсер етуші қысымның қалыпты жағдайдағы қысымнан артуы. Жер бетіндегі кез келген денеге *ауырлық күш* және оған қарсы бағытталған тіректің (дене орналасқан бет, нүкте) *реакциясы* әсер етеді. Осы күштердің әсерінен адамның денесі мен тіректің арасында қысым күші пайда болады. Тірек реакциясы салдарынан адамның денесі тірекке қарай қысылады. Осы қысым күші адамға *салмақ* (P) ретінде сезіледі. *Еркін түсу үдеуінен* (g) артық үдеумен ($a = ng$, мұндағы $n > 1$ сан) қозғалған денеге (масалы, ғарыш кораблінде) тірек реакциясы тарапынан әсер ететін күш $F = (n + 1) mg = (n + 1) P$ салмақ күшінен $(n + 1)$ есе артық болады. Осы күш әсерінен ғарышкерге әсер ететін қысым күші **асқынсалмақ** болады.



АСПАН МЕХАНИКАСЫ – аспан денелерінің қозғалыстары туралы ғылым. Бұл гравитациялық өзараәсерлесу күштерінің, орталардың ықпалымен, электрмагниттік күштердің, жарық қысымы күштерінің т.б. әсерінен табиғи және жасанды аспан денелерінің ілгерілемелі, айналмалы, деформацияланған қозғалыстарын зерттейді. Аспан механикасының мәселелері: 1) Күн жүйесінің үлкен планеталарының қозғалыс теориялары. Ұйытқу теориясының әдістері планеталар қозғалыстарын жеткілікті дәлдікпен сипаттауға мүмкіндік жасайды. 1845 ж. ағылшын астрономы Джон **Адамс** (1819 – 1892) пен француз астрономы Урбен **Леверьенің** (1811 – 1877) **Нептун** планетасын ашуы классикалық теорияның аса маңызды жетістігі болды. Қазіргі замандағы ғарыштық ұшырулар планеталар қозғалысының теорияларының дәлдігіне жоғары талап қоюда. 2) Кіші планеталар (астероидтар) қозғалысының теориясы. 3) Кометалар қозғалысының теориясын жасау. 4) Планеталардың табиғи серіктерінің қозғалысы тура мәселе. 5) Үш дене мәселесі – Күн жүйесіндегі Жер – Ай жүйесіндегі ғарыштық аппараттардың қозғалысы. 6) Ай қозғалысының теориясы. 7) Күн жүйесінің орнықтылығының мәселесі. 8) Аспан механикасының резонанстық мәселелері. 9) Табиғи аспан денелерінің айналмалы қозғалысының мәселері т.б.

АСПАНЫҢ ТҮСІ, аспанның көгілдір түсі – күн сәулесінің атмосфера арқылы өтуі кезінде ауа молекулаларынан шашыратылуы нәтижесінде көгілдір түсті болып байқалуы. Қосымша *Атмосфералық оптика* мақаласын қараңыз.

АСТРОНОМИЯЛЫҚ БІРЛІК (а.б.) – Жерден Күнге дейінгі орташа қашықтыққа тең ұзындық. $1 \text{ а.б.} = 1,49597870 \cdot 10^{11} \text{ метр} = 149597870 \cdot 10^8 \text{ км}$ ұзындықтың жүйеден тыс бірлігі.

АСТРОФИЗИКА (грекше «астер – жұлдыз» + «физис – табиғат») – астрономияның аспан денелерінің физикалық қасиеттерін және оларда өтетін әрі ғарыштық кеңістіктегі үрдістерді зерттейтін саласы. Астрофизиканың негізгі бөлімдері: планеталардың және олардың серіктерінің физикасы, Күн физикасы, жұлдыздар атмосферасының физикасы, жұлдызаралық ортаның физикасы, жұлдыздардың ішкі құрылымының және олардың эволюциясының теориясы болып табылады. Жер жағдайында ашылған физикалық заңдар мен зерттеу әдістерін астрономияда пайдалану спектрлік талдаудан (анализден) басталды. Сәулелердің спектрлік талдау шалғайдағы ғарыштық нысандардың тығыздығын, температурасын, химиялық құрамын, сипаттамасын және ішкі қозғалыстарын және тіптен олардағы электр және магнит өрістерінің болатындығын анықтауға мүмкіндік ашты.

Осы жетістіктерге қарамастан классикалық астрофизиканың мүмкіндігі шектеулі болды. Оптикалық диапазондағы сәуле Жерге келіп жететін электрмагниттік сәуленің өте аз бөлігін ғана құрайды. XX ғасырдың орта шеніне дейін осы зерттеулер басымдылық көрсетіп келді. Радиоастрономияның қарқынды дамытылуы, термоядролық талдау туралы түсінікті қалыптастырды. Бұған дейінгі кезеңде сәулелік талдау кезінде жұлдыздар энергиясының көзі *термоядролық реакция* екені анықталған болатын.

Радиосәулелердің спектрлерін зерттеулер ғарыштық *мазерлерді* – жұлдызаралық газ молекулаларының күшті **когерентті** радиосәулелерін ашты. Ғаламнан электрондардың үдетілуіне байланысты өте жоғары, ультрарелятивті энергия анықталды. Осы электрондардың *синхротрондық сәулесі* радиодиапазондардан байқалды. Бөлшектердің үдетілу үрдісі жұлдыздардың асажана жұлдыздардың жарылысына (қопарылысына) байланысты туындайды. Осыған ұқсас үрдістер өтеауыр галактикалардың ядроларында өтеді. Жұлдыздардағы энергияны тасымалдауда және жұлдыздық жарылыстар мен *гравитациялық қирауда* (қоллапста) нейтриноның маңызы үлкен екені белгілі болады. Жалпы *салыстырмалық теорияны* есепке алу қажет болды (әсіресе нейтрондық жұлдыздар мен *қара апандар* үшін).

1967 ж. импульстік радиосәуле – **пульсарлар** ашылды. Пульсарлардың импульстар аралығының өте жоғары тұрақтылығы әртүрлі жиіліктердегі радиоимпульстердің кешігіп келу эффектілерін зерттеуге мүмкіндік ашты. Ғарыштық рентген сәулелердің табиғатын зерттеу кезіндегі нейтрондық жұлдыздардың маңызы белгілі болды. Рентген сәулелерінің импульстік көздері – рентгендік **барстерлер** ашылды. Барстерлер осы кездегі түсінік бойынша аралары өте жақын қосарланған нейтрондық жұлдыздардағы заттардың құлап түсуінің (аккрециясының) себебі болып табылды.

Жұлдыздардың магнит өрісіндегі және жұлдызаралық ортадағы ғарыштық *плазманың* тәртібі XX ғасырдың ортасында тез дамытылған *электрдинамиканың* зерттеу пәніне айналды. Плазмадағы электрмагниттік үрдістер Күн тәжінің құрылымын протуберанцтердің пішінін, Күннің активтілігінің циклдігін тек Күн үшін ғана емес, Күн жүйесіндегі ен қуатты тұрақсыз үрдістер – Күндегі оталу үшін де анықталды. Осы оталулар әзірше Ғаламдағы ғарыштық сәуленің тууын тікелей зерттеуге арналған жалғыз үрдіс болып табылады.

Осы замандағы астрофизиканың бөлімдеріне: жоғары энергиялар және ғарыштық сәулелер, ядролық және нейтрондық, релятивтік және кванттық релятивтік астрофизика жатқызылған.

АТ КҮШІ (а.к., немісше – PS, французша – CV, ағылшынша – HP) – қуаттың жүйеден тыс, ескірген бірлігі: 1 а.к. = 75 кг күш. м/сек = 735,5 Вт, 1 HP = 550 фут·фунт/сек = 746 Вт.

Қуаттың бұл бірлігін ғылымға алғаш рет енгізген шотланд өнертапқышы Джеймс Уатт (1736 – 1819) болды.

АТМОСФЕРА (атм. Atm) – қысымның жүйеден тыс бірлігі. 1) Ф и з и к а л ы қ атмосфера (атм) – қалыпты атмосфералық қысымға тең қысым бірлігі: 1 атм = 101 325 Па. 2) Т е х н и к а л ы қ атмосфера (ат, ат). 1 ат = 1 кг күш/см². 1 атм = 1,0332 ат = 760 мм сынап бағаны = 10 332 мм су бағаны.

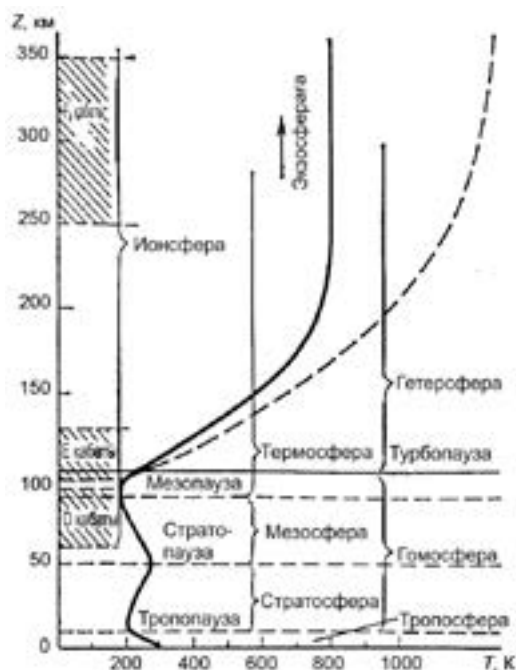
АТМОСФЕРА (грекше «атмос – бу» + «сфера – шар»), Ж е р а т м о с ф е р а с ы – Жердің айналасындағы газды орта, ол Жермен бірге айналады. Атмосфера массасы жуық шамамен $5 \cdot 10^{15}$ тонна. Жер бетіне жақын аймақтағы атмосфераның құрамы: 78,1% азот, 21% оттегі, 0,9% аргон, шамалы ғана көмірқышқыл газ, сутек, гелий, неон т.б. газдар. Негізгі газдардың пайыздық қатынасы жуық шамамен 100 км биіктікке дейін (гомосферада) аз ғана өзгеріске ұшырайды. 20 – 25 км биіктікте Жердегі тіршілік иелерін залалды қысқа толқынды сәулелерден қорғайтын озон қабаты орналасқан. 20 км биіктіктен төменгі атмосферада: жер бетінде – 3%-дан, тропиктік аймақта – Антарктида $2 \cdot 10^{-5}$ %-ге дейін су буы болады.

100 км биіктіктен жоғары (гетеросферада) ауаның құрамы биіктеген сайын жеңіл газдардың үлесі артады, өте жоғары биіктікте гелий мен сутек көбірек болады; газдардың молекулаларының бір бөлігі атомдар мен иондарға жіктеледі, бұдан *ионосфера* түзіледі.

Атмосферадағы ауаның қысымы мен тығыздығы биіктікке көтерілгенде кемиді. Температура биіктікке көтерілген сайын күрделі өзгереді. Атмосфера температураның өзгерісіне орай **тропосфераға, стратосфераға, мезосфераға, термосфераға, экзосфераға** ажыратылған. Атмосферада күннің және жердің радиациялары шашырайды әрі жұтылады, осыларға қоса атмосфераның өзі *инфрақызыл сәуленің* көзі болады. Жер бетімен атмосфера аралығында жылу мен ылғал алмасады, осыдан **бұлттар түзіліп** әрі жауын-шашын болып судың тұрақты айналысы қалыптасады. Атмосферада *электр өрісі* болады, оған қоса атмосферада әртүрлі электрлік, оптикалық және акустикалық құбылыстар байқалады. Атмосферадағы ауа үздіксіз қозғалыста болады. Атмосфераның бірқалыпты қызбау себебінен оның ортақ айнылысы (циркуляциясы) туады, осы жайт **ауа райы** мен климатқа әсерін тигізеді.

АТМОСФЕРАЛЫҚ ҚЫСЫМ – атмосфера ауасының жер бетіне және ондағы барлық заттарға түсіретін қысымы. Табаны бір бірлікке тең жазықтықтың үстіндегі ауа бағанының массасымен өлшенеді. Теңіз бетінде атмосфералық қысымның орташа шамасы (қалыпты қысымы) 1013 мб (миллибар) (760 мм сынап бағаны). Атмосфералық қысымның Халықаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ) өлшемі паскаль (Па). 1Па = 0,01 мб.

Атмосфералық қысымның болатынын алғаш рет 1643 ж. италиян физигі Эванджелеста **Торричелли** (1608 – 1647) ашқан. 1646 ж. француз математигі әрі физигі Блез **Паскаль** (1623 – 1662) Торричеллидің тәжірибесін қайталап жасап, атмосфералық қысымның болатынына көз жеткізген. Паскаль атмосфера қысымының жоғары көтерілген сайын кемитіндігі туралы болжам айтқан.



Атмосфера қабатының орташа тәуліктік температура өзгерісіне сәйкес келетін құрылымы

1647 ж. Паскальдың осы болжамы тәжірибе жүзінде расталған. Тау басында түтіктегі сынап бағанының, таудың етегінде байқалған сынап бағанының төмен болатыны анықталған. 1654 ж. неміс физигі Отто **Герике** (1602 – 1686) «магдебург жарты шарлары» деп аталған тәжірибе бойынша ауа қысымының болатынын тәжірибе жүзінде дәлелдеген.

АТМОСФЕРАЛЫҚ ОПТИКА – атмосфера физикасының атмосферадағы ультракүлгін, көрінетін және инфрақызыл сәулелердің шашыратылу, жұтылу, сыну, шағыстырылу мен дифракцияларын тудыратын құбылыстарын зерттейтін бөлімі. Атмосфералық оптиканың зерттейтін негізгі құбылыстары таң шапағы (таң сәрісі), ымырт түсуі, кемпіркосақ, сағым, Күннің (немесе Айдың) құлақтануы, тәждер, глория және аспанның түсі, аспан жарығының полярлануы т.б.

Таң шапағы – Күннің шығар (таң рауаны) және батар (ымырт) кездерінде атмосферада пайда болатын жарық құбылыстарының жиынтығы. Таң шапағы құбылысы атмосфераның күйімен анықталады; атмосфераның бұлдырлығының әсері күшті; атмосферадағы шаң-тозандар және су буы тамшылары ірі болған сайын таң шапағының бояуы да қанық болады. **Кемпіркосақ** – аспанда күннің жарық сәулесінің, жаңбырдың тамшыларынан спектрлік құраушыларға жіктелуінің нәтижесінде пайда болатын түрлі түсті доға.

Күннің (немесе Айдың) құлақтануы – көбінесе күннің жарық сәулесінің шарбы бұлттардағы мұз кристалдарынан шағылысу және сынуы нәтижесінде Күннің (немесе Айдың) төңірегінде пайда болатын жарық – жалған Күн (немесе жалған Ай), доғалар, бағандар, дақтар. **Тәждер** – жарық сәуленің ауадағы қалқыма тамшылардағы немесе мұз кристалдарындағы дифракциясынан Күннің (немесе Айдың) айналасында пайда болатын түрлі түсті жарық сақиналар.

Глория (латынша – әшекей) – әдетте тауда бақылаушының көлеңкесінің айналасында немесе ұшақтың бұлтқа түскен көлеңкесінің айналасынан байқалатын түрлі-түсті сақиналар.

Жарық сәуленің атмосферадағы сыну құбылысы (*рефракциясы*) аспан шырақтарының көрінерлік қалпының ығысып көрінуін тудырады, көрінерлік көкжиекті қысыңқылап немесе кеңейтіп көрсетеді, әртүрлі *сағымдардың* көрінуіне әкеліп соғады. Жарық сәуле бұлардан басқа жұлдыздардың жыпылықтап көрінуі, кездейсоқ рефракцияны, жарық шоғырының дақты (шұбар ала) құрылымын тудырады.

Атмосфералық оптикада **Күн сәулесінің шашырауы мен жұтылуы көптеген құбылыстарды тудырады**. Жарықтың таза ауадағы шашырауын **молекулалық шашырау** деп атайды. Ағылшын физигі Джон **Рэлейдің (Стретт)** (1842 – 1919)

теориясы бойынша, жарықтың ортадан шашырауының қарқындылығы қоздырушы жарық толқынының ұзындығының 4-дәрежесіне кері пропорционал өзгереді. Әсіресе спектрдің көрінетін сәулелер бөлігіндегі **көк түстер көбірек шашырайды**. Аспанның **көгілдір түсті болуы** осыған байланысты. Бұлтсыз ашық аспанда Күн көкжиектен 45° биіктікте көтерілген кезде көк сәуленің 33%-ы, жасыл сәуленің 16%-ы және қызыл сәуленің 7%-ы шашырайды. Күн көкжиектен 5° биіктікте болған кезде осы аталған шамалар сәйкес түрде 96%, 70% және 44% шамасында болады (**қызыл сәуленің аз шашырауы себепті** ертеңгілік Күн жаңадан көкжиектен көтеріліп шыға бастағанда және Күн батардың алдында **Күн қызарып көрінеді**). Ауа еш уақытта таза болмайды, оның құрамында аэрозольді бөлшектер (шаңтозан, теңіз тұзының кристалдары, су тамшылары және мұз кристалдары) болады. Олардың мөлшерлері (10^{-6} – 10^{-2} см) ауаның құрамындағы газ молекулаларының мөлшерінен (10^{-8} см) әлдеқайда ірі және жарық толқындарының ұзындығымен шамалас немесе олардан артық болады. Сондықтан жарық толқындарының мұндай бөлшектерден шашырауы **Рэлей заңына** қарағанда әлдеқайда күрделі. Аэрозолдың ірі бөлшектері күн сәулесін жан-жаққа біркелкі шашыратады. **Су тамшыларынан түзілген** (10^{-3} – 10^{-2} см) **бұлттың түсі көгілдір болмай, ақ немесе сұр түсті болуы**, аспанның кейде **ақшыл түсті болуы** да аэрозол бөлшектерінің осы қасиетіне байланысты. Ауадағы су тамшыларының мөлшері температура мен ылғалдыққа тәуелді болғандықтан аспанның түсі де температураға байланысты құбылмалы болады. Мұны таңсәріде және күн батарда байқауға болады. Күн батардағы атмосфераның жарық құбылыстарының ауа райымен тығыз байланысты болатыны ертеден белгілі болған. Атмосфераның жарық шығаруының тағы бір түрі – *поляр шұғыласы*. Ол күннен бөлініп шыққан бөлшектердің Жердің магнит өрісінде ауытқып, Жерге таяу атмосфера қабатында полярлық аймақтарға қарай бұрылуының салдарынан пайда болады. Жарық сәулесінің атмосферадағы сынуынан аспан денелерінің орны «ауысқандай» болып көрінеді, осы жайт астрономиялық дәл өлшеуге кедергі жасайды; ол жер бетінде *сағым*, депрессия және **көкжиектің кенеюі** сияқты құбылыстарды тудырады. Жарықтың жаңбыр тамшыларынан сынуы, шағылысуы және дифракциясы *кемпірқосақ* түрінде байқалады.

АТМОСФЕРАЛЫҚ РЕФРАКЦИЯ (латынша «рефракцио – сыну») – жер бетіне жақындаған сайын ауа тығыздығы артатын болғандықтан, жарық сәуленің бастапқы таралу бағытынан ауытқуы себепті аспан шырақтарының (жұлдыздардың) және жер бетіндегі объектілердің көрінерлік қалпының ауытқып өзгеріп байқалуы. Жарық сәуленің атмосфера қабатындағы сыну құбылысы (рефракциясы) аспан шырақтарының көрінерлік қалпының



«Ойыс» және «дөңес» су беті: *a* – алыс көкжиек; *б* – жақын көкжиек

құрылымдарын тудырады. Көкжиекке жақындаған (шамамен 35° бұрышқа) көрініс барынша үлкен өзгеріске ұшырайды. Атмосфералық рефракцияның салдарынан аспан шырақтары көкжиектен біршама «көтеріліп» көрінетін болады. Күн мен Айдың дискілері күн батар және шығар кездері **екі бүйірі томпайып** шығып жалпайып (созылыққы) болып байқалады.

АТМОСФЕРАЛЫҚ ЭЛЕКТР – атмосферада жүзеге асатын электр құбылыстары мен үрдістердің: атмосфераны электр өрісінің ауаның иондалу және электрөткізгіштігінің, бұлттардың және жауын-шашынның электр зарядтарының атмосферадағы электр тогы мен разрядтарының жиынтығы. Тропосферадағы бүкіл бұлттар және жауындар, тұмандар, шаң-тозаңдар әдетте электрмен зарядталған болады. Жер бетіне жуықтау аймақта тұрақты, белгілі бір кернеулікті электр өрісі болады. Бұл кернеулік (E) орташа есеппен 130 В/м шамасындай болады (мұндағы В – вольт, м – метр). Жер шамамен $3 \cdot 10^5 \text{ Кл}$ теріс зарядты болады (мұндағы Кл – Кулон). Бүкіл атмосфера оң зарядты. Электр өрісінің кернеулігінің (E) шамасы орта ендікте үлкен болып Жер полюсі мен экваторға қарай кемиді. Е атмосфераға кернеулік (E) Жерден жоғары көтерілген сайын кемиді, шамамен 10 км биіктікте бірнеше В/м шамасында ғана болады.

А т м о с ф е р а н ы ң э л е к т р ө р і с і. Тропосферадағы барлық бұлттар, тұмандар, шаң-тозаңдар әдетте электр зарядты болады; тіптен таза атмосфераның өзінде тұрақты түрде электр өрісі болады. Жер беті мен ионсфераның аралығындағы потенциалдар айырымы $200\text{--}500 \text{ кВ}$ шамасына тең.

А т м о с ф е р а н ы ң н е г і з г і и о н д а у ш ы л а р ы: 1) атмосфераның бүкіл қалыңдығына әсер етуші ғарыштық сәулелер; 2) Жерде және ауада болатын радиоактивті заттардың сәулелері; 3) $50\text{--}60 \text{ км}$ биіктікте Күннің ультракүлгін және корпускулалық сәулелері болып есептеледі.

«бұзылып» ығысып көрінуін тудырады, көрінерлік көкжиектің биіктігінің аласарып (төмендеп), қысыңқылы немесе көкжиектің биіктеп жоғарылап байқалуына, әртүрлі *сағымның* көрінуіне әкеп соғады. Жарық сәуленің рефракциясы бұлардан өзге құбылыстарды – **жұлдыздардың жыпылықтауын**, кездейсоқ рефракция түрлерін, жарық шоғының дақты (шұбарланған)

А т м о с ф е р а д а ғ ы т о к т а р. Атмосферадағы электр өрісінің кернеулігінің әсерінен Жер бетіне қарай тік бағытталған өткізгіштік ток «ағады».

Н а й з а ғ а й. Бұлттар тудыратын сызықтық найзағай көптеген бөлшектердің арасында электродтар жоқ кезде туындайтын **ұшқынды разрядтың бір түрі** болып табылады.

Э л ь м а о т т а р ы. Жер бетінде кернеулігі 130 В/м тұрақты электр өрісі болады. Осы шама 500–1000 В/м-ден артқанда өзіне тән шуыл таралып, үшкір, созылыңқы заттарда (шөптердің, ағаштардың, электр тарату желілері дінгектердің ұштарында) электр разряды пайда бола бастайды. Өріс күшейген сайын разряд көріне бастайды, кейде едәуір жарқырап **тәж** пішінде байқалады. Атмосферада пайда болған осы электрлік тәж көбінесе **әулие Эльманың оты** деп аталады. Бұл оттар әсіресе таулар мен теңіздерде байқалады. Биік құрылыстарда (телевизиялық мұнарада т.б.) тәж тогы 10 мА-ден асады. Ұшақтардың бұлт арасымен ұшуы кезінде оның үшкір ұштарында әлгіндей тәж токтары пайда болады, осы токтар радиоқабылдағыштарға **бөгеуіл** келтіреді.

АТМОСФЕРИКТЕР (ағылшынша – атмосфералық) – атмосферадағы (мысалы, найзағайда) электр разрядтар кезінде шығарылатын радиосигналдар. Радиоқабылдауға бөгеуіл жасайды, әсіресе аса ұзын және ұзын толқындарда жиірек байқалады.

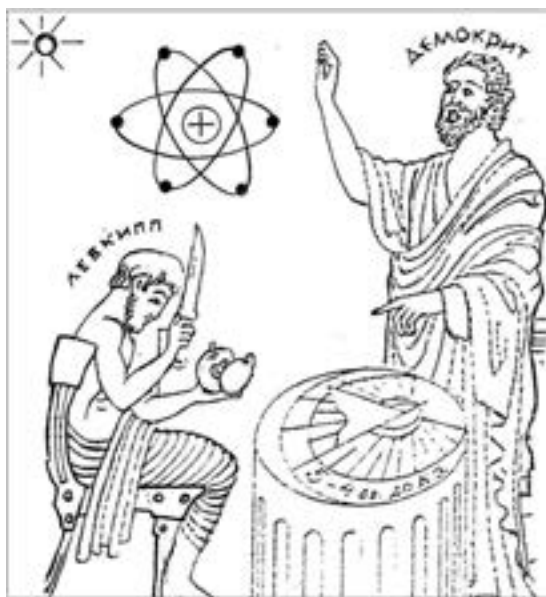
Ысқырғыш атмосфериктер – найзағайдың разрядталуы кезінде жер атмосферасында туатын импульстік сигналдар. Бұл атмосфериктердің максимумы $\omega \sim 1 - 10$ кГц (кило Герц) жиілік аймағында болатын кең алқапты алып жатады. Жер бетінде туатын әлгіндей жиілікті радиотолқындар Жердің магнит өрісінің күш сызықтары бойымен таралып, ионсфера арқылы өтіп, **түйіндес нүктеде** қайтадан Жер бетіне жетеді. Сол себепті кеңалқапты қабылдағыштарда алдымен жоғарыжиілікті сигнал, сонан соң едәуір төменгі жиілікті сигнал естіледі. Осы сигналдар жиілігі біртіндеп бәсеңдейтін **«ысқырық»** секілді дыбыс болып естіледі.

АТОМ (грекше «атомос – бөлшектенбейтін») – заттардың өлшемдері мен массаларының микроскопиялық (микробөлшек) бөлігі, химиялық элементтің өзіне тән қасиеттерін тасушы (сақтайтын) ең кіші бөлігі. Химиялық элементтің әрқайсысына шартты белгімен белгіленетін белгілі бір текті атом сәйкес келеді. Атом еркін (газда) және байланысқан күйлерде болады. Атом бірімен-бірі тікелей немесе молекула құрамында байланысып – сұйық және қатты дене құрайды. Атомның барлық химиялық және физикалық қасиеттері атом құрылымдарының ерекшеліктерімен анықталады.

Атом оң электр заряды бар ауыр *ядродан* және оның төңірегін айнал-

дыра қоршаған жеңіл бөлшектер – теріс зарядты электрондардан түзілген электрондық қабықшадан құралған. Атомның өлшемдері бүтіндей электрондық қабықшаның өлшемдерімен анықталады және де бұл өлшем атом ядросының өлшемімен салыстырғанда одан үлкен болады, атомның сызықтық өлшемі жуықтап алғанда $\sim 10^{-8}$ см, ядросынікі $\sim 10^{-12}$ – 10^{-13} см. Электрондық қабықшаның қатаң шекарасы жоқ, атомның өлшемдері осы өлшемдерді анықтау тәсілдеріне байланысты болады.

Ядроның заряды – атомның негізгі сипаттамасы болып табылады, ол белгілі элементке тән болуына байланысты; ядроның заряды қарапайым бөлшектің электр зарядына (e) бүтін еселік болады, абсолюттік шамасы бойынша $-e$ электр зарядына тең, яғни $+eZ$ -ге тең, мұндағы Z – атомдық нөмір (элементтер жүйесіндегі элементтің реттік нөмірі). Атом электрлік бейтарап жүйе; $+eZ$ зарядты болатын ядро жалпы заряды $-eZ$ зарядына тең Z электронды ұстап тұрады. Бір немесе бірнеше электрондарынан айырылған (жоғалтқан) атом оң ион деп аталған, оның заряды $+ek$, мұндағы k – электрондарды өзіне қосып алған атомның иондалу еселігі, бұл теріс ионды атом. Кейде «атом» деп бейтарап атомды да, оның ионын да атаймыз. Оң және теріс иондарды бейтарап атомнан ажырату үшін элементтің химиялық



Ежелгі грек ойшылдары бүкіл дүние құралатын атомдардың төрт түрі және олардың түрі сызбада көрсетілгендей болады деп болжаған. 1903 жылы Джозеф Томсон (1856–1940) болжаған атом моделі сырттай қарағанда кәдімгі қарбызға ұқсастау болған (бірақ оның шөпектері қарбыздағыдай көп емес – аздау болуы тиіс). Томсонның болжалы бойынша атом оң зарядталған сфера тәрізді болып, оның ішінде теріс зарядты электрондар орналасқан. Қарбыздың шөпектерінің орнында (аздаған) электрондар болған деп елестетуімізге болады. Ежелгі аңыз бойынша біздің заманымыздан бұрынғы VI–V ғасырларда ежелгі грек ойшылдары арасында таралған «Әлем неден құралған?» деген сұраққа ойшыл Левкипп (б.з.б. 500–440) кәдімгі алманы бөлшектеп отырып, оны қаншалықты ұсақтап бөлуге болады деген ойға келген. Алманың ең соңында бөлшектенбейтіндей өте ұсақ түйіршекке келетіндігі туралы қорытындыға келеді. Осылайша бөлшектенбейтін материяны ол өз тілінде (яғни грекше) атом деп (яғни сөзбе-сөз тәржімелегенде «ұсақталмайтын» немесе «бөлшектенбейтін» бөлшек) атап, «атом» ұғымы қалыптасқан. Левкипптің шәкірті Демокрит (б.з.б. 460–371) ұстазының идеясынан жаңа философия тұжырымдаған. Оның тұжырымы бойынша «Әлемнің бастамасы – атомдар мен бос кеңістік» деген қорытынды орныққан.

шартты белгісіне иондалудың еселігін анықтайтын индекс қосылып жазылады (мысалы, O^+ , O^{8+} , O^{2-}). Бейтарап атом мен әлгіндей электрондар саны бар басқа элементтердің жиынтығы и з о э л е к т р о н д ы қ к а т а р д ы құрайды (мысалы, сутегіне ұқсас қатар H , He^+ , Li^{2+} , ...).

Атом ядросы зарядының қарапайым зарядқа еселігі атомның құрылымын түсіндіреді: оның құрамына $+e$ зарядты Z протондар, сонымен бірге бейтарап бөлшек – *нейтрондар* енген. Атомның массасы Z артқан сайын өседі.

Электронның массасы ($\approx 0,91 \cdot 10^{-27}$ г) протонның немесе нейтронның массасынан (жуық шамамен 1840 есе) едәуір аз ($\approx 1,67 \cdot 10^{-27}$ г), сондықтан бұлардың атомдық массадағы электрондардың үлесі шамалы ғана.

Бір элементтің атомының массалық саны (протондар саны бірдей, ал нейтрондар саны әрқилы болады) әрқилы болуы мүмкін; бір элементтің атомының осындай әртүрлі болуы *изотоптар* деп аталған. Ядро массасының әрқилы болуы бір элементтің изотоптарының химиялық және физикалық қасиеттеріне әсерін тигізбейді. Әдеттегі жеңіл сутегінің (протий $A = 1$), дейтерий ($A = 2$) және тритий ($A = 3$) массаларының айырмашылығының үлкен болуы себепті сутегі изотоптарында ең көп айырмашылық (изотоптық эффектілер) сутегі изотоптарында байқалады.

Атом массасының дәл мәні *масс-спектроскопия* әдістерімен анықталады. Өлшеулер мынаны айғақтаған; атомның массасы ядро мен барлық электрондардың массаларының қосындысынан **масса кемістігі** (дефекті) деп аталған шамаға кем болатынын айғақтаған; $\Delta m = W/c^2$, мұндағы W – атомның байланыс энергиясы c – жарық жылдамдығы. Ауыр атомдар үшін Δm электрон массасына қарайлас, ал жеңіл атомдар үшін электрон массасы $\sim 10^{-4}$ -ке тең.

Өлшемі кіші ядроның массасы үлкен болғандықтан атомды жуық шамамен өзінің массасының орталығында тынышталған нүкте ретінде қарастыруға болады. Оған қоса атомды қозғалмайтын тарту орталығының төңірегінде қозғалатын

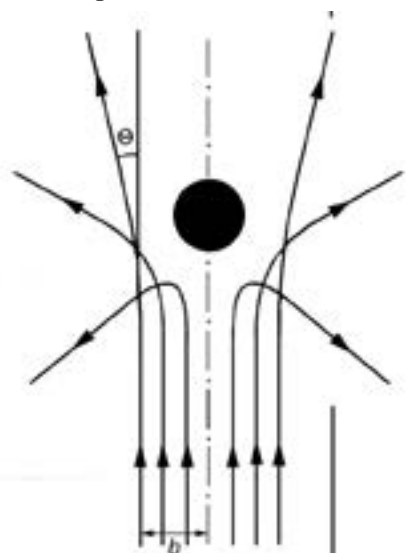


Осыдан сәл кейінірек ежелгі гректің өзге бір атақты ойшылы Аристотель (б.з.б. 384–322) алғашқы материя: от, ауа, су немесе топырақтан (жерден) құралған деп төрт стихияға (бөлшекке, элементке) бөлген. Осылардан әлемдегі бүкіл заттар аралас-құралас құрылатын болған. Осыларға қосымша оның ұстазы Платон (б.з.б. 427–347) бесінші бөлшек (элемент) – эфирді қосқан.

N электрондар жүйесі ретінде де қарастырылады. Оның толық ішкі энергиясы \mathcal{E} барлық электрондардың кинетикалық энергияларының T және бұларды ядроның тарту және бірін-бірі тебу энергияларының U қосындыларына тең. Қарапайым жағдайда сутегі атомында заряды $+e$ ядроның төңірегінде заряды $-e$ бір электрон шыркөбелек айналып қозғалады.

Атом – кванттық жүйе болып табылады, яғни кванттық-механикалық заңдарға бағынышты; мұның негізгі сипаттамасы – толық ішкі энергиясы \mathcal{E} , бұл энергия мына дискретті қатардың тек бір ғана мәнді қабылдайды: $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3, \dots$ ($\mathcal{E}_1 < \mathcal{E}_2 < \mathcal{E}_3 < \dots$)

Атом ішкі энергияның \mathcal{E} аралық мәнін қабылдай алмайды. Осы энергияның \mathcal{E} «рұқсат етілген» әрбір мәніне атомның кванттық күйлерінің бір немесе бірнеше орнықты (уақыт бойынша өзгермейтін) мәндері сәйкес келеді. Атом энергиясы бір тұрақты күйден екінші күйге тек секірісті түрде – *кванттық ауысу* тәсілімен ғана өзгере алады.



Атомның ішкі энергиясының мүмкін болатын ең аз төменгі деңгейі \mathcal{E}_1 **негізгі деңгей**, ал бұдан өзгелері ($\mathcal{E}_n > \mathcal{E}_1, n=2,3, \dots$) – **қоздырылған күй** деп аталған, себебі осы деңгейге ауысу үшін атомды қоздыру қажет, сырттан $\mathcal{E}_n - \mathcal{E}_1$ энергия беру керек. Атомның энергиясын кванттау электрондардың толқындық қасиетінің салдары болып табылады. *Кванттық механикаға* сәйкес, p импульсті микробөлшектің қозғалысына $\lambda = h/p$ толқын ұзындығы сәйкес болады, атомдағы электрондар үшін $\lambda \sim 10^{-8}$ см, яғни атомның сызықтық өлшемімен қарайлас. Атомдағы электрондардың байланысқан қозғалысы ($\mathcal{E} < 0$) тұрғын толқынға ұқсас, оны **материалдық нүктенің** траектория бойынша қозғалысы ретінде емес, күрделі тербелмелі үрдіс ретінде қарастыру керек. Шектеулі көлемдегі тұрғын толқындар үшін λ -ның тек белгілі бір мәнінің болуы мүмкін; Бор атомының моделі үшін, атомдағы электрон белгілі бір орбита бойынша қозғалады, бүтін

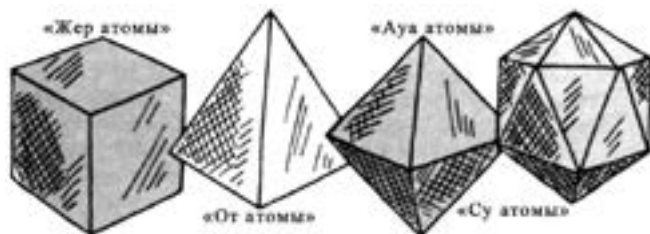
санды λ (толқын ұзындығы) салынатын дөңгелек орбита мүмкін болады. λ -ның белгілі мәніне p және \mathcal{E} -нің белгілі бір мәндері сәйкес келеді.

Атомнан бөлініп шыққан электронның еркін қозғалысы шексіз көлемдегі кума толқынның

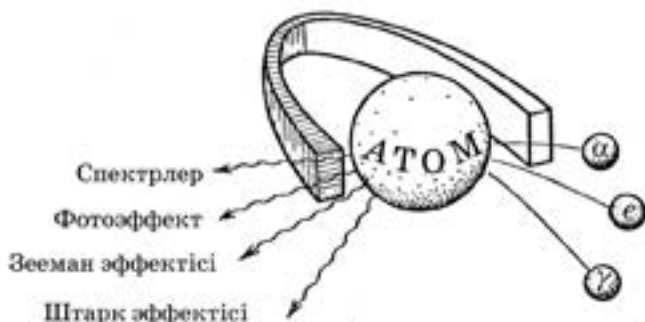
таралуына ұқсас, бұл үшін λ -ның кез келген мәндері мүмкін болады; мұның энергиясы квантталмайды және үздіксіз энергетикалық спектрлі болады. Осындай үздіксіз энергия тізбегі иондалған атомдарға тән, яғни $\mathcal{E} > 0$ болғанда. $\mathcal{E}_\infty = 0$ мәні атомдардың иондану шекарасына сәйкес болады, ал $\mathcal{E}_\infty - \mathcal{E}_1$ айырымы негізгі иондалу энергиясына тең $\mathcal{E}_{ион}$ (сутегі үшін $\mathcal{E}_{ион} = 13,6$ эВ).

Атом ең жоғары энергиялы \mathcal{E}_i деңгейден ең аз энергиялы деңгейге \mathcal{E}_k кванттық ауысуы кезінде $\mathcal{E}_i - \mathcal{E}_k$ энергияны сыртқа шығарады (таратады), кері ауысу кезінде осы энергияны жұтады. Кванттық ауысудың маңызды сипаттамасы 1 секундтағы ауысулар санын анықтайтын ауысу ықтималдығы болып табылады. Атомның сәуле шығару кезіндегі кванттық ауысуында ($\mathcal{E}_k \rightarrow \mathcal{E}_i$ ауысуда) электрмагниттік сәуле жұтады немесе ($\mathcal{E}_i \rightarrow \mathcal{E}_k$ ауысуда) таратады (шығарады) [мысалы көзге көрінетін сәулені, ультракүлгін сәулені, инфрақызыл сәулені, аса жоғары жиілікті (микротолқынды) сәулелерді]. Атомдар электрмагниттік энергияны жарық сәуленің кванты – $\mathcal{E}_i - \mathcal{E}_k = h\nu$ қатынасына сәйкес белгілі бір жиілікпен сипатталатын **фотондар** түрінде жұтады және шығарады (таратады), (мұндағы $h\nu$ – фотонның энергиясы), бұл – сәуле шығаруға байланысты микроүрдістерге арналған **энергияның сақталу заңы** болып табылады.

Атом негізгі күйде фотондарды тек жұта алады, ал қозған күйде фотондарды жұта да, шығара да алады. **Еркін атом негізгі күйде шексіз ұзақ уақыт бола**



Ежелгі гректердің пайымдаулары бойынша атомдар осындай болмақ



алады; оның қоздырылған күйде болу уақытының ұзақтығы – қоздырылған энергия деңгейінде болатын бар «өмір сүру» уақыты шектеулі; атом фотон шығарып әрі энергияның ең төменгі

деңгейіне ауысып, қоздыру энергиясын өз еркімен ішінара немесе түгелдей жоғалтады. Қоздырылған атомның өз еркімен ауысу ықтималдығы қаншалықты ұзақ болса, «өмір сүру» уақыты соншалықты қысқа болады (қоздырылған Н атомы үшін $\sim 10^{-8}$ секундқа тең).

Сәуле шығару және мүмкін болатын жиіліктер жиынтығы **атомның оптикалық спектрін**; төменгі деңгейден жоғарғы деңгейге ауысу жиілігінің жиынтығы – **жұту спектрін**, жоғарғы деңгейден төменгі деңгейге ауысу-шығару спектрін анықтайды.

Сәуле шығарусыз өтетін кванттық ауысуларда атом өзімен соқтығысатын (мысалы, газдарда) немесе ұзақ уақыт байланысқан (молекулаларда, сұйықтарда және қатты денелерде) өзге бөлшектермен өзараәсерлескенде энергия бөліп шығарады (береді) немесе жұтады (алады). Атомаралық газдарда соқтығысулар аралығындағы уақытта атомдарды **еркін атомдар** деп санауға болады; соқтығысулар (соққы) кезінде атом энергияның өзге деңгейіне өте алады (серпімсіз соқтығысу, серпімді соқтығысулар кезінде атомның тек кинетикалық энергиясы ғана өзгеріске ұшырайды, ал ішкі энергиясы өзгеріссіз қалады). Еркін атомның шапшаң қозғалатын электронмен соқтығысулары электрондық соққымен атомның қоздырылуы – атом энергиясының деңгейін анықтайтын әдістердің бірі болып табылады.

Атомның көпшілік қасиеттері және оның электрондары әлсіз байланысқан сыртқы электрондық қабықшасының құрылымы мен сипаттамасы бойынша анықталады. Электрондары едәуір берік байланысқан ішкері қабықшаларының құрылымы тек атомдардың шапшаң қозғалатын бөлшектермен және жоғары энергиялы фотондармен өзараәсерлесуі кезінде байқалады. Осындай өзараәсерлесу атомның **рентгендік спектрлерін** және бөлшектердің шашырауын айғақтайды. Атомның массасы атомның механикалық қасиеттерін – оның импульсін, кинетикалық энергиясын түгелдей анықтайды. Атом ядросының механикалық және онымен байланысты магниттік және электрлік моменттері бірқатар физикалық аса дәл эффектiлерге тәуелдi (ядролық магниттік резонанс, ядролық квадрупольдi резонанс, аса дәл құрылым т.б.).

Атомның сыртқы қабықшасындағы электрондар сыртқы әсерлерге оңай ұшырайды. Атомдар бір-бірімен жақындасқан кезде күшті өзараәсерлесу туады (алмаспалы өзараәсерлесу деген де қосылады), осының нәтижесінде **молекулалар** түзіледі. Сыртқы қабықшадағы электрондар химиялық байланыстарға қатысады.

Екі атомның әлсіз электрстатикалық өзараәсерлесуі әлгілердің өзара полярлануында – электрондардың ядроға қатысты ығысуынан байқалады. Атомдар арасындағы

тартылыс күштерінің полярлануы пайда болады. Атомдардың полярлануы сыртқы электр өрісінде жүзеге асырылады; нәтижесінде энергия деңгейлері ығысады, бұл жайт қайта туған энергия деңгейлерінде өте маңызды, олар ыдырайтын болады (*Штарк эффектiсi*). Атом жарық сәуленің электрлік өрісінің әсерінен полярлана алады; полярлану жиілік пен сыну көрсеткішіне тәуелді болады. Атомның оптикалық сипаттамасының оның электрлік қасиеттерімен тығыз байланысы, оның оптикалық спектрінен айқын байқалады.

Атомның магниттік қасиеттері сыртқы электрондарымен анықталады. Қабықшалары электрондармен түгелдей толтырылған атомның магниттік моменті, толық механикалық момент ретінде нөлге тең. Электрондармен түгелдей толтырылмаған сыртқы қабықшалы атомның магниттік моменті нөлге тең емес; мұндай атом *парамагниттік* атом болып табылады. Сыртқы магнит өрісінде магниттік моменттері нөлге тең емес атомдардың бүкіл деңгейлері ыдырайтын болады (*Зееман эффектiсi*). Барлық атомдар сыртқы магнит өрісінің әсерінен магниттік моменттері (индукцияланған момент деп аталған) пайда болатын *диамагнетизм* қасиетіне ие болады.

Қозған атом – атомның негізгі күйдегі энергиясымен салыстырғанда артық энергиялы күйі.

Сутекке ұқсас атом – сыртқы қабықшасында бір ғана электроны болатын атом.

Дүмпүлік атом, т е б у л і к а т о м – ядросы радиоактивтік түрлену кезінде атом орналасқан ортаның бөлшектерінің жылулық қозғалыс энергиясынан айтарлықтай артық энергия алған атом.

АТОМАРАЛЫҚ ӨЗАРАӘСЕРЛЕСУ – құрамына еркін және бір немесе әртүрлі молекулалар, кристалдар енген атомдар арасындағы өзараәсерлесу. Атомаралық өзараәсерлесулер коваленттік, иондық, металдық, сутегілік және ван-дер-ваальстік түрлерге топталған. Осы аталғандардың алғашқы үшеуі химиялық байланыстардың себептері болса, сутегілік байланыс молекулалар ішілік және әртүрлі молекулалар арасында екі теріс электрлі атомдар арасында оң электрлі Н атомы болған жағдайда жүзеге асырылады; ван-дер-ваальстік атомаралық өзараәсерлесу молекулааралық өзараәсерлесуді тудырады. Коваленттік, иондық және металдық, атомаралық өзара әсерлесудің энергиясы $\sim 10^2$ кДж/моль, сутегілік байланыстың энергиясы $\sim 10\text{--}50$ кДж/моль және ван-дер-ваальстік энергия $\sim 0,1\text{--}1$ кДж/моль.

Коваленттік атомаралық өзараәсерлесу көршілес атомдардың жұп электрондарының ортақтастырылуынан туындайды. Бұл әсерлесу көбінесе **алмасу әсерлесуі** деп аталған. Бұл әсерлесу жай газдардың (H_2 , Cl_2) молекулаларының, әртүрлі қосылыстардың (H_2O , NH_3), көптеген органикалық молекулалардың (CH_4 , $\text{H}_3\text{C}\text{--}\text{CH}_3$) түзілуіне себепші болып табылады.

Иондық атомаралық өзараәсерлесу валенттілік электрондарды бір атомнан өзге атомға ауыстыруға және иондардың осы ауысулары нәтижесінде пайда болған электрстатикалық өзараәсерлесуді тудырған. Бұл байланыс металдар мен металлоидтар қосылыстарына $[(\text{NaCl}, \text{CaCl}_2, \text{Al}_2\text{O}_3)]$ және иондық кристалдарға $[\text{NaCl}, \text{C}_s\text{Cl}]$ тән.

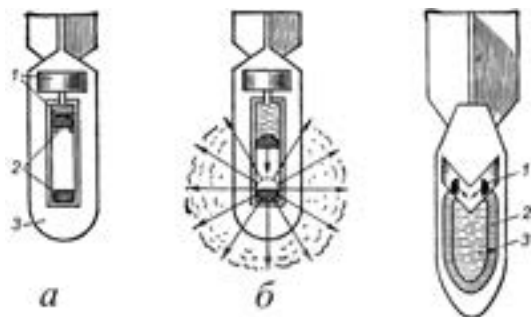
Металдық атомаралық өзараәсерлесу таза металлдар мен олардың қоспаларының өзара байланысына және металл торында еркін қозғалатын өткізгіштік электрондардың болуына тәуелді. Осы электрондар металдың оң зарядталған атомдарымен өзараәсерлесіп бір-бірімен бірігеді. Осы әсерлесудің коваленттік және иондық атомаралық өзараәсерлесуден өзгешелігі бұлар оқшауланбаған әрі бағытталмаған.

Сутектік атомаралық өзараәсерлесу – электрлік теріс атомдар (электронға «туыстас» атомдар. Мысалы O, N, F) аралығында H атом болған жағдайда пайда болады. H атомындағы электрон протонмен әлсіз байланысқан, сондықтан электрондық тығыздық электрлік теріс атоммен араласқан. Осының нәтижесінде протон «жалаңаштанатын» болады және O... O, O...N атомдардың жақындасуына кедергі келтірмейді, осы атомдардың арасы H-тің атомы жоқ болған кездегіден гөрі жақын бола түспек.

Ван-дер-Ваальстік атомаралық өзараәсерлесу – атомдардың электрондық қабықшаларының қайтадан жабылуы және дисперстік тартылысы салдарынан болатын тебілулердің жиынтығы. Атомдар өзара жақындасқанда қарама-қарсы бағытталған спинді атомдар бірінен-бірі тебіледі. Электрондараралық тебілулер нәтижесінде өзараәсерлесетін екі атом ядросы арасындағы кеңістіктегі электрондық тығыздық кемитін болады, осы жайт ядроаралық тебілулер энергиясын арттырады. Сонымен, атомдардың ван-дер-ваальстік тебілулері олардың жақындасуы кезіндегі электрондардың тебілулерінен және ядролардың электрстатикалық тебілулерінен, электрондардың өзараәсерлесулерінің салдарының жиынтығы болады. Ван-дер-ваальстік атомаралық өзараәсерлесу нақты газдардың *идеал газдардан* айырмашылығының себебі болған.

АТОМ БОМБАСЫ (грекше «бомбас – қатаң шуыл») – ядролық зарядпен жарақталған бомба. Жарылыс әсері өте күшті қиратқыш қару. Онда уран-235 немесе плутоний-239-дың өздігінен өтетін *тізбекті ядролық реакция* пайдаланылған. Бұл бомбаның негізгі бөліктері – ядролық заряд, жарғыш (қопарғыш) құрылғы және бомба қабықшасы. Ыдырайтын зат зарядының кризистік массадан артық массасы қопарылыс тудырылғанша кризистік массадан кем екіге бөлініп бір-бірінен оқшау тұрады. Бомба жарылатын кезде жарғыш құрылғы оқшау тұрған екі

зарядты бір-біріне лезде жанастыратын болады, сол сәтте зарядтың массасы кризистік массадан артып ядролық жарылыс болады. *Ядролық реакция* секундтың миллиондық үлесінде уақытта аяқталады. Атом бомбасының қопарылысы кезінде бір мезгілде өте қуатты **қопарылыс толқыны, жарық сәуле және өтімділігі күшті радиация** таралады. Радиация қоршаған ортаны (жерді, ауаны, суды) **радиоактивтік қалдық заттармен ластайтын** болады.



Атом бомбасының сұлбасы: а) 1 – қопарғыш құрылғы; 2 – ядролық заряд (плутоний немесе уран); 3 – қабықша, б) бомбаның қопарылыс кезіндегі көрінісі

«Атом бомбасы» деген атауды алғаш рет ағылшынның фантаст-жазышысы Герберт Уэллс (1966 – 1916) өзінің 1913 ж. жарияланған «Әлемді құтқару» деген романында қолданған. Шар тәрізді **уран-235-тің кризистік массасы – 74,8 кг-ға, ал плутоний-239-дың кризистік массасы 9,65 кг-ға тең.**

АТОМДАРДЫҢ СОҚТЫҒЫСУЛАРЫ – екі атомдық бөлшектің (атомдардың, молекулалардың, электрондардың немесе иондардың) ядроларының құрылымдары мен құрылысы өзгермейтін қарапайым соқтығысулары. Атомдардың соқтығысулары **серпімді** және **серпімсіз** соқтығысуларға ажыратылады. Атомдардың **серпімді соқтығысуы** кезінде соқтығысушы бөлшектердің кинетикалық энергиясының қосындысы бастапқы күйінде қалады, тек бөлшектер арасында қайтадан бөлініп үлестіріледі, бөлшектер қозғалысының бағыттары өзгереді. **Серпімсіз соқтығысу** кезінде соқтығысушы бөлшектердің ішкі энергиясы өзгеріске ұшырайды (энергиялар басқа энергия деңгейіне ауысады) және сәйкес түрде олардың толық кинетикалық энергиясы өзгереді. Сонымен қатар атомның электрондық күйі немесе молекулалардың тербелістік немесе айналмалы күйі өзгереді.

Атомдардың серпімді соқтығысулары газдардағы немесе әлсіз иондалған плазмадағы ауысу құбылыстарын анықтайды. Атомдардың соқтығысуларына ұшырайтын бөлшектер өзге бөлшектерді шашыратып, олардың еркін қозғалысына кедергі келтіреді. Сол себепті *диффузия* (бөлшектерді тасу), *тұтқырлық* (импульсті тасу), жылу өткізгіштік (энергия тасу) коэффициенттер және басқа газ тасу коэффициенттері атомдардың немесе осы газдың молекулаларының жан-жаққа үлкен бұрыш жасап шашырауының эффектілі (тиімді) қимасы арқылы өрнектеледі.

АТОМДАР МЕН МОЛЕКУЛАЛАРДЫҢ ҚОЗУЫ – атомдар мен молекулалардың фотондар жұтуы (**фотоқозу**) немесе электрондармен және бөлшектермен соқтығысулары кезінде (**соққы арқылы қозу**) ең аз энергиялы деңгейден (мысалы, негізгі деңгейден) көп энергиялы деңгейге кванттық ауысуы. Жарық сәуле әсерінен ν жиілікті бір фотонды жұту нәтижесінде $h\nu = \mathcal{E}_i - \mathcal{E}_k$ энергиялы қарқындылығы әлсіз қозуға ұшырайды (мұндағы h – Планк тұрақтысы, ν – жиілік, \mathcal{E} – энергия). Лазерлік сәуле өрісінде бірмезгілде бірнеше фотон жұту арқылы қозу мүмкін болады, мұның қосынды энергиясы атомдағы немесе молекуладағы ауысу энергиясына $\mathcal{E}_i - \mathcal{E}_k$ тең.

АТОМДЫҚ МАССА, ескірген атауы – **атомдық салмақ** – массаның атомдық бірлігімен (м.а.б.) өрнектелген атом массасының салыстырмалы мәні. Атомдық масса атомдық бөлшектердің құраушыларының массаларының қосындысынан масса ақауындай (дефектісіндей) шамаға (m) кем. Орыс ғалымы Дмитрий Менделеев (1934 – 1907) элементтердің периодтық жүйесінде элементтің негізгі сипаттамасы ретінде атомдық массаны алған. Атомдық массаның **массалық саннан** атом ядросындағы (нейтрондар мен протондардың қосындысынан) айырмашылығы бұл масса – бөлшектік шама. Бір химиялық элементтің изотоптарының атомдық массалары әртүрлі болады, табиғи элементтер изотоптардың қоспаларынан құралған, сондықтан атомдық масса үшін изотоптардың атомдық массаларының орташа мәні қабылданған.

АТОМДЫҚ НӨМІР, Z – атомның негізгі қасиеттерін анықтаушы ядроның зарядына (қарапайым электр зарядының бірлігіндегі) тең, атомның негізгі сипаттамаларының бірі. **Атомдық нөмір ядродағы протондар санына, бейтарап атом үшін – ондағы электрондар санына тең.** Менделеевтің элементтердің периодтық жүйесінде химиялық элементтер атомдық нөмірдің өсу реті бойынша орналасқан. Сол себепті химияда осы атаудың синонимі – **р е т т і к н ө м і р** атауы қабылданған.

АТОМДЫҚ РЕАКТОР (латынша «ре» – қарама-қарсы әсерді білдіретін қосымша + «актио – әсер») – қ. *ядролық реактор*. «Атомдық реактор» деген атау көпшілік арасында «**атомдық қазан**» деп те аталады.

АТОМДЫҚ САҒАТ – қ. *кванттық сағат*.

АТОМДЫҚ САЛМАҚ – **атомдық массаның** ескірген атауы. Қазіргі кезде қолданыстан шығып қалған. қ. *Атомдық масса*.

АТОМДЫҚ СПЕКТРЛЕР (латынша «спектрум – көріну») – атомдардың *энергиялық деңгейлері* аралығындағы электромагниттік сәуле шығарушы кванттық ауысулар кезінде еркін немесе өзара әлсіз әсерлесетін атомдардың әлгіндей

сәуле шығаруын және жұтуын сипаттайтын спектрлер. Бұл спектрлер электр-магниттік сәулелер жиілігімен (ν) сипатталып, жеке-дара спектрлік сызықтардан құралған. Бұл сызықтардың әрқайсысы екі энергиялық деңгейдің (\mathcal{E}_i және \mathcal{E}_k) аралығындағы белгілі бір кванттық ауысуларға сәйкес болады және электр-магниттік сәулені жұту және шығару (тарату) жиілігінің (ν) мәндерімен сипатталады, Нильс **Бордың** жиілік шартына $h\nu = \mathcal{E}_i - \mathcal{E}_k$ (мұндағы h – Планк тұрақтысы). Спектрлік сызықтық жиілікке қоса толқын ұзындығы $\lambda = c/\nu$, толқындық сан $1/\lambda = \nu/c$ (мұны спектроскопияда көбінесе ν арқылы белгілейді) және фотон энергиясымен де ($h\nu$) анықтауға болады. Атомдық спектрлер өздеріне тән ерекшеліктерімен ажыратылады, бұлардың түрлері тек атомның құрылымымен ғана емес, сонымен қатар сыртқы факторлар – температурамен, қысыммен, электрлік және магниттік өрістермен т.б. анықталады.

Атомдық спектрлер көзге көрінетін сәулелермен, ультракүлгін сәулемен және жақын инфрақызыл сәулелерден байқалады. Атомдық сәуле шығару спектрлері (эмиссиялық атомдық спектрлер) атомдарды әртүрлі тәсілдермен қоздырған (жарықпен, электрондық соққымен т.б.) кезде пайда болады. Атомдық жұту спектрлері (абсорбциялық атомдық спектрлер) сәуленің үздіксіз спектрлерінің газдар немесе бу атомдары арқылы өтуі кезінде туындайды. Бейтарап атомдардың спектрлерін көбінесе **доғалық атомдық спектрлер** деп атайды, себебі бейтарап атомдар электр доғасымен оңай қозады; иондардың атомдық спектрлері сәйкес түрде **ұшқындық спектрлер** делінеді. Сыртқы электрлік және магниттік өрістердің әсерлерінен атомдық спектрлер **спектрлік сызықтарға жіктелетін** болады (*Зееман эффектісі* мен *Штарк эффектісі*).

АТОМДЫҚ ФИЗИКА (грекше «физис – табиғат») – физиканың атомның құрылысы мен қасиеттерін және атомдық деңгейдегі қарапайым үрдістерді зерттейтін тарауы. Атомдық физикаға тән өзгешелік – арақашықтық $\sim 10^{-8}$ см (яғни атомның өлшемі) және байланыс энергиясы мен бірнеше эВ (ядролық физика үшін сәйкес шамалар $\sim 10^{-13}$ см және бірнеше МэВ) шамасындағы қарапайым үрдістер. Атомдық деңгейдегі заттардың құрылысы мен қарапайым үрдістері электр-магниттік өзараәсерлесуге байланысты. **Атомдық физиканың теориялық негізі – кванттық механика.**

Атомдық физика атомның құрылысын, *ядродан* және электрондардан құралған атомның *энергия деңгейлерін* және олардың сипаттамаларын, атомдағы сәуле шығаратын және сәуле шығармайтын кванттық ауысуларды, атомның қозуы және атомдардың соқтығысуларын, сонымен қатар атомдардың электрлік және магниттік қасиеттерін, бұлардың сыртқы өрістердегі тәртіптерін *кванттық*

жүйе ретінде қарастырады. Атомдық физикада сан алуан ғылыми тәжірибелік әдістер қарастырылады, бұлардың арасында ерекше маңыздысы спектрлік әдістер (оптикалық спектроскопия, радиоспектроскопия әдістері).

Кейбір жағдайларда атомдық физика едәуір кең мағынада молекулалар физикасын және заттардың кванттық қасиеттерін атом-молекулалық деңгейде қарастырады.

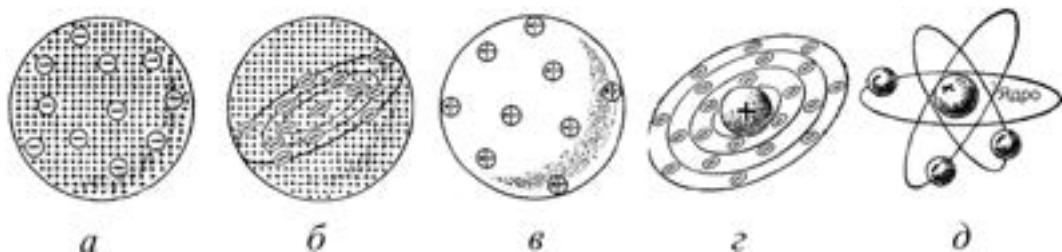
Атомның материяның бөлшектенбейтін бөлшегі ретіндегі түсінігі ежелгі заманда [Демокрит (б.з.б. 460 – 371), Эпикур (б.з.б. 341 – 270)] пайда болғанымен, тек XIX ғасырдың басында негізгі химиялық заңдар мен *идеал газ* заңдарының ашылуынан соң атомның химиялық элементтің ұсақ бөлшектері ретіндегі түсінік [ағылшын химигі әрі физигі Джон Дальтон (1766 – 1844), итальян ғалымы Амедео Авогадро (1776 – 1856), швед химигі Якоб Берцелиус (1779 – 1848)] қалыптасты. XIX ғасырдың орта шенінде **атом мен молекуланың арасындағы шегі айқындалды**. [итальян химигі Станислао Канниццаро (1826 – 1910)]. 1869 ж. Дмитрий Менделеев (1834 – 1907) ашқан элементтердің периодтық жүйесінің маңызы зор болды. Атомның күрделі құрылымды екендігі мәлім болды.

Атомдық физиканың бастамасы XIX ғасырдың соңында 1895 ж. ашылған *рентген сәулесінің*, 1896 ж. француз физигі Анри Беккерельдің *радиоактивтілікті*, 1897 ж. ағылшын физигі Джозеф Томсонның (1856 – 1940) *электронды* ашуы ұлы жаңалықтар болды. Радиоактивтілікті зерттеу [Француз физиктері: Пьер (1859 – 1906) және Марья (1867 – 1934) Кюрилердің] нәтижелері атомның өзгермейтіндігі мен бөлшектенбейтіндігі туралы түсінікті біржолата теріске шығарды. 1903 ж. ағылшын физиктері: Эрнест Резерфорд (1871 – 1937) пен Фредерик Содди (1877 – 1956) радиоактивтілікті химиялық элементтердің түрленуі ретінде түсіндірді. 1911 ж. Резерфорд ауыр элементтер атомдарының *α-бөлшектерді* шашыратуын зерттеу негізінде атомның ауыр *ядродан* және оны қоршаған *электрондардан* құралған планетарлық моделін ұсынған. Осы модель бойынша атомның орнықтылығы кванттық түсініктер негізінде және 1913 ж. дат физигі Нильс Бор (1885 – 1962) тұжырымдаған атомдық теорияда алғаш рет түсіндірілді. Атомдық физиканың әрі қарай дамытылуы кванттық теориямен тығыз байланыста өтті. XX ғасырдың 40-жылдарына дейін атомдық физика атом ядросының құрылысына және *қарапайым бөлшектердің* қасиеттеріне байланысты мәселелерді қамтыды; соңынан білімнің осы саласы физиканың дербес бөліміне айналды.

АТОМ МОДЕЛЬДЕРІ – атом құрылымын түсіндіруге арналған болжал модельдер. 1897 ж. ағылшын физигі Джозеф Джон Томсон (1856 – 1940) *солғын*

разрядтағы катодтық сәуленің магниттік және электрлік өрістерде таралуын зерттеу нәтижесінде теріс зарядты бөлшек – *электронды* ашқан. Осыдан 6 жыл өткен соң **Томсон** атом моделінің алғашқыларының бірі болып есептелетін өзінің моделін ұсынған. Осы модель бойынша атом **оң зарядты** сфера пішінді болып, оның ортасының ішінің әр жерінде **теріс зарядты электрондар** орналасқан болды. Сфера ішіне орналасқан электрондардың барлығының теріс зарядының қосынды мөлшері сфераның оң зарядымен тең болады деп жорылған. Модельдегі электрондар сфераның ортасында тербелетін кезде атом жарық шығарады деп есептелді. **Томсонның** ойынша электрондар сфераның ортасының айналасында топталатын болды. Томсонның моделі бойынша атомның массасы оның алып жатқан барлық көлемі бойынша біркелкі орналасатын болған.

1908 – 1911 жылдар аралығында ағылшынның басқа бір физигі Эрнест **Резерфорд** (1871 – 1937) металл фольганың (латынша – парақ деген сөз) *α-бөлшектерін* шашырататындығын байқаған. Осы ғылыми тәжірибенің нәтижесінде *α-*



Атомның алғашқы модельдері: а – У.Томсонның (1902); б – Дж.Томсонның (1904); Ф.Ленардтың (1903); г – Х.Нагаоканың (1904); д – Э.Резерфордтың (1911) моделі

бөлшектердің көпшілігі әлгі фольгадан өтіп кететіндігін, ішінара кейбір, онда *α-бөлшектерінің* 90° бұрышпен кері шағылысатындығы ғалымды ойландырған. Томсонның моделі бойынша атом массасы сфераның ішінде біркелкі орналасатын болса *α-бөлшектердің* барлығы бірдей әлгі фольгадан өтіп кетер еді, бірақ тәжірибеде олай болмай шықты, олай болса *α-бөлшектің* кейбіреуінің кері бағытта шағылысуы тығыз массадан өте алмай (тебілген кәдімгі доптың кедергі қабаттан өте алмай кері серпілетіні секілді) серпілуінен болар деген тұжырым жасауға түрткі болған. *α-бөлшектердің* шашыратылуы атомның бүкіл массасы өте шағын көлем – **атом ядросында** топталған деген қорытынды шығаруға себепші болған. Атом ядросының диаметрі атомның диаметрінен 10000 есе кіші екені айғақталған. Резерфордтың тәжірибесіндегі көпшілік *α-бөлшектердің* ядроның массасының маңайынан өтетіндігін, ал кейбір *α-бөлшектердің* атом ядросымен соқтығысып, кері серпілетіндігі белгілі болған.

Резерфордың тәжірибесі атомның ядролық моделін жасауға негіз болды. Осы модель атомның құрылысы туралы біздердің бүгінгі күнгі түсінігіміздің негізіне алынған. Атомның ортасында **атом ядросы** орналасқан (мұның өлшемі жуық шамамен 10^{-14} метр); атомның ядродан өзге көлеміне **электрондар** жайғасқан. Ядроның ішінде электрондар жоқ (бұл XX ғасырдың 30-ж. белгілі болған), **ядро** оң зарядталған бөлшек **протондардан** және заряды жоқ бөлшек – **нейтрондардан** құралған. **Атомдағы электрондар саны ядродағы протондар санына** тең; бұл берілген химиялық элементтің **атомдық нөмірі** болып табылады (бұл элементтің периодтық жүйесіндегі реттік нөмірі). Электронның массасы протонның немесе нейтронның массасынан жуық шамамен 2000 есе (дәлірек айтсақ, 1937 есе) аз, сол себепті атомның бүкіл массасы ядрода шоғырланған деуге болады. Электрондар ядромен әрқилы байланысқан; атом бұлардың кейбіреулерін салыстырмалы түрде оңай «жоғалта» алады, электронынан айырылған атом **оң ионға айналады**. Қосымша түрде электрон қосып алған атом – **теріс ион** болады. **Атом электрмагниттік сәуле жұту кезінде қозады**. Атом тек берілген химиялық элементтің сипатына тән энергия мөлшерін (**кванттарды**) жұтады немесе шығарады (таратады). Атом сәуле жұтқан кезде (кванттық ауысуға ұшырайды) төменгі деңгейден едәуір жоғары деңгейге, ал сәуле шығару кезінде – жоғары деңгейден едәуір төменгі деңгейге ауысады. Квант жұту (шығару) энергиясы әрқашан қарастырылып отырған кванттық ауысулардың арасындағы энергиялар айырымына тең болады.

Дж. Дж. **Томсонның** ұсынған атом моделінен өзгедей де модельдер ұсынылған болатын. Олардың кейбіреулерінің сызбаларымен танысыңыздар.

АТОМНЫҢ ТҰРАҚТЫ КҮЙІ – белгілі бір ішкі энергиясы болатын атомның сәуле шығармайтын негізгі (таратпайтын) күйі. Атомның тұрақты бір күйден өзге күйге ауысуы секірісті жүзеге асырылған кезде атом белгілі бір мөлшерлі (квантты) энергия шығарады (таратады) немесе жұтады. Осы жағдайда әрбір атомның тұрақты күйін сипаттайтын энергия жиынтығы – *энергиялар деңгейлері* жүйесі сәйкес болады. Атомның тұрақты күйінің болатынын 1913 ж. дат физигі Нильс **Бор** (1885 – 1962) өзінің атом теориясында **постулат** ретінде тұжырымдаған және бұл күй *кванттық механикада* негізделген.

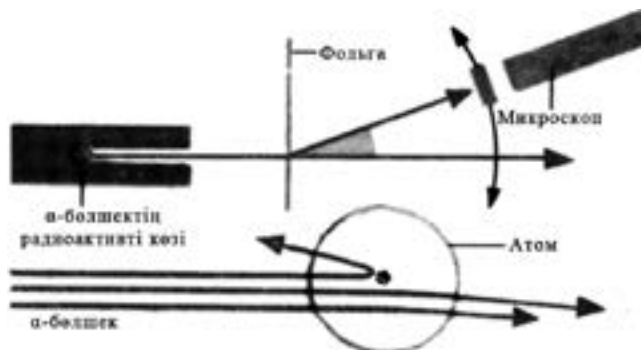
АТОМ РАДИУСЫ – молекулалар мен кристалдарда атомаралық (ядроаралық) қашықтықты жуықтап анықтау үшін қолданылатын сипаттама. *Кванттық механиканың* негізгі қағидалары бойынша атомның айқын қатаң шекарасы жоқ. Атомның мөлшері оның электрондық қабықшаларының шекарасы бойынша анықталады. Әдетте әрбір атомның электрондық қабықшалары басқа атомдармен

ұласып (бірігіп) жататындықтан, оның мөлшері жуық шамамен ғана анықталады. Атом радиусының орташа шамасы үшін 10^{-8} см, яғни 1Å не $0,1$ нм алынған (нанометр). Атом радиустары атомдар арасында қандай күштердің әсер етуіне тәуелді түрде металдық, иондық, коваленттік және ван-дер-ваальстік атомдық радиустарға ажыратылған. Металдық радиус – таза металдың кристалдық торларындағы ең қысқа атомаралық қашықтықтың жартысына тең. Коваленттік радиус жеке химиялық байланыстың ұзындығының жартысы ретінде анықталған. Иондық атом радиустары жекелеген иондардың атом радиустарының шамалары бойынша бір-бірінен айырмашылықтары болатын бірнеше жүйелері бар. Полинг жүйесінде радиус шамасы үшін оттегі ионның радиусы $0,140$ нм алынған.

АТОМ ЭЛЕКТР СТАНСАСЫ (АЭС), ядролық электр стансасы – атом (ядро) энергиясын электр энергиясына түрлендіретін электр станциясы. Атом электр стансасы бірқатар ауыр элементтердің [негізінен ^{233}U (уран–233), ^{235}U (уран–235), ^{239}Pu (плутоний–239)] ядроларының *ядролық реакторлардағы* ыдырауының *тізбекті реакциясы* нәтижесінде бөлінегін жылуды, кәдімгі жылу электр станциясындағыдай электр энергиясына түрлендіреді. **1 г уран изотопы немесе плутоний ыдырағанда жуық шамамен 22,5 МВт·сағат энергия босап шығады.** Бұл 2,8 тонна шартты отынды жаққанда шығатын энергияға парапар.

АТОМ ЯДРОСЫ – протондар мен нейтрондардан құралған атомның орталық және ең ауыр бөлігі. Атом ядросының массасы атомның құрамына енген электрондар массасынан жуық шамамен $4 \cdot 10^3$ есе артық. Ядроның орташа тығыздығы 10^{14} г/см³, ал сызықтық өлшемі 10^{-12} – 10^{-13} см. Электр заряды оң және абсолюттік шамасы бейтарап атомның электрондар зарядтарының қосындысына тең.

Атом ядросын 1911 ж. ағылшын физигі Эрнест **Резерфорд** (1871 – 1937) α -бөлшектерінің заттардан өтуі кезіндегі жан-жаққа шашыратылуын байқатқан тәжірибе негізінде ашқан. Атом бөлшектерінің кейбіреулері заттан өтуі кезінде үлкен бұрышқа ауытқып шашыраған. Осыдан Резерфорд атомның оң заряды өте кіші өлшемді атом ядросында шоғырланған деген болжам жасаған. α -бөлшегі оң зарядты болғандықтан атом ядросының оң зарядымен жақындасқанда олар бір-бірінен тебілетіні



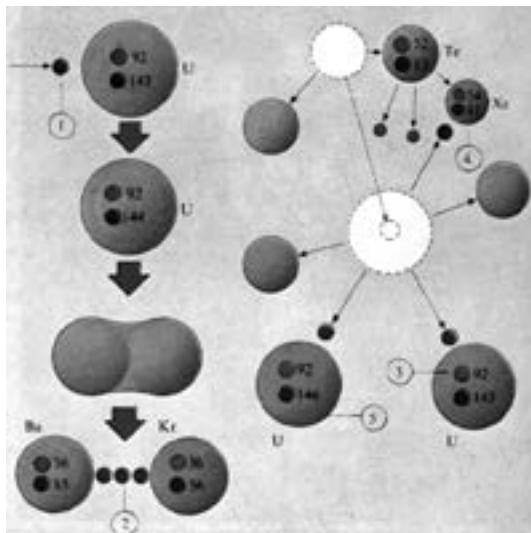
1911 жылы Эрнст Резерфорд (1871–1937) жүзеге асырған атомның ортасында оң зарядты тығыз құрылым – ядросы болатынын меңзеген тәжірибесінің сұлбасы.

белгілі. Осы жайт Резерфордтың жоғарыдағыдай тұжырым жасауына себеп болған. Резерфордтың осы тұжырымына дейін 1903 ж. оның отандасы физик Джозеф Джон Томсонның (1856 – 1940) ұсынған моделі бойынша атом оң зарядталған сфера-

дан және бос орындарына электрондар біркелкі орналастырған болатын. Резерфордтың идеясын оның замандастары бірден қабылдамаған. Оның себебі атом ядросының төңірегіндегі орбитамен қозғалатын электрондардың үздіксіз түрде электрмагниттік сәуле шығаруы кезінде энергияның шығындалуы болады. Осы қиындықтан құтылу үшін Резерфордтың идеясын мойындату мақсатында дат физигі Нильс Бордың (1885 – 1962) еңбегі зор болды, 1913 ж. ол неміс физигі Макс Планктің (1858 – 1947) энергияны

кванттау туралы 1900 ж. ұсынған идеясын басшылыққа ала отырып, екі постулатқа негізделген атомның сутектік моделін ұсынған. Бор осылайша атомның кванттық теориясының бастамасын тұжырымдаған. Нильс Бордың ұсынған екі болжалы «Бор постулаттары» деген атпен білгілі болды. Осы екі болжал атомның кванттық теориясының бастамасы болды. 1913 ж. Резерфордтың шәкірті – Генри Мозли (1887 – 1915) атом ядросының электр зарядының [электрон (e) зарядының абсолюттік шамасының бірлігімен] элементтердің периодтық жүйесіндегі элементтің реттік нөміріне тең болатынын ғылыми тәжірибе жүзінде дәлелдеген. Мозлидің осы тәжірибесінен кейін атом ядросының болатындығы туралы факт біржолата орныққан.

Атомның ядросы ашылғанға дейінгі кезеңде тек екі қарапайым бөлшек – протон мен электрон ғана белгілі болатын. Сол себепті атомның ядросы осы екі бөлшектен құралған деп есептелген-ді. Бірақ XIX ғасырдың 20-ж. протондық-электрондық болжал азоттық апаттық (катострофа) деп аталған қиыншылыққа тап болған: протондық-электрондық болжал бойынша азоттың ядросында 21 бөлшек (14 протон және 7 электрон) болуы қажет болатын, бұлардың әрқайсы-



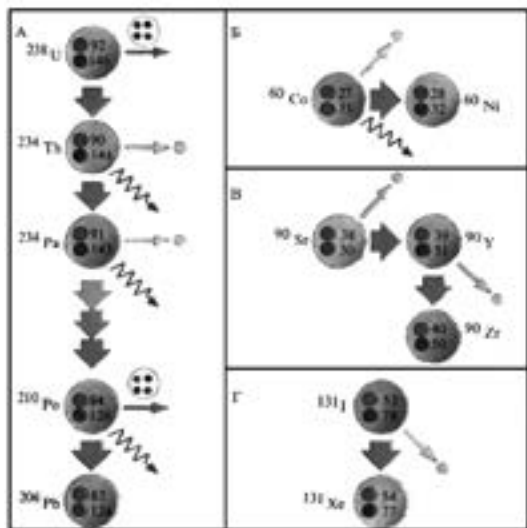
Уран-235-ті ядросы баяу нейтрондарды (1) жұтып бөлшектенеді, осыдан энергия бөлініп шығады және бірнеше нейтрон (2) пайда болады. Егер осы нейтронның біреуі уран-235-тің ядросымен тағы да соқтығысатын болса, онда тізбекті реакцияның пайда болуына әкеп соғады; пайда болған нейтрондар өзге ядроларға (4) немесе уран-238-дің ядросына жұтылатын болады.

Атомның ядросы ашылғанға дейінгі кезеңде тек екі қарапайым бөлшек – протон мен электрон ғана белгілі болатын. Сол себепті атомның ядросы осы екі бөлшектен құралған деп есептелген-ді. Бірақ XIX ғасырдың 20-ж. протондық-электрондық болжал азоттық апаттық (катострофа) деп аталған қиыншылыққа тап болған: протондық-электрондық болжал бойынша азоттың ядросында 21 бөлшек (14 протон және 7 электрон) болуы қажет болатын, бұлардың әрқайсы-

сының спині бүтіннің жартысына, яғни $\frac{1}{2}$ -тең. Сондықтан азот ядросының спині бүтіннің жартысына тең болуы керек еді, тәжірибелік мәліметтер (оптикалық молекулалық спектрлер) бойынша әлгі спин 1-ге тең болған). Атом ядросының құрамы 1932 ж. ағылшын физигі **Дже-ймс Чэдвиктің** (Чедвиктің) (1891 – 1974) **нейтронды** (спині $\frac{1}{2}$ -ге тең) ашқанынан соң анықталды. Атом ядросының протондар мен нейтрондардан құралғаны туралы идеяны 1932 ж. кеңес физигі **Дмитрий Иваненко** (1904 – ?) айтқан болатын. Іле-шала осы идеяны 1932 ж. неміс физигі **Вернер Гейзенберг** (1901 – 1976) дамытқан. Осыдан кейін ядроның протондық-нейтрондық құрамы ғылыми тәжірибелермен расталған.

Атом ядросындағы протондар саны (Z) элементтің атомдық нөмірін немесе оның элементтердің периодтық жүйесіндегі орнын анықтайды. Атом ядросындағы нуклондар саны *массалық сан* (A) деп аталған, протондар саны ядроның зарядына (Z) тең. Атом ядросындағы нейтрондар саны $Z. N=A-Z$. Қазіргі кезде 104 тұрақты химиялық элемент белгілі екендігін ескерсек, саны 1-ден 104-ке дейін, ал массалық сан (A) 257-ге дейін өзгереді. Протондар саны Z бірдей, ал нуклондар саны A әр түрлі ядролар **изотоптар** деп аталған. Сол сияқты массалық саны A әр түрлі, нейтрондар саны (N) бірдей, бірақ электр зарядтары әртүрлі атом ядролар **изотондар**, ал массалық саны бірдей, бірақ электр зарядтары әртүрлі болатын атом ядролары **и з о б а р л а р** деп аталған.

Нуклондарды ядрода ұстап тұратын – **ядролық күштер**. Бұл күштер физикадағы белгілі күштер арасындағы ең қарқындысы болып табылады. Ядродағы екі протон арасындағы әсер ететін ядролық күштер бұлардың арасындағы электрстатикалық өзараәсерлесуден жүз есе қарқынды. Ядролық күштердің изотоптық *инварианттылығы*, яғни нуклондардың зарядтық күйлеріне тәуелсіздігі ядролық күштердің маңызды қасиеті болып табылады; егер осы бөлшектер жұптарының салыстырмалы қозғалыстарының күйлері мен олардың спиндік



Протондар мен нейтрондардан құралған атомдардың ядролары әртүрлі радиоактивті үш сәуле: гамма-сәуле, электрондар, оң зарядталған альфа-бөлшектер шығарып біріне бірі айнала алады (протондар мен нейтрондар дөңгелектермен, гамма-сәуле жебелі ирек-ирек сызықпен белгіленген).

күйлері бірдей болса, онда осы екі әсерлесулер бірдей болады. Ядролық күштердің қарқындылығы нуклондар аралығындағы қашықтыққа, олардың спиндерінің орналасу бағдарына, спиндердің орбиталық моменттеріне және бір бөлшектен екінші бөлшекке қарай сызылған радиус-векторға байланысты. Осыған сәйкес ядролық күштер: орталық күштер, спин-спиндік, спин-орбиталық және тензорлық күштерге ажыратылады.

Ядролық күштер белгілі бір әсер ету радиусымен сипатталады, ол нуклондардың ядролық өзараәсерлесу кезінде алмасатын π -мезондардың **КОМПТОНДЫҚ ТОЛҚЫНДАР ҰЗЫНДЫҒЫМЕН** анықталады.

Ядроның өлшемі оның құрамындағы нуклондардың санына тәуелді. Ядродағы нуклондар санының орташа тығыздығы бүкіл көп нуклонды ядролар ($A > 10$) үшін іс жүзінде бірдей. Ядроның көлемі нуклондар санына (A) пропорционал, ал оның сызықтық өлшемі $A^{1/3}$ -ке пропорционал. Ядроның эффектілі радиусы (R): $R = aA^{1/3}$, мұндағы a – тұрақты шама ядролық күштер әсерінің радиусына (R) жуықтау және R -дің қандай физикалық құбылыстарда өлшенетіндігіне тәуелді.

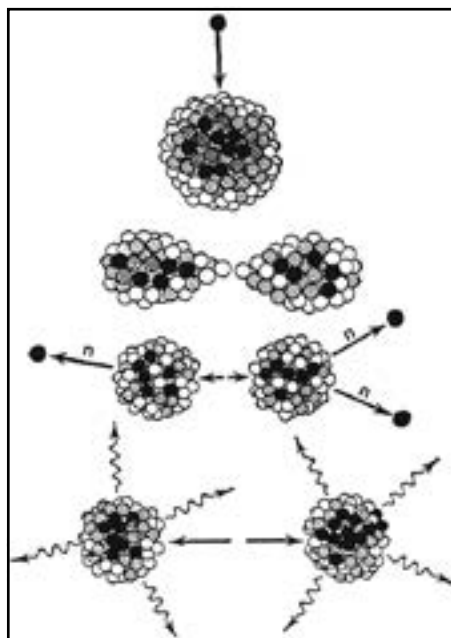
Ядролық заттың тығыздығы әдеттегі заттардың тығыздығымен салыстырғанда аса үлкен – жуық шамамен 10^{14} г/см³. Кейде ядроға бір немесе екі нуклон қосылғанда оның өлшемі ядроның құрылымына байланысты иррегулярлы (латын сөзі: – «дұрыс емес» деген мағына береді) болады. Дербес жағдайда ядроның радиусы екі немесе одан көп нейтрондар қосылғанда ұзармай, керісінше қысқарады.

Ядроны жекелеген нуклондарға ыдырату (бөлу) үшін белгілі бір энергия шығындау қажет, осы энергия – **ядроның байланыс энергиясы** ($\mathcal{E}_{\text{байл}}$) деп аталған. Байланыс энергия ядро құрамына енетін нуклондардың массаларының қосындылары мен ядро массаларының айырымын жарық жылдамдығының екінші дәрежесінің көбейтіндісіне тең, яғни: $\mathcal{E}_{\text{байл}} = (Zm_p + Nm_n - M)c^2$, мұндағы m_p , m_n және M – протонның, нейтронның және ядроның массалары. Атом ядросының ерекшелігі ядроның байланыс энергиясы ($\mathcal{E}_{\text{байл}}$) жуық шамамен ядродағы нуклондар санына пропорционал болады. $\mathcal{E}_{\text{байл}}/A$ – меншікті байланыс энергиясы *массалық сан* (A) өзгерген кезде шамалы ғана өзгереді [меншікті байланыс энергиясы ($\mathcal{E}_{\text{байл}}/A$) көпшілік ядролар үшін $\mathcal{E}_{\text{байл}}/A \approx 6-8$ МэВ]. Осы қасиет **қаныққан ядролық күш** деп аталған.

Атомның ядросы энергиялары бойынша бір-бірінен айырмашылығы болатын белгілі бір дискретті кванттық күйлерде бола алады. Ядролық күйлердің маңызды кванттық сипаттамалары – *спин* (I) және **жұптылық** (P). Спин I (бірлігі бойынша) – массалық саны (A) жұп ядро үшін бүтін сан және A тақ болған кезде бүтіннің

жартысына тең (атом ядросының спині оны құраушы нуклондардың спиндерінің қосындысына тең).

АТОМ ЯДРОЛАРЫНЫҢ БӨЛІНУІ – атом ядроларының бірнеше жеңілірек ядроларға (жарықшақтарға), көбінесе массалары бойынша бір-біріне қарайлас екі ядроға бөлшектенуі. 1939 ж. неміс физиктері: Отто **Ган** (1879 – 1968) мен Фриц **Штрассман** (1902–1980) уранды нейтрондармен атқылағанда сілтілі элементтер ядроларының, дербес жағдайда Ва элементінің ядросының пайда болатынын айғақтаған. Көп ұзамай австриялық физик Лизе **Мейтнер** (М а й т н е р) (1878 – 1968) мен ағылшын физигі Отто **Фриш** (1904 – 1979) ^{235}U (уран 235-тің) ядросының нейтронның әсерінен екі жарықшаққа ыдырайтынын (бөлшектетінін) анықтаған және осы бөлшектенудің алғашқы түсініктемесін тұжырымдаған. 1940 ж. кеңес физигі Георгий **Флеров** (1913 – 1990) пен К.А. **Петржак** бірлесіп, уран ядросының өздігінен ыдырауын ашқан. Ядроның ыдырауының басталар кезінің алдындағы жағдайға жеткізу үшін **ыдыратылулық тосқауыл** деп аталған *потенциалдық тосқауылды* жеңу үшін қосымша белгілі шамалы энергияның шығындалуы қажет. Осы энергияны ядроның сырттан алуы қажет (мысалы, нейтронды қармау арқылы). Ядроның өздігінен ыдырау жағдайында тосқауыл арқылы туннельдік сүзу жүзеге асырылады. Ауыр ядролы массалардың ыдырауынан пайда болған жарықшақтардың массаларының қосындысынан бастапқы ядро массасынан артық болады. Ядролардың ыдырауы кезіндегі массалар айырымы – шығындалатын энергияға сәйкес болады. Олай болса, энергияның бір бөлігі жарықшақтардың кинетикалық энергиясы түрінде бөлінеді, осы энергия ыдырауы сәтіндегі энергия жарықшақтардың электрстатикалық тебілістеріне тең болады. Жарықшақтардың кинетикалық энергиясының қосындысының ыдырайтын ядроның массалық саны A -ның (*атомдық масса*) өсуіне байланысты біршама артады және уран мен трансурандық элементтер үшін жуық шамамен 200 МэВ-ке тең болады. Жарықшақтар ортаны иондандыра, қыздыра және құрылымды бұза отырып тез



Ауыр уран – ^{235}U ядросының бөлшектенуі (n – жарықшақтар шығаратын нейтрондар)

жарықшақтардың электрстатикалық тебілістеріне тең болады. Жарықшақтардың кинетикалық энергиясының қосындысының ыдырайтын ядроның массалық саны A -ның (*атомдық масса*) өсуіне байланысты біршама артады және уран мен трансурандық элементтер үшін жуық шамамен 200 МэВ-ке тең болады. Жарықшақтар ортаны иондандыра, қыздыра және құрылымды бұза отырып тез

тежеледі. Ыдырау жарықшақтарының кинетикалық энергиясын пайдалану есебінен **ортаны қыздыру – ядролық энергияны пайдаланудың негізі** болып табылады.

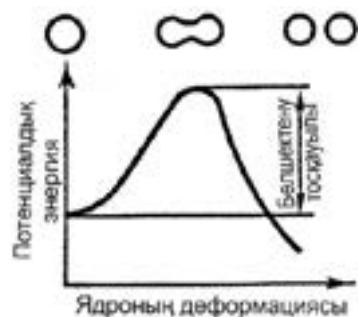
Ыдырау жарықшақтары **қоздырылған күйлерде** пайда болады. Қоздырылған жарықшақтардың энергиясы олардың нейтрондар (бөліну нейтрондары) шығаруының нәтижесінде кемиді. Ыдырау нейтрондарының энергетикалық шамаларының орташа мәні 1,3 МэВ **максвеллдік энергия** деп есептеуге болады. Қоздыру энергиясы ядродан нейтрондардың ажырап шығуына (ыдырауына) қажет энергиядан кем болған жағдайда нейтрондардың эмиссиясы (шығарылуы) тоқтайды да *γ-кванттар* шыға бастайды. Орташа есеппен бір акті кезінде 8–10 *γ-квант* шығарылады.

Жарықшақтардың жекелеген бөлініп шығу актілерінде пайла болатын массалары, зарядтары және энергиялары әртүрлі болады. Бір акті кезінде бөлініп шығатын нейтрондар саны (ν) да кездейсоқ ауытқуларға ұшырайды.

²³⁵U-ды (уран-235-ті) баяу нейтрондармен атқылағанда орташа есеппен $\nu=2,5$ нейтрон бөлініп шығады. Ауыр элементтер үшін ν артатын болады. N нейтрон саны 1-ден артқан кезде **ядролық тізбекті реакцияны** жүзеге асыру мүмкіншілігі туады.

Атом ядроларының ыдырау теориясын 1939 ж. дат физигі Нильс **Бор** (1885–1962) мен американ физигі Джон **Уилер** (1911 – ?) және кеңестік физик Яков **Френкель** (1894 – 1952) тұжырымдаған. Бұлар **ядроның тамшылық моделін** дамытқан, бұл моделде атом ядросы электрмен **зарядталған сығылмайтын сұйық** түрінде қарастырылған. Нуклондарға бір-бірін теңгеретін ядролық күштер: тартылыс және ядроны жаруға бағытталған бір-бірін тебетін электрлік күштер әсер етеді. Тамшылық модел ядроның орташа алынған қасиеттерін ғана сипаттайды.

АТОМ ЯДРОСЫНЫҢ ИЗОМЕРИЯСЫ (грекше «изос – тең» + «мерос – үлес, бөлік») – атомның кейбір ядроларында салыстырмалы түрде ұзағырақ мерзімді «өмір сүруі» болатын метатұрақты күйінің болуы. Кейбір атом ядросының «өмір сүру» уақыты әртүрлі бірнеше изомерлік күйі болады. Бұл құбылысты табиғи радиоактивтік ядролар үшін 1921 ж. неміс физигі Отто **Ган** (1879 – 1968), ал жасанды радиоактивтік ядролар үшін 1935 ж. кеңес физиктері: Игорь **Курчатов** (1903 – 1960), Лев **Мысовский** (1888 – 1939) ашты. Изомериялық күйлер тұрақты изотоптарда кездеседі. Изомерлердің ыдырауы *γ-сәулелер* мен **конверсиялық электрондар** шығарумен қабаттасып өтеді. Осының нәтижесінде аз энергиялы



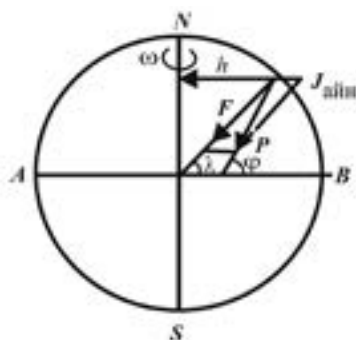
Бөлішектенетін ядроның бөлішектену тосқауылы

күйдегі ядро пайда болады. Кей кездері бета-ыдыраудың пайда болуы ықтимал. Ауыр элементтердің изомерлері өздігінен ыдырауға ұшырауы да мүмкін. Атом ядросының изомериясы ядролардың құрылымдарының ерекшеліктеріне де тәуелді. Изомериялық күй ядроның γ -квантты шығару арқылы аз энергиялы күйге ауысуы қиын жағдайда пайда болады. Бұл жайт көбінесе осы күйлердегі ядролар спиндерінің мәндерінің өте үлкен айырмашылығының болуына байланысты. Егер екі күйдің энергияларының айырмашылығы аз болса, онда γ -квантты шығару ықтималдығы аз болады да осының салдарынан қозған күйдің жартылай ыдырауы ұзақ болады.

АУА – Жер атмосферасы құралатын газдар қоспасы (құрамында азот – 78,08%, оттегі – 20,95%, инертті газдер мен сутек – 0,94%, көмірқышқыл газы – 0,03%, аздаған – озон, т.б. газдар). Орташа молекулалық массасы жуық шамамен – 29 атомдық бірлікке тең. 0°C-тағы ауаның теңіз деңгейіндегі қысымы 101325 Па (1 ат немесе 760 мм сынап бағанына тең). 1 л ауаның қалыпты жағдайдағы шартты массасы 1,2928 грамға тең; қалыпты қысымдағы сұйық ауаның қайнау температурасы 83 К. Кризистік (шұғыл өзгерістік) температурасы 140,7°C, кризистік қысымы 3,7 МН/м². Есептеу жұмыстарында ауаны идеал газ ретінде қарастыруға болады.

АУЫР ЛЕПТОН (τ) – массасы шамамен 1,8 ГэВ-ке тең *лептон*; мұны 1975 ж. америка физигі **М.Перл** басқарған топ қарама-қарсы электрон-позитрон шоқтарының соқтығысуы тәжірибелері кезінде анықтаған. Позитронның электронмен соқтығысуы кезінде τ және оның антибөлшегі τ^+ жұбы пайда болған.

АУЫРЛЫҚ КҮШ – жер бетіне тақау аймақтағы кез келген материалдық бөлшекке әсер ететін Жердің тарту күші (F) мен Жердің тәуліктік айналу эффектисі ескерілген ауыспалы *инерция* күшінің ($J_{\text{ауыс}}$) геометриялық қосындысы ретінде анықталатын күш (P). Жер бетінің берілген нүктесіндегі ауырлық күші тік бағытталған, осы бағытқа перпендикуляр жазықтық – **көкжиектік жазықтық** болып табылады. λ және φ бұрыштары (сызбаға қараңыз) геоорталықтық және астрономиялық ендіктерді анықтайды. $J_{\text{ауыс}} = mh\omega^2$ (мұндағы m – бөлшектің массасы, h – бөлшектің жер өсінен қашықтығы, ω – Жердің өз өсінен айналуының бұрыштық жылдамдығы) ω^2 шамасы F -тен аз шама болғандықтан ауырлық күші Жердің тарту күшінен айырмашылығы аз болады. Жер полюсінен экваторға қарай жылжыған кезде $J_{\text{ауыс}}$ күшінің артуына және F күшінің



Жердің сфералылығының ауытқуына байланысты ауырлық күштің мәні біршама кемиді; ауырлық күші экваторда полюстегі ауырлық күштен жуық шамамен 0,5% кем болады. φ және λ бұрыштарының арасындағы айырымы да кем (ең үлкені жуық шамамен $\lambda=45^\circ$ болған кезде 11'). Бөлшектер ауырлық күш әсерінен **ауырлық күштің үдеуі** деп аталатын $g=P/m$ үдеу алатын болады, бұл үдеу ауырлық күші тәрізді ендік бойынша өзгереді. **Дене салмағының сан мәні ауырлық күшке тең.** Ауырлық күш Жер бетінде болатын барлық табиғи және техникалық құбылыстар мен үрдістерге айтарлықтай әсерін тигізеді.

АУЫРЛЫҚ ОРТАСЫ – дененің кеңістіктегі кез келген қалпында оның бөлшектеріне әсер ететін бүкіл ауырлық күштердің тең әсерлі күштері өтетін, қатты денемен өзгерместей болып байланысқан геометриялық нүкте; бұл нүкте берілген дененің бірде-бір нүктесімен үйлеспей мүмкін (мысалы, сақинада). Егер еркін дене әр жерінен жіпке салбыратылып ілінетін болса, жіптердің салбыраған бағыттарының іздері ауырлық ортасында өзара қилысатын болады. Бір текті ауырлық өрістегі қатты денелердің **ауырлық ортасы оның масса ортасының қалпымен үйлестін болады.** Симметрия ортасы болатын біртекті дененің (тік төртбұрышты немесе дөңгелек пластинаның, шардың, цилиндрдің т.б.) ауырлық ортасы әлгі симметрия ортасында жатады. Егер дененің ауырлық ортасы орнықты жағдайда дененің жоғары (үстіңгі) жағында орналасса, онда тепе-теңдік жағдай орнықсыз, ал төменгі жағында болса – орнықты жағдайда болады.

АУЫР СУ – сутек және (немесе) оттектен атомдары едәуір ауыр изотоптарымен алмастырылған су изотопының бір түрі; көбірек таралғандары D_2O (D – дейтерий). Тығыздығы $10,104 \text{ г/см}^3$ (25°C), қатаю температурасы $3,813^\circ\text{C}$, қайнау температурасы $101,43^\circ\text{C}$. Табиғи судағы қатынасы $H_2O:D_2O$ жуық шамамен 6800:1. Адамның денсаулығына қауіпті. **Ауыр суда – өсімдік тұқымы өспейді, өсімдік құрап қалады.** Ауыр су ядролық реакторларда нейтрондарды **баяулатқыш** және **жылу тасығыш**, изотоптық индикатор ретінде пайдаланылады.

АУЫСУ – бір күйден өзге күйге немесе бір жағдайдан өзге жағдайға өту немесе көшу.

Виртуалды ауысу – виртуал бөлшектердің тууына немесе жойылуына байланысты микробөлшектер жүйелерінің бір күйден өзге күйге көшуі.

Ерікті ауысу – кванттық жүйенің едәуір жоғары деңгейден едәуір төменгі деңгейге өздігінен өтуі.

Еріксіз ауысу – сыртқы сәуле әсерінен кванттық жүйенің едәуір жоғары деңгейден едәуір төменгі деңгейге көшуі.

Индукциялық ауысу – е р і к с і з а у ы с у болып табылады.

Кванттық ауысу – кванттық жүйенің өздігінен немесе сыртқы әсерлердің салдарынан жүзеге асатын секірісті көшуі.

Лазерлік ауысу – лазерлік сәулелер шығару (тудыру) үшін пайдаланылатын атомның немесе молекуланың энергия деңгейлерінің арасындағы көшуі.

Өздігінен ауысу – е р і к с і з а у ы с у болып табылады.

Фазалық бірінші текті ауысу – ішкі энергия мен тығыздықтың секірісті өзгерістерімен қабаттасып өтетін фазалық көшу.

Фазалық екінші текті ауысу – ішкі энергияның немесе тығыздықтың секірісті өзгерісі болмайтын кездегі фазалық көшуі.

Электрондық кемтіктік ауысу – кемтіктік өткізгіштіктен электрондық өткізгіштікке көшу жүзеге асырылатын монокристалдық жартылайөткізгіштің аймағы.

$p=n$ – ауысуы – электрондық-кемтіктік ауысу.

АШЫҚ ЖҮЙЕЛЕР – қоршаған ортамен зат, сондай-ақ *энергия және импульс* алмасатын *термодинамикалық жүйе*. Химиялық үздіксіз реакция (сырттан химиялық реакцияға түсуші зат әкелінеді, ал реакция өнімдері әкетіледі) өтетін химиялық жүйе ашық жүйелерге жатады. Биологиялық жүйелерді, тірі организмдерді де ашық химиялық жүйе ретінде қарастыруға болады. Тірі организмге осылайша қарау тәсілі олардың дамуы мен тіршілік етуін термодинамикалық тепе-теңсіздік үрдістерінің, физикалық және химиялық кинетика заңдары негізінде қарастыруға мүмкіншілік жасайды.

Ашық жүйелердің қасиеттері термодинамикалық тепе-теңдік күймен жуықтап сипатталады. Егер ашық жүйелер термодинамикалық тепе-теңдіктен сәл ғана ауытқыған болса, онда бұл күйді өзінің параметрлерімен (температурамен, химиялық потенциалмен) сипаттауға (бірақ бүкіл жүйе үшін тұрақты мәндермен емес, координаттар мен уақытқа тәуелділікпен) болады. Осындай ашық жүйелердің реттелмегендік дәрежесі тепе-теңдік күйлердегідей *энтропиямен* сипатталады.

Термодинамикалық параметрлердің тепе-теңдік мәндерден ауытқулары (**термодинамикалық күштер**) жүйеде энергия мен заттың ағынын тудырады.

АШЫҚ РЕЗОНАТОР – толқын ұзындығы (λ) айналардың өлшемдерінен және олардың арақашықтығынан әлденеше есе кіші болатын әлсіз электрмагниттік тербелістердің демеп (ұстап) тұра алатын айналар жиынтығынан құрылған **тербелмелі жүйе**. Бұл резонаторды алғаш рет екі жазық параллел айна түрінде жасауды 1958 ж. орыс физигі Александр **Прохоров** (1916 – 2002) және сол ж. америкалық физиктері Роберт **Дикке** (1916 – ?), Артур **Шавлов** (1921 – ?) және Чарльз **Таунс** (1915 – ?) ұсынған. Өлшемдері бірдей тұйық көлемдік резонаторлармен

салыстырғанда бұл резонатордың меншікті жиілігі едәуір сирек болады. Ашық резонаторлар оптикалық, миллиметрлік және субмиллиметрлік диапазондардағы толқын ұзындықты аспаптарда сенімділігі жоғары резонанстық жүйелері ретінде қолданылады.

АЭРОДИНАМИКА (грекше «аер – ауа» + «диномис – күш») – *гидроаэромеханиканың* ауаның (немесе басқа газдың), денелердің бетінде оларға қатысты пайда болатын қозғалысты және күшті зерттейтін саласы. Аэродинамикада дыбыс жылдамдығына дейінгі жылдамдық, яғни 340 м/сек (1200 км/сағ) қозғалыс жылдамдығы қарастырылады.

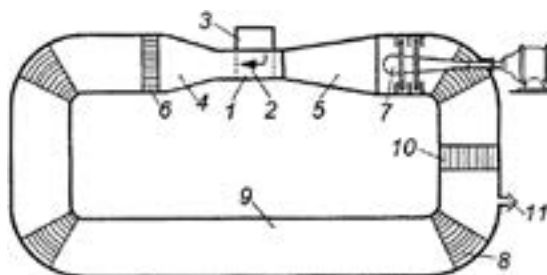
Аэродинамика ХХ ғасырдың басында авиацияның мұқтаждығына байланысты дербес ғылым ретінде пайда болды. Аэродинамиканың негізгі мәселелерінің бірі – ұшу аппараттарына әсер ететін аэродинамикалық күштерді анықтау болды. Ұшақтардың аэродинамикасында тұтас ұшаққа және оның бөліктеріне – қанатына, фюзеляжіне, тірек бөліктеріне әсер ететін аэродинамикалық күштер мен моменттерді анықтаудың аэродинамикалық есеп-қисабы жасалады. Ұшақтың аэродинамикасына әдетте орнықтылықтың есеп-қисабы және ұшақтың басқарылымдылығы, сонымен қатар ауа винттерінің теориясы жатады. Ұшу аппараттарының орнықсыз қозғалысына байланысты мәселелер ұшу динамикасында қарастырылады.

Аэродинамиканың теориялық мәселесі гидроаэромеханиканың тендеулеріне негізделген. Ұқсастық теориясы негізінде аппараттың кіші масштабты моделін сынай отырып, іс жүзіндегі ұшу аппаратының аэродинамикалық күштері анықталады.

АЭРОДИНАМИКАЛЫҚ КЕДЕРГІ, мандаулық кедергі – кедергі – ауада немесе өзге газдарда қозғалатын денеге әсер ететін күш; бұл күш дененің қозғалу бағытына қарама-қарсы бағытталады және күш аэродинамикалық күштің құраушыларының бірі болып табылады. Аэродинамикалық кедергі – дененің кинетикалық энергиясының бір бөлігінің жылуға қайтымсыз ауысуының нәтижесі. Бұл кедергі дененің пішініне және өлшеміне, оның жылдамдық бағытына қатысты бағдарлануына және ортаның күйіне тәуелді. Нақты орталарда: *шекаралық қабаттағы* дененің беті мен ортаның арасындағы тұтқырлық кедергі, асқындыбыстық жылдамдыққа жуық қозғалыс кезіндегі *соққы толқынын* тудыру шығыны және **құйынды түзілістер** орын алады.

АЭРОДИНАМИКАЛЫҚ ҚҰБЫР – ғылыми тәжірибе жүзінде денелерді орағытып ағу кезінде туатын құбылыстарды зерттеу үшін ауа немесе өзгедей газ ағынын тудыруға арналған қондырғы. Аэродинамикалық құбырда ұшақтарға және тік ұшақтарға, ракеталарға және ғарыштық кемелерге олардың ұшу кезінде, сүңгуір кемелердің су астындағы қозғалысында, олардың орнықтылығы мен басқарылуын;

ұшақтардың, ракеталардың, ғарыштық және сүңгуір кемелердің, сонымен бірге автокөліктер мен пойыздардың тиімді пішіндерін табуда; жел тудыратын қысымдарды, сондай-ақ ғимараттарға әсер ететін жарылыс (қопарылыс) толқындар тудыратын қысымдарды, әсер ететін күштерді анықтауға арналған ғылыми тәжірибелер жүргізіледі. Арнайы аэродинамикалық құбырда ракеталардың, ғарыштық кемелердің, дыбыс жылдамдығынан шапшаң ұшатын ұшақтардың қызып кетуі және жылудан қорғау мәселелері зерттеледі.



Дыбыс жылдамдығына дейінгі жылдамдықтағы аэродинамикалық құбырдың жалпылама сұлбасы: 1 – жұмыстық бөлік (көлденең қимасы дөңгелек немесе тіктөртбұрыш пішінді); 2 – зерттелетін модель; 3 – аэродинамикалық таразы; 4 – сопло; 5 – диффузор; 6 – жылдамдық өрісін теңестіргіш; 7 – компрессор (желдеткіш); 8 – бағыттау қалақшалары; 9 – кері арна; 10 – радиатор; 11 – клапан.

Аэродинамикалық құбырдағы тәжірибелер денелердің ауаға немесе сұйыққа қатысты қозғалысын – тыныш тұрған денелерді орағытып ағатын ауаның қозғалысымен алмастыру принципіне негізделген. Осы принцип негізінде зертханалық жағдайдағы модельдер үшін алынған нәтижелерді нақты өлшемді нақты нысандарға жалпылауға болады. Модельді және нақты нысанды орағытып ағатын өлшемсіз сипаттамалар бірдей болу үшін геометриялық ұқсастықпен қатар аэродинамикалық құбырда *Мах саны* мен *Рейнольдс санының* мәндерінің нағыз ұшу жағдайындағы мәндерімен тепе-тең (бірдей) болуы қажет.

Аэродинамикалық құбырлар дыбыстық жылдамдыққа дейінгі және дыбыстың жылдамдығын артық асқынжылдамдықтарға арналған құбырлар болып екіге ажыратылған. Дыбыстық жылдамдыққа дейінгі зерттеулерге арналған аэродинамикалық құбырдың жалпылама құрылысы сұлбада бейнеленген.

АЭРОДИНАМИКАЛЫҚ ҚЫЗДЫРЫЛУ – ауада немесе өзге газда үлкен жылдамдықпен қозғалатын денелердің аэродинамикалық кедергі салдарынан қызуға ұшырауы. Аэродинамикалық қыздырылу – денеге соқтығысатын ауа молекулаларының дененің бетіне жуық аралықта тежелуінің нәтижесі болып табылады. Егер дене асқынжылдамдықпен ұшатын болса, онда тежелу ең алдымен дененің тұмсық жағында пайда болады. Молекулалардың әрі қарай тежелуі тікелей дененің бетінде – *шекаралық қабатта* жүзеге асырылады. Ауа молекулаларының ағыны тежелген кезде оның ретсіз қозғалысының энергиясы артады, яғни қозғалатын дененің бетіне жақын аралықта газ температурасы жоғарылайды. Ды-

быс жылдамдығынан үш есе артық асқынжылдамдықпен (1 км/сек шамасында) ұшқан ұшақтың тежелу температурасы $\sim 400^{\circ}\text{C}$ -қа, ал ғарыштық ұшу аппараты ғарыштан Жер атмосферасына **1-ғарыштық жылдамдықпен** (8 км/сек) енген кезде тежелу температурасы $\sim 8000^{\circ}\text{C}$ -қа дейін көтеріледі.

Температурасы артқан газ аймағынан жылу қозғалыстағы денеге беріледі, яғни аэродинамикалық қыздырылу жүзеге асады. Аэродинамикалық қыздырылудың екі түрі болады, олар **конвекциялық** және **радиациялық** қыздырылу. Конвекциялық қыздырылу молекулалық жылуөткізгіштік арқылы ыссы шекаралық қабаттан денеге беріледі. Ұшу жылдамдығы ~ 5000 м/сек-қа жеткен кезде *соққы толқынының* артындағы температураның шамасы газ энергия бөліп шығаратын мәнге қажет энергия алатын болады. Жоғары температуралы аймақтан энергияны сәулелік тасымалдау салдарынан дененің беті радиациялық қыздырылуға ұшырайды. Жер атмосферасында 1-ғарыштық жылдамдықпен ұшу кезінде радиациялық қыздырылу конвекциялық қыздырылудан кем болады. 2-ғарыштық жылдамдық (11,2 км/сек) кезінде бұлардың мәндері теңеседі. 13–15 км/сек жылдамдықпен нысандар Жерге қайтып оралу кезінде радиациялық қыздырылу басым болады.

АЭРОСТАТИКА (грекше «аэр – ауа» + «статос – қозғалмайтын») – *гидроаэромеханиканың* газ тәрізді орталардың тепе-теңдігін, негізінен атмосфераны зерттейтін саласы. Іс жүзінде сығылмайтын сұйықтардың тепе-теңдік заңдарын қарастыратын *гидростатикадан* айырмашылығы – аэростатика сұйықтардың сығылғыштығынан әлдеқайда артық болатын ауаны және өзге газдарды қарастырады. Аэростатиканың негізгі мәселесі – атмосфера қысымының биіктікке тәуелділігін, сонымен қатар ауада жүзетін денелерде демеуші (ұстайтын) күштерді зерттеу болып табылады. Аэростатиканың заңдары көбінесе атмосфераның тепе-теңдігін және **ауада ұшу теорияларын** зерттеуде қолданылады.



ӘДС – белгілі бір мақсатқа жету тәсілі, нақты мәселені шашу; шындықты тану амалдарының жиынтығы. Ғылыми әдістің негізгі мақсаты объективтік ақиқатты ашу. Әдістің негізіне айғақталған білімдер (ұғымдар мен түсініктер және заңдылықтар) жүйесі жатады.

Аналогия әдісі – кез келген үрдісті (процесті) зерттемекші үрдіс ретіндегі дифференциалдық теңдеумен сипатталатын үрдіспен алмастыру тәсілімен зерттеу әдісі.

Векторлық диаграммалар әдісі – гармониялық тербелістерді векторлар арқылы өрнектеу тәсілімен әлгіндей бірнеше тербелістерді қосу әдісі.

Дебай – Шеррер әдісі – монохромат рентген сәулелерін зерттеу әдісі. Бұл әдісті 1916 голланд физигі Петер **Дебай** (1884–1966) мен швейцар физигі Пауль **Шеррер** (1890–1970) қолданған.

Интерференциялық контраст әдісі – нысан (объект) арқылы өткен және өтпеген жарық толқындарының интерференциялары негізінде микроскопиялық нысандардың (объектілердің) кескіндерін шығару әдісі.

Күнгірттелген өріс әдісі – бөлшектерді бақылау бағыты жарықталу бағытына перпендикуляр бағытта болған кездегі бақылау әдісі.

Таңбаланған атомдар әдісі – кез келген үрдіске (процеске) қатысушы заттардың атомдарын олардың радиоактивті изотоптарымен алмастырылатын зерттеу әдісі.

Үйлесу әдісі – ядролық физиканың бірмезгілде жүзеге асатын оқиғалардың белгілі тобын бөліп алу ғылыми-тәжірибелік әдісі.

Фазалық контраст әдісі – жарық толқынының нысаннан (объекіден) өтуі кезіндегі айырмашылықтарды тіркеу негізінде микроскопиялық нысандардың кескіндерін шығару әдісі.

ӘЙНЕК, б е й о р г а н и к а л ы қ – әйнектүзуші компоненті (әдетте кремний, бор, алюминий, фосфор, титан т.б. тотықтары) және металдар (литий, калий, натрий, магний, қорғасын т.б.) тотығы балқымалардың салқындатылуы кезінде түзілетін мөлдір (түссіз немесе боялған) морт материал.

ӘЙНЕКТӘРІЗДІ КҮЙ – заттың асасалқындатылған балқымаларының қатаюы кезінде пішінделетін *аморфты күйі*. Әйнектәрізді күйдің балқымалы күйден

әйнектәрізді (әйнектелу) күйге ауысу қайтымдылығы өзге аморфты күйлерден ерекшелігі болып табылады. Балқыманың тұтқырлығының біртіндеп артуы заттың кристалдануына, яғни аз еркін энергиялы термодинамикалық едәуір орнықты кристалдық күйге ауысуға кедергі келтіреді. Әйнектелу үрдісі (процесі) температуралық аралықпен сипатталады. Заттың әйнектәрізді күйден кристалдық күйге ауысуы **I текті фазалық ауысу** болып табылады.

Әйнектәрізді күйдегі заттар орташа изотропты, морт, көп жағдайда мөлдір (көрінетін сәуле, инфрақызыл сәуле, ультракүлгін сәуле, рентгендік және гамма-сәулелер үшін). Әйнектәрізді күйдегі заттардың механикалық кернеулері мен біртексіздігі қосарланып сынудың пайда болуына себепші болады. Іс жүзінде барлық әйнек әлсіз *люминесценциялық* жарық шығарады. Әйнектәрізді күйдегі заттар әдетте диамагнитті, кейбір тотықтардың қоспасы оны парамагниттік затқа айналдырады. Арнайы құрылымды кейбір әйнектерден **ситалдар** (бір немесе бірнеше кристалдық фазалардан құралған материал) жасалады. Көпшілік әйнек электрлік қасиеттері бойынша *диэлектриктер* (силикатты әйнек), жартылайөткізгіштер және металдар да болады.

ӘЛСІЗ ӨЗАРАӘСЕРЛЕСУ – *қарапайым бөлшектер* арасындағы белгілі төрт іргелі өзараәсерлесудің бірі. Әлсіз өзараәсерлесу тек күшті өзараәсерлесуден ғана емес, электрмагниттік өзараәсерлесуден де едәуір әлсіз, бірақ гравитациялық (тартылыстық) өзараәсерлесуден күшті.

Өзараәсерлесудің күші туралы осы әсерлер тудыратын үрдістердің (процестердің) жылдамдықтары бойынша пікір айтуға болады. Әдетте қарапайым бөлшектер физикасында –1 ГэВ энергия кезіндегі үрдістер арасындағы жылдамдықтар өзара салыстырылады. Өлгіндей энергиялы күшті өзараәсерлесу үрдісі – 10^{-24} секундта, электрмагниттік үрдіс – 10^{-21} секундта өтеді. Әлсіз өзараәсерлесуге тән үрдістер уақыты қарапайым бөлшектер әлемінде өте баяу өтеді. Өзараәсерлесудің өзге бір сипаттамасы заттар бөлшектерінің *еркін жол ұзындығы*. Күшті өзараәсерлесуші бөлшектерді (адрондарды) қалыңдығы бірнеше ондаған сантиметр темір плитамен ұстап қалуға болады, ал әлсіз өзараәсерлесуші *нейтрино* ешқандай соқтығысуға ұшырамай қалыңдығы миллиард километрдей темір плитадан өте шығады. Бұдан да әлсіз гравитациялық өзараәсерлесу күші –1 ГэВ энергия кезінде әлсіз өзараәсерлесуден 10^{33} есе аз болады. Бірақ та күнделікті тұрмыста гравитациялық өзараәсерлесу әлсіз өзара әсерлесуден маңызды. Бұл жайт гравитациялық өзараәсерлесудің электрмагниттік өзараәсерлесу секілді әсер ету радиусы шексіз үлкен болады; сондықтан, мысалы, Жер бетіндегі денелерге Жердің құрамындағы атомдардың барлығының тарапынан гравитациялық тартылыс әсер етеді. Әлсіз өзараәсерлесудің әсер радиусы соншалықты қысқа болғандықтан қазірге дейін өлшенбеген. Оның күтілген жуық



шамасы $2 \cdot 10^{-16}$ сантиметрдей (күшті өзараәсерлесудің радиусынан мың еседей кіші). Осының салдарынан, мысалы, көрші екі атом арасындағы әлсіз өзараәсерлесу 10^{-8} сантиметрдей қашықтықта өте аз шама.

Шамасының аздығына және қысқа мерзімді әсерлесуіне қарамастан әлсіз өзараәсерлесудің табиғатта маңызы зор. Егер де әлсіз өзараәсерлесу «жойылатын» болса, **Күн сөніп қалар еді**, оған себеп протонның нейтронға, позитронға және нейтриноға айналу үрдісі жүзеге аспай қалады, нәтижесінде төрт протон ${}^4\text{He}$ -ге айналады. Осы үрдіс Күн және көптеген жұлдыздардың энергиясының көздері болады. Әлсіз өзараәсерлесудің нейтрино шығарумен өтетін үрдісінің жұлдыздардың эволюциясында маңызы бар. Егер де әлсіз өзараәсерлесу болмаса әдеттегі заттарда көптеп таралған *мюондар*, *π – мезондар*, *гажайып* және «көрікті» бөлшектер тұрақты болар еді. Әлсіз өзараәсерлесу зарядталған лептондарды нейтриноға, ал кварктердің бір түрін өзге түрге айналдырар еді.

ӘСЕР – өлшемділігі энергия мен уақыттың көбейтіндісіне тең және жүйе қозғалысының маңызды сипаттамаларының бірі болатын физикалық шама. Механикалық жүйелер үшін әсердің мынадай маңызды қасиеттері бар: егер осы жүйенің екі қалпы арасындағы мүмкін болатын қозғалыстардың бірқатар жиынтығы қарастырылатын болса, онда жүйенің ақиқат (іс жүзінде жүзеге асатын) қозғалысының осы мүмкін болатын қозғалыс арасындағы айырмашылығы оның әсер мәні ең аз болатын жағдайға сәйкес болады. Осы жайт механикалық жүйенің қозғалыс тендеулерін анықтауға және қозғалысты зерттеуге мүмкіндік жасайды.

Әсер ұғымы классикалық механикада қолданылуымен қатар серпімділік теориясында, электрдинамикада, термодинамикада қайтымды үрдістерде (процестерде) пайдаланылады.

Физикалық шамалардың кванттық теориясында әсер өлшемділігі болатын әсер тек *Планк тұрақтысының* бүтіннің жартысына немесе бүтін санға тең дискретті мәндерін қабылдайды және сонымен қатар **әсер кванты** деп те аталған.

ӘСЕР ЖӘНЕ ҚАРСЫ ӘСЕР ЗАҢЫ – механиканың екі материалдық дененің бір-біріне тигізетін әсерлері – шамалары бойынша тең және бағыттары бойынша қарама-қарсы болатынын тұжырымдайтын заңы (Ньютонның үшінші заңы). Мысалы, жазықтықта жатқан жүктің осы жазықтыққа түсіретін қысым күші – жазықтықтың жүкке тигізетін күшіне (реакциясына) тең; Жердің Айды өзіне қарай тарту күші – Айдың Жерді өзіне қарай тартатын күшіне тең т.с.с. Әсер және қарсы әсер заңы механикалық жүйелер қозғалыстарын зерттеуде маңызды болады.

ӘСЕР КВАНТЫ – Планк тұрақтысының ($h \sim 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·сек) аталуы, физикалық іргелі тұрақты шама, физикалық құбылыстардың кең аумағын анықтайды. Көбінесе $\hbar = h/2\pi$ *Планк тұрақтысы* пайдаланылады.



БАҒАН, оң баған – *солғын разряд* кезіндегі газразрядты түтіктің жарқырауық анодтық бөлігі.

БАЗА (грекше «базис – тұғырық») – *эмиттерлік және коллекторлық p–n* – ауысу аралығындағы аймақпен электрлік байланысты қамтамасыз етуші жартылайөткізгіш тетіктің электроды.

БАЙЛАНЫС, *физикадағы*, атомдар, электрондар, иондар т.б. *қарапайым бөлшектер*, үрдістер, құбылыстар, тағы да басқалар арасындағы қатынастарды айғақтайды.

Атомдық байланыс – коваленттік байланыс болып табылады.

Әлсіз байланыс – асқынөткізгіштің екі аймағын – кризистік тогы әлгі өткізгіштің өзге көлеміндегі токтан аз болатын аймағымен қосу.

Донорлық-акцепторлық байланыс – бір атомның (донордың) ажырамаған электрондар жұбы мен өзге атомның (акцептордың) энергиясының бос деңгейі есебінен жүзеге асатын химиялық байланыс.

Иондық байланыс – иондар арасындағы электрстатикалық өзараәсерлесу нәтижесінен туындайтын химиялық байланыс.

Кері байланыс – кез келген үрдіс нәтижесінің осы үрдістің өзіне қайтарымды әсер етуі.

Металдық байланыс – металдық қасиеттері болатын заттардағы оң иондар мен электрондық газдардың өзараәсерлесуі себепші болатын химиялық байланыс.

Сутектік байланыс – сутек атомы мен бір молекулаға немесе өзге молекулаға тиісті әрі ажыратылмаған электрондар жұбы болатын атом арасындағы тартылыс күші.

Химиялық байланыс – әртүрлі атомдарға тиісті электрондардың осы атомдар үшін ортақ болуы нәтижесінде пайда болатын молекула атомдарының арасындағы байланыс.

Идеал байланыстар – жүйенің мүмкін болатын кез келген орын ауыстыруларындағы механикалық байланыстардың реакцияларының қарапайым жұмыстарының қосындысы нөлге тең болатын механикалық байланыс.

Механикалық байланыстар – қарастырылып отырған жүйенің қалпына (орнына) немесе қозғалысына қойылатын шектеулер.

Тұрақты байланыстар – теңдеулерінде уақыт айқын көрсетілмейтін (болмайтын), яғни уақытқа тәуелді болмайтын механикалық байланыстар.

БАЙЛАНЫСҚАН КҮЙ – жүйенің бөлшектер жүйесінің берілген периодты жүйеге арналған сипаттамасымен салыстырғанда ұзақ уақыт бойы кеңістіктің шектелген аймағында (шектеулі болатын) әлгі жүйенің салыстырмалы қозғалысының жүзеге асырылуы кезіндегі күйі. Табиғатта жұлдыздық шоғырлар мен макроскопиялық денелерден бастап микронысандарға – молекулаларға, атомдарға, атом ядроларына дейін байланысқан күйлер молшылық. Көптеген қарапайым бөлшектердің (а д р о н д а р д ы ң) материяның едәуір іргелі бөлшектері – *кварктер* болып табылуы мүмкін.

Байланысқан күйдің құрылуы үшін, ең болмағанда жүйе бөлшектерінің арасында белгілі қашықтықтардағы тартылыс күшінің болуы қажет. Тұрақты байланысқан күйлер үшін жүйе массасы оларды құраушы бөлшектердің қосынды массасынан кем болады; олардың арасындағы осы айырым Δm жүйенің байланыс энергиясын анықтайды: $E_{\text{бк}} = \Delta m c^2$.

Байланысқан күй **классикалық механикада** жүйе, мысалы, (немесе ғаламшарлар) бірін-бірі тартатын екі бөлшек әрқашан байланысқан күй түзеді.

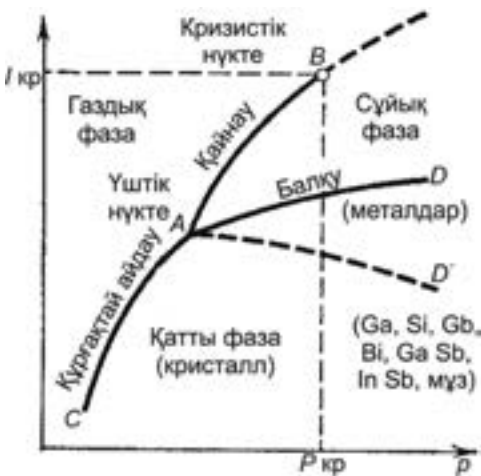
К в а н т т ы қ м е х а н и к а д а ғ ы байланысқан күйдің құрылуы үшін классикалық механикадағыдан айырмашылығы, тартылыстық потенциалдық энергия мен тартылыс күшінің әсер ету радиусының жеткілікті үлкен болуы қажет.

БАЙЛАНЫС ЭНЕРГИЯСЫ (грекше «энергия – әсер, қызмет») – кез келген *бөлшектер* жүйесін (мысалы, атомның ядродан және *электрондардан* құралған жүйесі ретіндегі) оны құраушы бөлшектерге ажырату үшін шығындалатын жұмысқа тең және олардың бір-бірімен өзараәсерлесулері ескерілмейтіндей алыс қашықтатуға шығындалатын жұмысқа тең болатын байланыс энергиясы. Егер бөлшектер жиынтығы *молекула* құрайтын атомдар болса, байланыс энергиясы ретінде химиялық байланыстың, ал ядро құрайтын *нуклондар* (*протондар* мен *нейтрондар*) болса, ядролық байланыстың энергиясы қарастырылады. Байланыс энергиясы бөлшектердің өзараәсерлесуімен анықталады және **теріс шама** болады, себебі жүйе байланысқан кезде энергия бөлінеді. Байланыс энергиясының абсолют шамасы байланыстың беріктігін және жүйенің тұрақтылығын сипаттайды.

Мысалы, байланыс энергиясы атом ядросы үшін ядродағы нуклондардың *күшті өзараәсерлесуімен* анықталады және Эйнштейннің қатынасы бойынша масса ақауына пропорционал болады: $\Delta m \cdot \Delta E = \Delta m c^2$. Едәуір тұрақты ядролардың байланыс энергиясы жуық шамамен $8 \cdot 10^6$ эВ/нуклонға тең (меншікті байланыс энергиясы). Осы энергия жеңіл ядролардың едәуір ауыр ядроларға бірігуі (*термоядролық реакция*), сонымен қатар меншікті байланыс энергиясының кемуінің салдарынан ауыр ядролардың *өздігінен ыдырауы* кезінде бөлінуі мүмкін. Атомдағы немесе молекуладағы электрондардың байланыс энергиясы электрмагниттік өзараәсерлесумен анықталады және әрбір электрон үшін иондалу потенциалына пропорционал болады: мысалы, бұл шама сутек (*H*) атомы үшін негізгі күйде 13,6 эВ-қа тең. Молекулалардағы және кристалдағы атомдардың байланыс энергиясы осы өзараәсерлесуден пайда болады. Гравитациялық өзараәсерлеуден пайда болатын байланыс энергиясы, әдетте өте аз және тек кейбір ғарыштық нысандар үшін ғана маңызды болады.

БАЙЫТЫЛҒАН УРАНДЫ РЕАКТОР – ядролық отын ретінде ²³⁵U изотопымен байытылған табиғи уранды пайдаланатын *ядролық реактор*. Мұны **баяу нейтронды реактор** деп те атайды.

БАЛҚУ – заттардың кристалдық (қатты) күйден сұйық күйге ауысуы. Осы ауысу кезінде жылу жұтылады (I текті *фазалық ауысу*). Таза заттардың балкуының басты сипаттамасы *балку температурасы* ($T_{\text{балку}}$). Балку температурасы сыртқы қысымға (*p*) тәуелді; таза заттардың күй диаграммасында бұл тәуелділік қатты және сұйық



1-сызба. Таза заттың күй диаграммасы (*p* – қысым, *T* – температура). *AD* және *AD'* – балку сызықтары, *AD'* – сызығымен аномальды өзгерісі болатын заттар балқиды. *A* – үштік нүкте; *B* – кризистік нүкте

фазалардың балку қисық сызығымен (*AD* немесе *AD'*) бейнеленген (1-сызбаны қараңыз). Қорытпалар мен қатты ерітінділердің балку температурасының белгілі бір аралығында (бұған тұрақты балку температурасы болатын қорытпа – **эвтектика** жатпайды) ғана балқиды. Қорытпалардың құрамдарының берілген қысымдағы балку температурасының басталуы мен аяқталуының тәуелділік күй диаграммасында арнайы сызықтармен бейнеленген [ликвидус (*L*) және солидус (*S*) сызықтары] (2-сызба).

Балку кезінде заттардың физикалық қасиеттері өзгеріске ұшырайды: эн-

тропиясы артқанда, кристалдық тор құрылымының реттілігі бұзылады; жылу сыйымдылығы артады; электрлік кедергі және жартылайөткізгіштер өзгереді. Балқу кезінде жылжу кедергісі нөлге дейін кемиді, дыбыстың таралу жылдамдығы төмендейді, т.б.

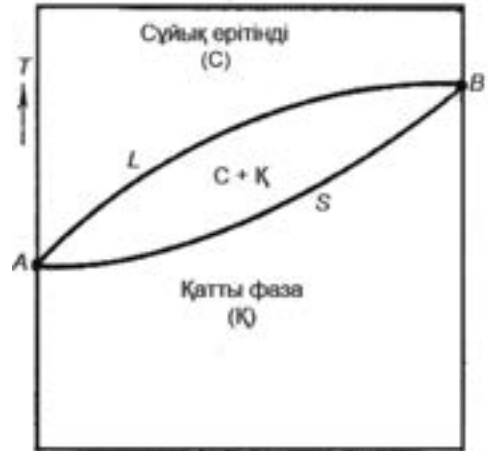
Балқу молекулалық-кинетикалық түсініктерге сәйкес былай жүзеге асады. Кристалдық денеге жылу берілгенде оның атомдарының тербеліс энергиясы (тербелістер амплитудасы) артады, осының себебінен дененің температурасы көтеріледі де, кристалдарда әртүрлі кемтіктердің [кристалдық торлардың толтырылмаған түйіндері (тораптары)

– **вакансиялар**] пайда болуына ықпал етеді. Ақаулардың біртіндеп артуы және олардың бірігуі балқу алдындағы кезенді сипаттайды. Балқу температурасына ($T_{\text{балқу}}$) жеткен кезде кристалдардағы ақаулардың кризистік шоғырлануы пайда болып балқу басталады – кристалдық торлар оңай қозғалатын субмикроскоптық аймақтарға ажырайды. Балқу кезінде берілетін жылу денені қыздыруға жұмсалмайды, тек атомаралық байланыстарды үзуге және де кристалдардағы алыс реттілікті жою үшін ғана жұмсалады.

Табиғатта балқу үрдісінің (Жер бетіндегі қар мен мұздықтың еруі, Жер қойнауындағы минералдардың еруі), ғылым мен техникада (таза металдар мен қорытпалар өндіруде, т.б.) маңызы зор.

с.а.с. Металлургтер руданы балқытып металл бөліп алады. Қыздыру кезінде металдан кристалдық торлары бүлініп, яғни балқып азатын болады.

БАЛҚУ ЖЫЛУЫ – затқа изобарлық-изотермиялық тепе-теңдік үрдісте оны қатты (кристалдық) күйден сұйық күйге (заттың кристалдануы кезінде бөлініп шығатын жылу мөлшеріндей) ауыстыру үшін берілетін жылу мөлшері. Балқу жылуы – **фазалық ауысу жылуының** дербес жағдайы. Балқу жылуы меншікті (Дж/кг, ккал/кг бірліктерімен өлшенеді) және мольдік (молярлық) балқу жылуына ажыратылады (соңғысы Дж/моль бірлігімен өлшенеді). Кестеде кейбір заттардың меншікті балқу жылуының ($L_{\text{балқу}}$) қалыпты атмосфералық қысымдағы (760 мм сынап бағанындағы немесе 101,325 Па бірлігіндегі) мәндері сипатталған:



2-сызба. Жүйе күйінің диаграммасы (Cu – Ni). Сұйық ерітінді ликвидус (L) сызығынан жоғарыда – тұрақты, солидус (S) сызығынан төменде – қатты; L және S сызықтарының аралығында қатты және сұйық фазалар аймағы шектелген.

Зат	Т _{балқу} °С	Л _{балқу} , ккал/кг	Л _{балқу} , кДж/кг
Сутек Н ₂	-259,1	13,89	58,2
Оттек О ₂	-218,7	3,3	13,8
Азот N ₂	-210	6,15	25,7
Сынап Hg	-38,86	2,82	11,9
Мүз Н ₂ О	0	79,72	334
Натрий Na	97,8	24,4	102
Қорғасын Pb	327	5,9	24,7
Мырыш Zn	419,5	24,4	102
Алюминий Al	660,4	94,5	385
Күміс Ag	961,9	25,0	105
Алтын Au	1064,49	15,3	64
Мыс Cu	1084,5	49,0	205
Темір Fe	1539	63,7	266
Хром Cr	1890	62,1	264
Метан CH ₄	-182,5	13,96	58,8
Ацетон C ₂ H ₆ O	-95,35	23,42	97,9

БАЛЛ (французша «балле – доп, шар») – кез келген құбылыстың қарқындылығының немесе дәрежесінің мөлшерін немесе сәйкес балдық меже бойынша (мысалы, жер сілкінісінің 12 балдық межесі, материалдардың қаттылығының әртүрлі межелері) бағалауға арналған шартты бірлік.

БАР (грекше «барус – ауырлық»), бар – 1) қысымның жүйеден тыс бірлігі; 1бар=10⁵Па=10⁶дин/см²=0,986923атм; 1мбар=10³ дин/см²=986923·10⁻³ атм=0,75 мм сынап бағаны. 2) СГС бірліктер жүйесіндегі қысымның бірлігі. 1Бар = 1дин/см². Қазіргі кезде қолданыстан шығып қалған. Бұрын Бар көбінесе метеорологияда қолданылған-ды.

БАРИОНДАР (грекше «барус – ауыр») – спині бүтіннің жартысына тең, массасы *протонның* массасынан кем емес «ауыр» *қарапайым бөлшектер* тобы. Барииондарға **протон** және **нейтрон**, **гиперондар**, резонанстардың бір бөлігі және «әдемі» бөлшектер, т.б. жатады. «Бариион» деп аталуына осы топтағы қарапайым бөлшектердің арасындағы ең жеңілі – протонның электроннан 1836 есе ауыр болуы себеп болған. **Протон ғана – барииондар арасындағы жалғыз ғана тұрақты бөлшек**; өзгелерінің барлығы – тұрақсыз бөлшектер, біртіндеп ыдырау арқылы протондар мен жеңіл бөлшектерге айналып кетеді. (Нейтрон бос күйінде – тұрақсыз бөлшек, бірақ тұрақты атом ядросының ішінде байланысқан күйінде тұрақты болады). Барииондар белгілі іргелі өзараәсерлесудің барлығына қатысады. Барииондық сан мен антибарииондық сан арасындағы айырым өзгермейді.

БАРИОНДЫҚ ЗАРЯД, бариион саны, В – *қарапайым бөлшектердің* ішкі сипаттамаларының бірі – барииондар үшін нөлге тең емес, ал өзге бөлшектер үшін нөлге тең. Барииондардың барииондық заряды 1-ге тең, ал антибарииондар үшін –

минус 1-ге тең деп есептеледі. Жеке жағдайда атом ядросының бариондық заряды оның *массалық санына* тең.

БАРИОНИЯ, квазиадро – ақауы аз (барион массасымен салыстырғанда) немесе артық массалы барион-антибарион жұбының квазиадролық байланысқан күйі. *Адрондардың* кварктік моделі бойынша – көпкварктік күйі (кварктер мен антикварктерден құралған). Барионияларың болуын қамтамасыз ететін бариондар мен антибариондардың арасында әсер ететін тартылыс күштерінің табиғаты ядролық күштердікіндей. Бариониялардың радиусы $\sim 10^{-13}$ см. Бариониялар құраушыларының аннигиляциялануы салдарынан тұрақсыз; «өмір сүру» уақыты $> 10^{-23}$ сек. Спині бүтін санды, бариондық заряды нөл, яғни мезондардың қасиетіне ие.

БАРКГАУЗЕН ЭФФЕКТИСІ – ферромагнетиктердің сыртқы жағдайлар, мысалы, магнит өрісі үздіксіз өзгертін кездердегі магниттелуінің секірісті өзгерісі. Бұл эффектін 1919 ж. неміс физигі Генрих **Баркгаузен** (1881 – 1956) ашқан. Бұл эффектті ферромагнетиктердің домендік құрылымды болатынының тікелей дәлелдемесі болады, бұл жеке доменнің көлемін анықтауға мүмкіндік береді. Көпшілік домендер үшін бұл көлем 10^{-6} – 10^{-9} см³-ге тең.

БАРН (ағылшын сөзі) – ядролық үрдістердің тиімді көлденең қимасын өрнектеуге арналған аудан бірлігі; $1б = 10^{-24}$ см² = 10^{-28} м².

БАРНЕТТ ЭФФЕКТИСІ – ферромагнетиктердің магниттік өрісінің әсер етпейтін кезінде өз осінен айналдырғанда магниттелу құбылысы; бұл құбылысты 1915 ж. американ физигі Сэмюел **Барнетт** (1873 – 1956) ашқан. Магнетикті айналдырған кезде **гироскоптық момент** пайда болады, осы момент атомдардың спиндік немесе орбиталық механикалық моменттерін магнетиктің айналу осінің бағыты бойынша бұруға әрекеттенеді. Атомдардың механикалық моментімен олардың магниттік моменті байланысқан, сол себепті айналу кезінде айналу өсі бойымен магниттік моменттің құраушысы пайда болады.

БАРОДИФФУЗИЯ (грекше «барус – ауыр» + латынша «диффузия – таралу, шашырау, ағу») – қысымның немесе ауырлық күш өрісінің әсерінен туындайтын диффузия.

БАРОТРОПТЫ ҚҰБЫЛЫС (грекше «барос – ауыр, ауырлық» және «тропе – өзгеру») – жоғары қысымдар және белгілі бір температуралар кезінде сұйық-сұйық (сұйық-газ немесе газ-газ) жүйлерінде пайда болатын фазалардың орын ауыстыруы; тығыздығы аз үстіңгі жақта орналасқан (ауырлық өрісінде) фазаның қалыпты жағдайда ауырлап, төмен (астыңғы жаққа) шөгуі. Бұл құбылыс бойынша, қысым артқан кезде әуелгі (бастапқы) кезде әртүрлі болған фазалардың меншікті көлемдері теңеседі; молекулалық массасы ауыр көп компонентті (құраушылы) болатын фаза ауырлап өзге фазаға батады (шөгеді).

Осы құбылысты алғаш рет голланд физигі Гейке **Камерлинг-Оннес** (1853 – 1936) сутек (сұйық)-гелий (газ) жүйесінде: 20,1 К температурада және 49 атм қысымда газ фазасы сұйықтың астына шөккенін байқаған. Газ-сұйық жүйесіндегі баротроптық құбылыс аммиак-азот-сутек жүйелерінде (3500 – 3700 атм қысымда және 170 К температурада) байқалған.

БАСҚАРЫМАЛЫ ТЕРМОЯДРОЛЫҚ СИНТЕЗ (БТС) – жоғары температура кезінде реттелетін, басқарылатын жағдайларда энергия бөліп шығаратын жеңіл атом ядроларының бірігу үрдісі. БТС әзірше жүзеге асырылмаған. Синтез (біріктіру) реакциясының жүзеге асырылуы үшін реакцияға қатысушы ядролардың бір-біріне 10^{-11} см аралығына жақындасуы шарт, осыдан соң **туннельдік эффект** салдарынан әлгі атомдардың бірігу ықтималдығы тууы мүмкін. Соқтығысатын протондардың *потенциалдық тосқауылды* жеңуі үшін –10 кэВ энергия беру қажет, бұл энергия – 10^8 К температураға тең. Ядроның заряды артқан сайын (Z реттік нөмірі) олардың **кулондық өзара тебілістері күшейеді** де, реакция үшін қажет энергия арта түседі. Әлсіз өзараәсерлесуден туатын (p, p) реакцияларының эффектілік қимасы өте аз. Сутегінің ауыр изотоптары (дейтерий мен тритийдің) арасындағы реакция күшті өзараәсерлесуге негізделген және қимасы 22 – 23 реттілікке жоғары. Синтез реакциясында энергия бөлуі шамаларының айырмашылығы бір реттіліктен аспайды. Дейтерий мен тритий ядролары біріккенде бұл 17,6 МэВ энергия бөліп шығарады. Бұл реакциялардың көп энергия бөлу және үлкен жылдамдығы дейтерий мен тритийдің бірдей құраушысы болатын қоспасы – БТС мәселесін шешуге арналған болашағы мол қоспа. Тритий радиоактивті (жартылай ыдырау уақыты 12,5 жыл) және табиғатта кездеспейді. Сондықтан термоядролық реактордың жұмысын қамтамасыз ету үшін **ядролық «отын»** ретінде қолданылатын тритийді өндіру қарастырылған. Осы мақсат үшін реактордың жұмыстық белдеуі литийдің жеңіл изотопымен белдеуленіп қоршалған, осы белдеуде ${}^6\text{Li}+n \rightarrow {}^3\text{H}+{}^4\text{He}+4,8 \text{ МэВ}$ реакциясы өтетін болады.

БАЯУЛАТҚЫШ, **н е й т р о н д а р д ы** – ядролық реактордағы нейтрондардың кинетикалық энергиясының белгілі бір шамасын кеміту үшін, оларды жұтпайтын атомдардың ядроларымен көптеген рет соқтығыстыру үшін қолданылатын зат. Баяулатқыш ретінде *массалық сандары* аз заттар: кәдімгі **ауыр су, гелий, бериллий, графит** және басқа заттар пайдаланылады. **Сұйық баяулатқыш** көбінесе бір мезгілде жылутасығыш ретінде де пайдаланылады.

БАЯУЛАУ – физикалық кейбір шамалардың өту үрдістерінің табиғи жағдайлардағы үрдістерінен кемуі.

Нейтрондардың баяулауы – нейтрондардың бояулатқыш заттың атомдарының ядроларымен соқтығысуы салдарынан кинетикалық энергиясының кемуі.

Уақыттың баяулауы, салыстырмалық теориядағы – бақылаушыға қатысты қозғалыстағы санақ жүйесінде өтетін оқиғалардың бақылаушы үшін тыныштықтағы санақ жүйесіне қатысты өту үрдісінің баяулауы.

БАЯУ НЕЙТРОНДАР – кинетикалық энергиясы 100 квЭ-тан аз нейтрондар.

БАЯУ НЕЙТРОНДЫ РЕАКТОР – *тізбекті ядролық реакциялар* кезінде бөлініп шығатын нейтрондардың энергиясы 0,01 эВ-тан аспайтын ядролық реактор. Реакторлардың көпшілігінің жұмыс істеу принципі баяу нейтрондар арқылы жүзеге асатын, өзін-өзі сүйемелдеуші *тізбекті ядролық реакцияларға* негізделген. Ол тек уранның $^{235}_{92}\text{U}$ изотопымен ғана жүзеге асырылады. Табиғи уранның құрамындағы бұл изотоптың мөлшері 0,75%-ға жуық. Сондықтан табиғи уран пайдаланылатын реакторлардың көлемі өте үлкен болады. Ал ядролық отын ретінде **байытылған уранды** пайдалану реактордың көлемін ықшамдауға мүмкіндік береді. Байытылған уранның *активті аймағында* орналасуына орай, **гомогенді** және **гетерогенді** болып бөлінеді. **Гомогенді реакторларда** байытылған уран мен баяулатқыш (су, ауыр су, т.б.) біркелкі ерітінді не біркелкі қоспа түрінде пайдаланылады. **Гетерогенді реакторларда** байытылған уран шыбықтары баяулатқыштың (графит, су, бериллий) ішіне орналасады. 1967 ж. 30 қазанда Қазақ КСР ҒА-ның Ядролық физика институтында баяу нейтронды реактор іске қосылды. Ондағы уранның байытылу дәрежесі 36% болып жоспарланған болатын.

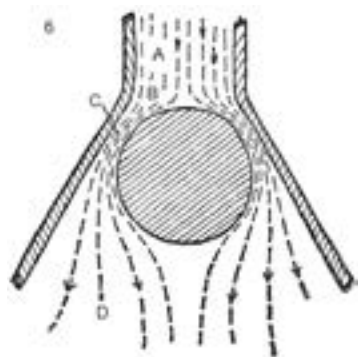
БЕЙТАРАП ТОК, кванттық өріс теориясындағы – ауысуларды бөлшектердің электр зарядтарының өзгеруінсіз сипаттайтын әлсіз өзара-әсерлесулердегі («әлсіз токта») ток; электромагниттік токтың аналогы. Тәжірибеде ғажаптық, «таңырқарлық», лептондық зарядтар және басқа кванттық ток 1973 ж. жоғары энергиялы ($\approx 1\text{ГэВ}$) *нейтриноның* нуклондармен өзараәсерлесулерін зерттеу кезінде ашылған.

БЕККЕ ӘДІСІ – қатты заттардың сыну көрсеткіштерін (n) өлшеудің *иммерсиялық әдісінің* бір нұсқасы. Зерттелетін зат толған түрде сұйық тамшысына араластырылып, микроскоп арқылы бақыланады. Өртүрлі сыну көрсеткіштері болатын екі ортаның шекарасында *интерференциялық* және **ішкі толық шағылу** құбылыстарының әсерінен жұқа жарық жолақ – **Бекке жолағы** пайда болады. Микроскоптың тубусы жоғары қарай көтерілгенде әлгі жолақ сыну көрсеткіші үлкен бөлшектер бағытына қарай жылжитын болады, ал тубусты төмен түсіргенде сыну көрсеткіші аз бөлшектер бағытына қарай жылжиды. Сұйық пен бөлшектердің сыну көрсеткіштері тең болғанда, Бекке жолағы жойылады. Сыну көрсеткіші (n) белгілі сұйықтар жиынын пайдалана отырып, қатты заттардың сыну көрсеткіштері анықталады. Бұл әдісті австриялық минералог Фридрих Бекке (1855 – 1931) ашқан.

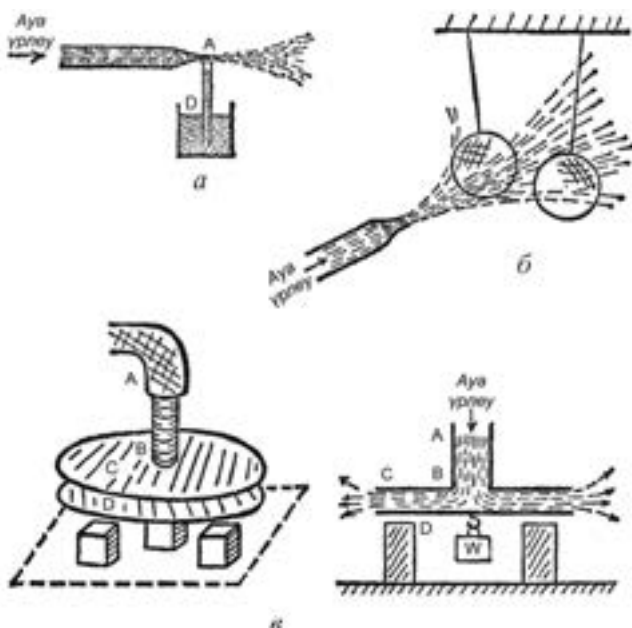
БЕККЕРЕЛЬ (Бк, Bq) – Халықаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ) радиоактивті көздердегі нуклидтің активтілігінің бірлігі; 1 Бк – 1 секундта бір ыдырау жасайтын нуклидтің активтілігіне тең. Француз физигі Антуан Анри **Беккерельдің** (1852–1908) құрметіне аталған. $1 \text{ Бк} = 2,703 \cdot 10^{-11} \text{ кюри} = 10^{-6} \text{ резерфорд}$.

БЕЛ (Б, В) – Халықаралық өлшеу бірлігінің (СИ) логарифмдік салыстырмалы шамасының (екі аттас физикалық шама мәндерінің қатынасының ондық логарифмі) бірлігі. Американ ғалымы әрі өнертапқышы Александр Грэм **Беллдің** (1847–1922) құрметіне аталған. Әдетте белдің 0,1 үлесі – децибел қолданылады. $1 \text{ Б} = \lg(P_2/P_1)$ (мұндағы P_1, P_2 – энергияның және басқа энергетикалық шаманың қуаты, $P_2 = 10P_1$) немесе $1 \text{ Б} = 2 \lg(F_2/F_1)$, мұндағы $F_2 \sqrt{106} F_1, F_2$ және F_2 – кернеу, ток күші, т.б. осыған ұқсас шамалар. Бел бірлігі физика және техника салаларында қолданылады.

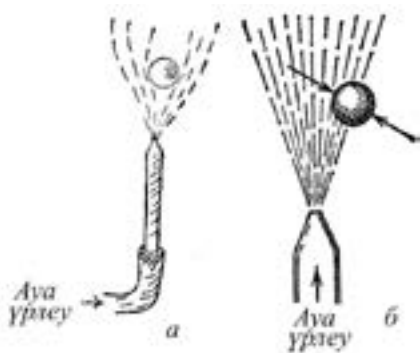
БЕРНУЛЛИ ЭФФЕКТІЛЕРІ (латынша «эффектус – әсер, орындау») – 1738 ж. швейцар математигі әрі физигі Даниил **Бернулли** (1700–1782) ашқан сұйық (немесе ауа) ағынының жылдамдығы мен қысымы арасындағы тәуелділікке негізделген тәжірибелерден байқалатын қызғалықты әсерлер. Бұл тәуелділік бойынша: егер су немесе ауа ағынының жылдамдығы аз болса, онда ағынның қысымы үлкен болады; егер әлгі ағынның жылдамдығы үлкен болса, онда ағынның қысымы аз болады. Сызбаларда көрсетілген құбылыстар осы принципке негізделген. Ауа ағыны шардың астыңғы жағынан жоғары қарай бағытталғанда шардың ағын аумағынан тысқары ауытқып кетпеуі де әлгі принципке негізделген. Ауа ағыны айнала қоршаған ауадан жылдамырақ болғандықтан, ол ағынның қысымы қоршаған ауаның



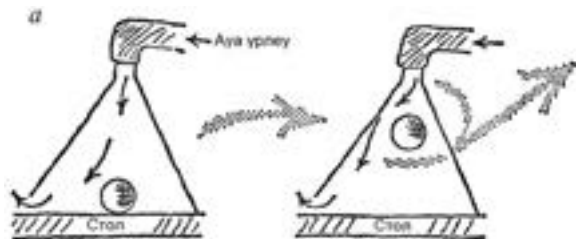
Воронкадағы шарикті орап ағатын ауа ағынының жолы (D). С нүктеде – ағын жылдам, қысымы аз.



Тәжірибе жасау. а – шашыратқыш; б – жақын ілінген жеңіл шарлар арасындағы ауа ағыны; в – D жылжымалы пластинаның арасына ауа үрленгенде ол C пластинаның қарай жақындайды.



Ауа ағыны кішкене шарды көтеріп ұстап тұрады



Воронка мен кішкене шар парадоксы. Оң жақтағы суретте ауа ағынының бағыты көрсетілген.

қысымынан аз болады. Сол себепті айнала қоршаған ауа шарды қысымы аз аймақ – ағынға қарай ығыстырады, сол себепті шар ағын аймағынан тысқары шығып кете алмайды. Сызбалардағы тәжірибелеросы принциппен түсіндіріледі.

БЕТ – бір нәрсенің сыртқы немесе ішкі ортамен жанасатын жағы.

Гидрофильдік бет – қатты дененің сұйық жұғатын беті.

Гидрофобты бет – қатты дененің сұйық жұқпайтын беті.

Меншікті бет – кеуекті немесе кейбір орталарда дисперсті (ұсақталған қатты дене немесе сұйық) дене бетінің жалпы ауданының оның көлеміне немесе массасына қатынасы.

Толқындық бет – берілген сәтте тербелістер фазаларының бірдей мәндері толқын тудыратын тербелістердің беті.

Үзіліс бет – 1. Қысымның соққы толқынның таралуы кезінде пайда болатын секірісті артатын беті. 2. Ортаны сипаттайтын электромагниттік шамалар мәндерінің секірісі пайда болатын электрөткізгіштік ортаның беті.

Ферми беті – металдың электрондық күйлері орналасқан аймақты абсолют нөл температура көзінде электрондары болмайтын аймақтан ажырататын квази-импульстер кеңістігіндегі энергиялары бірдей болатын бет.

БЕТА-БӨЛШЕКТЕР, β -бөлшектер – бета-ыдырау кезінде атом ядросынан бөлініп шығатын электрондар мен позитрондар. Бета-бөлшектер электрондар болса β^- таңбасымен, ал позитрондар болса β^+ таңбасымен белгіленеді.

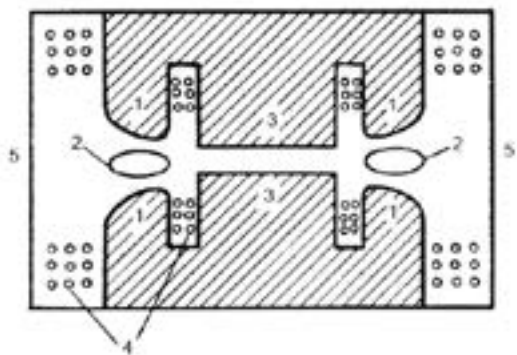
Бета-сәуле – бета-ыдырау кезінде атом ядролары тарататын (шығаратын) бета-бөлшектердің ағыны.

БЕТА – СПЕКТРМЕТР – бета-ыдырау кезіндегі ұшып шыққан электрондар мен позитрондардың, сондай-ақ конверсиялық электрондардың және гамма-, рентген т.б. сәулелердің заттармен өзараәсерлесуі кезінде пайда болатын электрондардың энергетикалық таратылуын (спектрін) өлшеуге арналған аспап.

БЕТАТРОН [«бета – бета бөлшек» + элек(трон)] – бөлшектердің орбитасын қамтитын айнымалы-өзгермелі магниттік ағын тудыратын (индукциялайтын) құйынды электр өрісінің бөлшектердің энергиясын арттыратын циклдік индукциялық үдеткіш. 1922 ж. Дж. **Слепян** құйынды магниттік өрісті пайдаланатын үдеткішке патент алған. Алғашқы іс жүзінде қолданылатын бетатронды 1940 ж. американ физигі Дональд **Керст** (1911 – ?) ойлап тапқан.

Электрондарды үдететін индукциялық құйынды электрқозғаушы күшті айнымалы магниттік ағын тудырады. Үдетілетін электрондарды дөңгелек орбитада уақыт бойынша өзгеріп тұратын жетекші (басқарушы) магнит өрісі үйіріп ұстап тұрады.

Бетатрон дөңгелек пішінді өте үлкен вакуумдық камерадан құралған. Камера айнымалы өріс тудыратын электрмагнит полюстерінің аралығына орналастырылған. Оның ішінде электрондар шығаратын көз болады. Электрондар дөңгеленген орбита бойымен қозғалады. Камераны түйреп өтетін магниттік өріс өзгерген кезде құйынды электр өрісі пайда болып, электрондарды өзімен бірге шұбыртып ілестіреді. Магниттік өріс осымен бірге электрондардың қозғалу бағытына перпендикуляр (дөңгелектің ортасына қарай) күш тудырады. Осы күш электрондарды дөңгелек орбитадан ауытқытпай үйіріп ұстайтын болады. Бетатрон электрондар ағынын бірнеше миллионнан 100–200 МэВ-ке дейінгі энергияға дейін үдете алады.



Бетатрон қимасының сұлбасы: 1 – магнит полюстері; 2 – сақина тәрізді вакуумдық камераның қимасы; 3 – орталық өзек; 4 – электрмагниттің орамы; 5 – магниттің мойны

БЕТА-ЫДЫРАУ, β-ыдырау – нейтронның (*n*) атом ядросының ішінде (сондай-ақ еркін нейтронның протонға айналуы) электрон (*e*) мен позитрон (*e*⁺) және электрондық антинейтрино (*ν_e*) немесе нейтрино (*ν_e*) шығара отырып өз еркімен протонға түрленуі. Бета-ыдыраудың екі түрі бар: 1) β – ыдырау: $n \rightarrow p + e^- + \tilde{\nu}_e$ (бастапқы ядродан протон саны (*Z*) 1-і артық ядро түзіледі), мысалы: ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + e^- + \tilde{\nu}_e$. Еркін нейтронның ыдырауы β-ыдыраудың қарапайым мысалы болады. 2) Позитрондық ыдырау (β⁺-ыдырау): $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$ (бастапқы ядродан заряды 1-ге кем ядро түзіледі, мысалы ${}^{11}_6\text{C} \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + e^+ + \nu_e$).

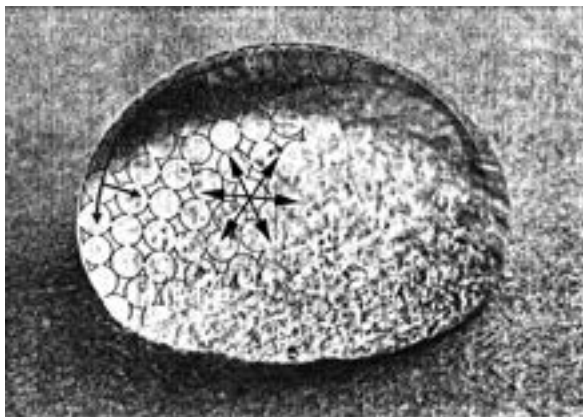
Атом ядросының нейтрино (*ν_e*) шығара отырып электрон жұту үрдісі де бета-ыдырауға жатқызылған. Бета-ыдырау ауыр және жеңіл ядроларда байқалады. Бета-ыдырау әлсіз өзараәсерлесу нәтижесінде туындайды.

Бета-ыдырау теориясын 1934 ж. итальян физигі Энрико Ферми (1901 – 1954) тұжырымдаған.

Егер бета-ыдырау кезінде ядродан электрон бөлініп шықса, **β^- -ыдырау**, ал позитрон бөлініп шықса, **β^+ -ыдырау** деп аталады. Бета-ыдырау үрдісі периодтық жүйедегі барлық элементтерден байқалады.

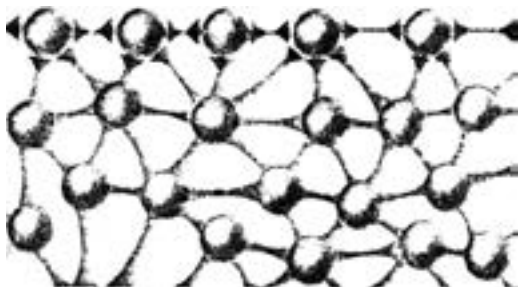
БЕТТІК КЕРІЛУ – екі фазаны (денені) ажырату бетінің бірлік ауданының пайда болуының қайтымды изотермиялық жұмысымен анықталатын осы беттің *термодинамикалық* сипаттамасы. Дж/м² немесе Н/м бірлігімен өлшенеді. Ажырату

беті сұйық болған жағдайда беттік керілуді контурдың бірлік өлшеміне әсер етуші және фазаның берілген көлемдерінде бетті мүмкіндігінше кішірейтуге әрекеттенетін күш ретінде қарастыруға болады. Конденсацияланған екі фазаның шекарасындағы беттік керілу әдетте **фазааралық керілу** деп аталған. Жаңа беттің пайда болуы зат молекулаларының дене көлемінен беттік қабатқа ауысуы кезіндегі молекулааралық ілінісу (когезиялық) күшін жеңуге жұмсалады. Беттік қабаттағы молекулааралық күштердің тең-әсерлі күші нөлге тең емес (дене көлеміндегідей) және ілінісу күші артық фазаның ішіне қарай бағытталыады. Сонымен, беттік керілу – беттік (фазааралық) қабаттағы молекулааралық күштердің есесі қайтарылмағандықтың немесе фаза көлеміндегі еркін энергиямен салыстырғанда беттік қабаттағы еркін энергияның артықтығының өлшемі болады. Жылжымалы (ақпалы) сұйықтар үшін беттік керілу – еркін беттік энергияға тең шама.



Атомдық және молекулалық деңгейлерде әсер ететін электрлік күштер заттардың ішінде молекулаларды ұстап тұратын оның пішіні мен беріктігін қамтамасыз ететін ілінісу күшін тудырады. Төпе-теңдік күйде тарту күші ретінде де, тебу күші ретінде де әсер етеді. Тарту күші ретінде әсер еткенде затты «жабыстырады», осы жайт атомдардың бір-бірімен бірігіп кетуіне кедергі келтіреді, оларды бір-бірінен белгілі бір қашықтықта ұстайды. Ілінісу сұйықта айқын байқалады. Әрбір атомға жан-жағынан бірдей күштер әсер етеді, сұйықтың көлемінің ішінде қорытқы күш нөлге тең. Сол себепті сұйықтың ішіндегі әрбір молекуланы оны жан-жағынан қоршаған барлық молекулалар бірқалыпты өздеріне тартады, осы күштердің барлық әсерлерінің қосындысы нөлге тең (яғни күштер өзара теңгеріледі). Сұйықтың бетіндегі оның астынан әсер ететін тарту күшіне қарсы күш жоқ. Сондықтан сұйықтың бетінде жатқан молекула сұйықтың ішіне тартатын күштің әсеріне ұшырайды. Сұйық бетіндегі молекулалардың саны мүмкін болғанша аз (минимум) болуға ұмтылады, сол себепті бет керілген пленка секілді кернеулі болады. Беттік керілу эффектісі ұсақ тығыз денелердің (мысалы, кәдімгі иненің немесе кейбір жәндіктердің) су бетінде «жүзуіне» мүмкіндік береді.





Сұйықта ілінісу күші пайда болады. Сұйықтың әрбір атомына жан-жақтан бірдей күштер әсер ететіндіктен, оның көлемінің ішіндегі қорытқы күш нөлге тең болады. Бірақ сұйықтың бетіне есесі қайтарылмаған (компенсацияланбаған) күш әсер етеді, осы күш сұйықтың молекулаларын оның көлемінің ішіне тартады. Нәтижесінде сұйықтың беті оған серпімді пленка керілгендей болады. Беттік керілу эффектісі кейбір шыбын-шіркейдің, жәндіктердің немесе массалардың су айдындарының бетінде суға шөгіп кетпей сырғанауына мүмкіндік береді. Атомдық және молекулалық деңгейлердегі әсер ететін электрлік күштер ілінісу күштерін тудырады. Осы күштер де беттік керілуге қосымша «жәрдемдеседі». Сұйықтың бетіндегі молекулалардың арасында әсер ететін күштер сұйықты керілген «пленкаға» ұқсас болуға мәжбүрлейді.

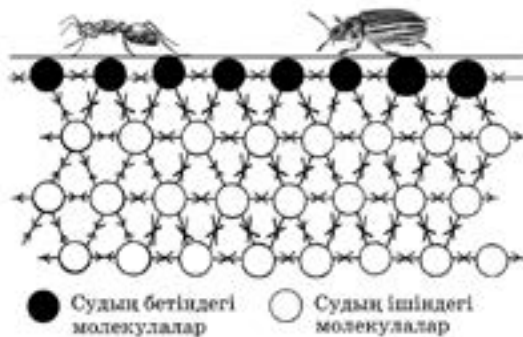
лагмометрдің) ұшынан ағып шығып үзілетін тамшының массасы бойынша; сұйыққа газ көпіршігін ендіруге қажет үлкен қысым бойынша; беттің үстінде томпайып жататын тамшының пішіні бойынша өлшеуге болады.

Сұйықтың беті бойынша әсер ететін, осы бетті шектейтін әрі осы бетті ең аз шамаға (минимумға) дейін қысқартуға ұмтылатын сұйық бетіне перпендикуляр күш **беттік керу күштері** деп аталған.

Егер сұйық молекулаларының өзара тартылыс күштері сұйық молекулала-

Сыртқы әсерлердің ықпалы тимейтін кездегі сұйықтың беттік керілуі шар пішінінде болады (шар беті ең кіші бет және беттің еркін энергиясының ең аз болуы). Егер фазалардың көлемдері молекулалардың өлшемдерімен салыстырғанда жеткілікті шамадан үлкен болса, беттік керілу беттің шамасы мен пішініне тәуелді болмайды. Температура артқанда, сонымен бірге беттік-активті заттардың әсер етуі кезінде беттік керілу кішірейеді. Металдардың балқымаларының беттік керілуі сұйықтар арасындағы ең үлкені болып табылады.

Оңай жылжитын сұйық-газ (бу) немесе сұйық-сұйық шекараларындағы беттік керілуді, мысалы, тік түтіктің (ста-



Сұйықтың әрбір молекуласы өзінің кездейсоқ көрші молекулалардың тарапынан тартылысқа ұшырайды және оның өзі де оларды тартады. Сұйықтың бір бөлігінің (массасында) ішіндегі әсер ететін тартылыс күштер өзара бір-бірінің есесін қайтарады (яғни компенсациялайды). Бірақ сұйықтың бетіндегі тарту күштері тек ішке қарай бағытталған (сұйық бөлігінің сыртында әлгі күштерге қарсы әсер ететін молекулалар жоқ). Осының нәтижесінде сұйық массасының беті кернеу астында болады. Беттік керілу күші су тамшысының бетіне «пленкаға» ұқсас әсер етеді, осыдан су тамшысына сфералық пішін беріп тұтастырып жинақтайтын болады.

рының қатты дененің тарту күшінен аз (кем) болса, онда сұйық қатты дене бетіне жұғады. Егер де сұйық молекулалары мен қатты дене молекулаларының өзара әсерлесу күштері сұйықтың молекулаларының өзараәсерлесу күштерінен кем болса, онда сұйық қатты дене бетіне жұқпайды.

БЕТТІК КҮШТЕР, м е х а н и к а д а ғы – денелердің беттеріне әсер етуші күштер, мысалы, дене бетіне әсер ететін атмосфералық қысым күші, аэродинамикалық күштер, іргетастың астындағы топыраққа (грунтқа) түсіретін қысым күші.

БЕТТІК ҚҰБЫЛЫСТАР – шекаралық қабаттағы еркін энергияның артық болуы – беттік энергияның жоғары активтілігі және беттік қабат молекулаларының бағдарлануы, оның құрылымы мен құрылысының ерекшеліктері тудыратын құбылыстар. Беттік құбылыстар сонымен бірге денелердің ең алдымен беттік қабаттарындағы химиялық және физикалық өзараәсерлесулерімен анықталады. Беттік құбылыстар негізінен беттік энергияның беттік ауданға пропорционал азаюына тәуелді. Теңбе-тең пішінді сұйық тамшы немесе газ көпіршіктерінің түзілуі, сонымен қатар кристалдардың өсуі тұрақты көлемдегі еркін энергияның ең аз шамасымен анықталады. Молекулалық күштер (*беттік керілу және жұғу*) және сыртқы күштер (ауырлық күштер) өзара бірлесіп әсер еткенде ажыратушы сұйық беттердің қисықталуы пайда болатын беттік құбылыс – **капиллярлық құбылыстар** деп аталған.

Қатты денелердегі беттік құбылыстар ең алдымен дененің сыртқы бетінде орын алады. Бұларға жататындар: ілінісу (адгезия), сулану, үйкеліс. Беттік құбылыстар кристалдық торлардың ақаулары негізінде дамиды ішкі беттерде де орын алған. Қатты денелердің беріктігін жеңіп оның қирауына себеп болатын да осы беттік құбылыстар. Беттік құбылыстар жаңа-ажырату беттерін тудырады. Беттік құбылыстардың көпшілігін *адсорбциялық* құбылыстар құрайды, бұл құбылыстарда беттік қабаттың химиялық құрамы өзгереді.

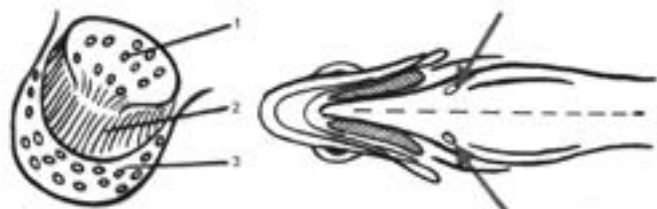
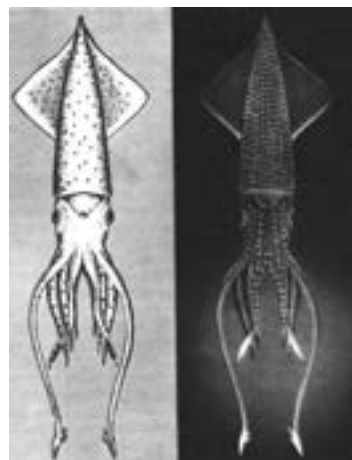
Беттік қабаттардағы жылулық қозғалыстардың ерекшеліктері беттердің **жарықтың молекулалық шашыратылуын** тудырады. Құбылыстардың басқа бір тобына *термоэлектрондық эмиссия*, потенциалдардың секірістері және фазалардың ажыратылу бетіндегі **электрлік қос қабаттың** пайда болуы жатады. Осы беттік құбылыстар иондардың адсорбциясы мен диполдік молекулаларға байланысты. Беттік құбылыстар тек өте дамытылған беттерде фазалардың термодинамикалық тепе-теңдігіне әсерін тигізеді. Беттік құбылыстар берілген ортада материалдар мен құрылымдық құрылыстардың ұзақ мерзімді шыдамдылығына әсерін тигізеді.

БЕТТІК ЭНЕРГИЯ – екі фазадағы молекулааралық өзараәсерлесулердің фаза айырмашылықтарының (денедегі заттар энергиясымен салыстырғанда) болуы себепті ажыратылу шекарасындағы *беттік қабаттың* артық энергиясы. Ажыратылу бетінің артуы кезінде, яғни (атомдар) молекулаларын беттік қабатқа ауыстыру кезінде ажыратылу шекарасында молекулааралық өзараәсерлесу күшінің меншікті еркін беттік энергиясына (v) тең есесі қайтарылмаған күшке қарсы жұмыс жасалады (сұйық беттер үшін бұл энергия *беттік керілуге* пара-пар).

Беттік еркін энергия T артқанда сызықтық тәуелділік бойынша кемитін болады, толық беттік энергия температуралық *инвариант* (өзгермейтін) болып табылады, бірақ полярланған сұйықтар үшін әлгі энергия *диссоциация* (ыдырау) есебінен біраз артады. *Кризистік температура* $T_{кр}$ маңайында көршілес көлемдік фазалардың қасиеттерінің айырмашылығы беттік еркін энергия температурасы мен кризистік температура өзара тең болған кезде жойылатын болады.

БИО ЗАҒЫ – табиғи оптикалық активтілігі болатын кристалл емес заттар (активті емес сұйықтар немесе ерітінділер) қабаты арқылы өтетін сызықтық полярланған жарық сәуленің полярлану жазықтығының айналу бұрышы (ϕ -ді) анықтайды: $\phi = [\alpha]lc$, мұндағы l – зат қабатының қалыңдығы, c – сұйық (ерітінді) шоғырлану қоюлығы, $[\alpha]$ – айналу тұрақтысы. Бұл заңды 1815 ж. француз физигі Жан **Био** (1774 – 1862) ашқан. Био заңы ϕ бұрыштың жарық сәуле жолындағы молекулалардың оптикалық активтілік санына пропорционалдығын өрнектейді.

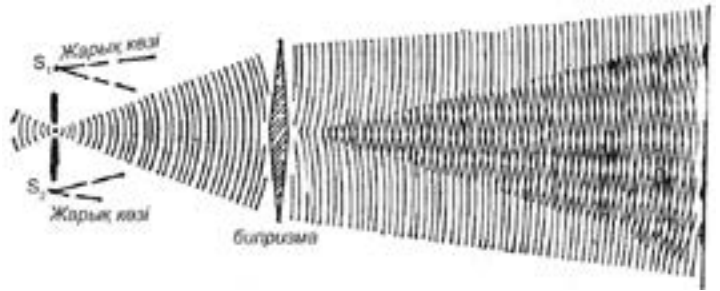
БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ (грекше «био... – өмір...» + латынша «люмен – жарық + «есцент – әлсіз әсер») – организмдердің «өмір сүру» үрдістеріне байланысты олардан байқалатын *люминесценция*. Бактериялардан, зендерден, қарапайымдардан, жәндіктерден, балықтардан байқалады. *Хемилюминесценция* биолюминесценцияның дербес жағдайы болып табылады. Люцефераз ферменттерінің қатысуымен ауаның оттегімен арнайы люцефириндік заттардың тотықтандырылуы кезінде пайда болады. Тотықтану кезінде бөлінетін энергия есебінен люцефирин молекулаларының бір бөлігі



.....: 1 – ??????????; 2 – ??????????; 3 – ??????????

қозған күйге көшеді, олар негізгі күйге ауысқанда қарқынды сәуле шығарады – флуоресценцияланады.

БИПРИЗМА (латынша «би – екі» + грекше «призма – сөзбе-сөз «кесілген») – сәулені сындыру бұрышы аз, тұғырлары өзара біріктірілген қос призма. Бипризма нүктелік жарық көзінен таралған жарықты когерентті



Әйнектен жасалған бипризма жарық көзін екі жарық шоғына ажыратады, нәтижесінде жарықтық интерференциалдық жолақтар түзіледі.

екі жарық шоғына ажыратып тарататын аспап.

БИО-САВАР ЗАҢЫ, электр тогы тудыратын магнит өрісі кернеулігін анықтайды, бұл заңды 1820 ж. француз физиктері Жан **Био** (1774–1862) мен Феликс **Савар** (1791–1841) тәжірибе жүзінде ашқан, ал Пьер **Лаплас** (1749 – 1827) осы заңды жалпылама түрде тұжырымдаған. Сол себепті кейде Био-Савар-Лаплас заңы деп те аталады. Бұл заң бойынша, бойымен электр тогы (ток күші – I) өтетін өткізгіш Δl кесіндісінің (сызба) өзінен r қашықта орналасқан M нүктесіндегі магнит өрісінің кернеулігі мына өрнекпен анықталады: $\Delta H = k \frac{I \cdot \Delta l \cdot \sin \vartheta}{r^2}$, мұндағы ϑ – өткізгіш кесіндісіндегі (Δl) ток бағыты мен M нүктесінен Δl кесіндісіне жүргізілген r радиус-векторының арасындағы бұрыш, k – бірліктер жүйесінің таңдап алынуына тәуелді анықталатын пропорционалдық коэффициент. СГС жүйесінде $k=1/c$, мұндағы $c=3 \cdot 10^{10}$ см/сек – жарықтың вакуумдағы жылдамдығы, СИ жүйесінде $k=1/4 \pi$.

Магнит өрісінің кернеулігі (ΔH) Δl мен r жатқан P жазықтығына перпендикуляр болады және оның бағыты **бұранда ережесімен** анықталады: егерде бұранда тұтқасы Δl -ден r -ге қарай айналдырылса, онда бұранданың ілгерілемелі қозғалысының бағыты ΔH -ның бағытына сәйкес болады.

Био-Савар заңын *магнит индукциясын* (ΔB) анықтайтын заң ретінде де қарастыруға болады. Ол үшін СГС жүйесінде ΔH -ты анықтайтын өрнекті ортаның магниттік өтімділігіне (μ), яғни $\Delta B = \mu \Delta H$, ал СИ жүйесінде ΔH өрнегін ортаның магниттік өтімділігімен қатар вакуумның магниттік өтімділігіне ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м) де көбейту керек, яғни $\Delta B = \mu_0 \Delta H$.

БЛОХ ЗАҢЫ, 3/2 заңы – ферромагнетиктердің өздігінен магниттелуінің (J_s) температураға (T) [Кюри нүктесінен (Θ) едәуір төменгі температура үшін]

тәуелділігін анықтайтын заң. Мұны 1930 ж. америка физигі Феликс **Блох** (1905 – 1983) теория жүзінде анықтаған.

БОЗЕ-ГАЗЫ – спині нөл немесе бүтін санды микробөлшектерден құралған, *Бозе-Эйнштейн статикасына* бағынышты кванттық газ; Бозе-газына, мысалы, ${}^4\text{He}$ (гелий 4) атомында жұп санды нуклондар және фотондар газы (электрмагниттік өрістер кванттары) және бірқатар квазибөлшектер, мысалы, фонондар (кристалдық тордың қарапайым қоздырушылары). Өзараәсерлеспейтін бөлшектердің Бозе-газы – **идеал газ** деп аталған. Үнді физигі Чандра **Бозенің** (1858 – 1937) есімімен аталған.

БОЗЕ-СҰЙЫҒЫ – қарапайым қоздырылуы (квазибөлшектердің) спині нөл немес бүтін сан болатын, *Бозе-Эйнштейн статикасына* бағынышты *кванттық сұйық*. Бозе-сұйықтығына, мысалы, төменгі температурада асқынаққыштық күйге ауыса алатын арнайы кванттық қасиет тән сұйық ${}^4\text{He}$ жатады. Басқа мысал – пайда болуы асқынөткізгіштікке әкеп соғатын электрондардың куперлік жұбы болатын сұйық жатады.

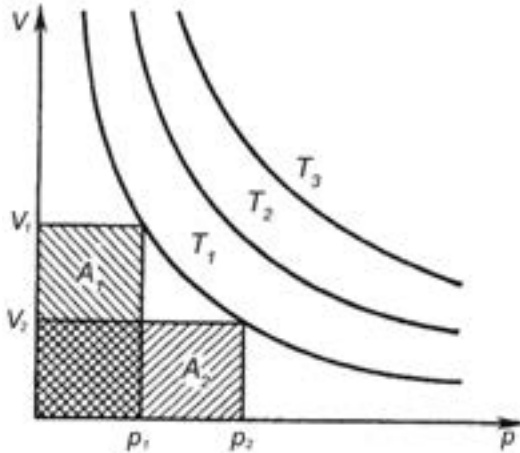
БОЗЕ – ЭЙНШТЕЙН СТАТИКАСЫ – спині нөл немесе бүтін санды $(0, 1, 2, \dots, h$ бірлігімен) бөлшектер жүйесіне қолданылатын кванттық статика. 1924 ж. үнді физигі Шатъендранат **Бозе** (1894 – 1974) жарық кванты – *фотондар* үшін ұсынған, мұны сол ж. Альберт **Эйнштейн** (1879 – 1955) *идеал газ* молекулаларына қолдану үшін дамытқан. Бұл статиканың ерекшелік сипаттамасына сәйкес **бір кванттық күйде кез келген санды бөлшектер бола алады**. Осы статикаға жұп *нуклондары* болатын ядролар, *фонондар*, *пи-мезондар*, *бозондар* бағынышты.

Спині бүтіннің жартысына тең бөлшектер жүйесі (*электрондар*, *нуклондар*, тақ санды нуклондары болатын ядролар, *фермиондар*) **Ферми – Дирак статикасына бағынышты**. Осы статиканың ерекшелігі **әрбір кванттық күйде бір бөлшектен артық бөлшек бола алмайды**.

БОЗОН, Бозе-бөлшек – спині нөл немесе бүтін санды бөлшек немесе *квазибөлшек*. *Бозе-Эйнштейн статикасына* бағынышты. Бозонға *фотондар* (спині 1), *гравитондар* (спині 2), *мезондар* және бозондық *резонанстар*, жұп санды фермиондардан құралған құрама бөлшектер (спині бүтіннің жартысына тең), мысалы, қосынды саны жұп протондар мен нейтрондардан (*дейтрон*, ${}^4\text{He}$ ядросы т.б.) құралған атом ядросы, газ молекулалары, осылармен бірге қатты денелердегі *фонондар* және сұйық ${}^4\text{He}$, жартылайөткізгіштер мен диэлектриктердегі *экситондар* жатады.

БОЙЛЬ – МАРИОТТ ЗАҒЫ – тұрақты температура (T) кезінде берілген массалы газ көлемі (V) оның қысымына (p), кері пропорционал болады ($pV = \text{const}$), яғни

температурасы өзгермейтін газдың берілген массасының көлемі мен қысымының көбейтіндісі тұрақты шама болады делінетін негізі газ заңдарының бірі. Бұл заңды 1662 ж. ағылшын химигі әрі физигі Роберт **Бойль** (1627 – 1691) ашқан, 1676 ж. француз физигі Эдм **Мариотт** (1620 – 1684) тұжырымдаған.



$T_1 < T_2 < T_3$ температуралар кезіндегі газдың тұрақты массасы көлемінің (V) қысымға (p) тәуелділігі. T_1, T_2, T_3 – изотермалары теңқабырғалы гиперболалар түрінде болады. A_1 және A_2 аудандары тең.

Бұл заң тек идеал газдар үшін ғана қатаң орындалады және *Клапейрон теңдеуінің* салдары болып табылады. Нақты газдар үшін молекулалар көлемін және молекулааралық өзара-әсерлесуді ескермеуге болмайды, газ кризистік күйден қаншалықты алыс болса, соншалықты жақсы – бұл заң жуық шамамен орындалады. Бойль-Мариотт заңы газдардағы изотермиялық үрдісті (процесті) сипаттайды және газдардың кинетикалық теориясынан туындаған.

БОЙЛЬ НҮКТЕСІ – $p - pV$ координаттарындағы нақты (реал) газдың изотермасындағы минимум нүктесі (сызбаға қараңыз; p – газ қысымы; V – газдың алып тұрған көлемі); ағылшын химигі әрі физигі **Бойльдің** (1627 – 1691) құрметіне аталған. Бойль нүктесінің маңайындағы нақты газдың изотермасының шағын уческесін жуықтап $pV = (M/\mu) RT$ (R – газ тұрақтысы, M – газ массасы, μ – молекулалық масса, T – абсолюттік температура; V – газ көлемі) Клапейрон теңдеуіне сәйкес идеал газдың изотермаларының көкжиектік түзуінің кесіндісі ретінде қарастыруға болады. Екінші сөзбен айтқанда Бойль нүктесі берілген нақты газ үшін идеал газ теңдеуі қолданылатын кездегі температураны анықтайды (ab) изотерманың учаскесі (Бойль нүктесінің сол жағы) нақты газ идеал газбен салыстырғанда едәуір сығылатын жағдайға сәйкес болады; bc учаскесі (Бойль нүктесінің оң жағы) нақты газдың идеал газбен салыстырғанда аздау сығылатын жағдайына сәйкес келеді. Бойль нүктесінің сол жағында молекулалар арасындағы тартылыс күштері газдың сығылуын жеңілдететін ықпалы басымдылық көрсетеді, Бойль нүктесінің оң жағында – сығылуға қарсылық көрсететін молекулалардың өзіндік көлемінің ықпалы басымырақ болады. Бойль нүктесінің маңайында нақты газдың идеал газдан ерекшеленетін осы факторлар өзара бірін-бірі теңгереді (компенсациялайды).



$p - pV$ координаттарындағы нақты газдың изотермалары. $T > T_b$ температуралы изотермаларда Бойль нүктесі болмайды.

Бойль нүктесін жекелеген изотермдермен жалғастыратын (қосатын) сызықтар **Бойль қисықтары** деп аталған. Ордината осінің бойында жататын осы қисықтың нүктесі **Бойль температурасы** деп аталатын температураны (T_b) анықтайды. Ван-дер-Ваальс теңдеуіне бағынатын газ үшін $T_b = 3,375 T_k$ (мұндағы T_k – кризистік температура). $T < T_k$ кезде газдың қысыммен толықтай (түгелдей) сұйылуы мүмкін. $T < T_b$ болғанда дросселдендірілген кезде газдардың ішінара сұйылуы мүмкін.

БОЛОМЕТР (грекше «боле – ырғу; сәуле» және «метрео – өлшеймін») – жылу сезгіш бөліктің өлшенбекші сәуле ағынының жұту салдарынан қыздырылуы себепті электр кедергісінің өзгеруіне негізделген

оптикалық жылулық сәуленің талғаусыз қабылдағышы. Бұл қабылдағыш сәуленің интегралдық (қосындылық) қуатын өлшеуге және *спектрметрмен* бірге сәуленің спектрлік құрамын анықтауға арналған. Болومترдің жылу сезгіш бөлігі ретінде әдетте жіңішке (0,1–1 мк) металл (Ni, Au, Bi т.б.) қабаты пайдаланылады. Болومتر өлшеу техникасында *инфрақызыл сәуленің* қабылдағышы ретінде қолданылады.

БОЛЬЦМАН СТАТИКАСЫ – классикалық механика заңдары бойынша (яғни классикалық идеал газдың қасиеттері) қозғалатын өзара әсерлеспейтін көптеген бөлшектері болатын жүйенің физикалық қасиеттерін сипаттайтын статикалық әдіс. 1868 – 1871 ж. австриялық теорияшыл физик Людвиг **Больцман** (1844 – 1906) тұжырымдаған. Бұл статика сиретілген молекулалық газдарға және газ разрядындағы *плазмаға* қолданылады.

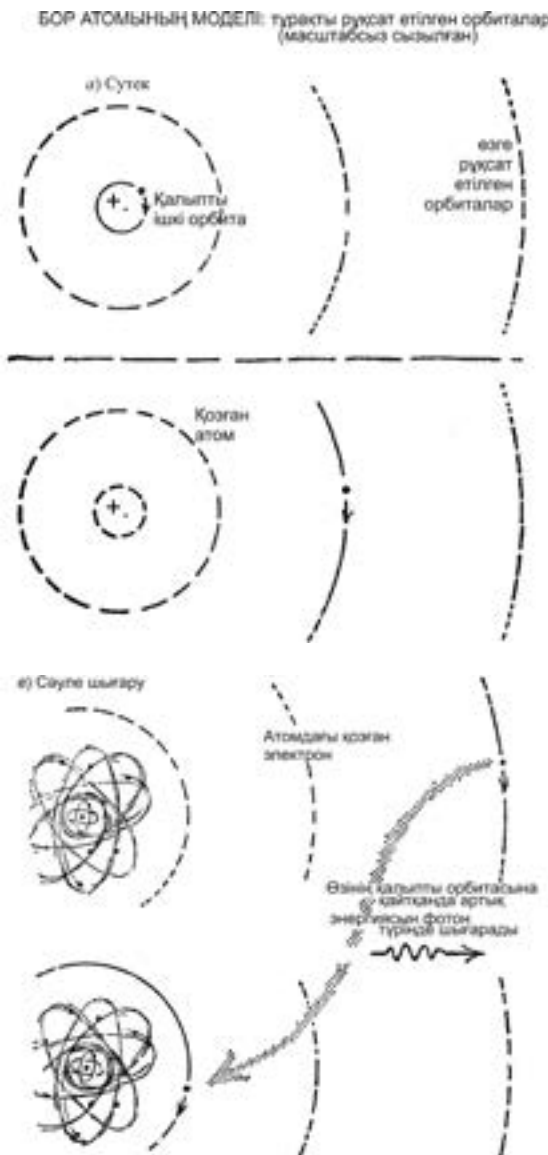
БОЛЬЦМАН ТҰРАҚТЫСЫ – газ тұрақтысының (R) *Авогадро тұрақтысына* (N_A) қатынасына тең, іргелі физикалық тұрақты шамалардың бірі; k – әрпі арқылы белгіленеді, яғни $k = R/N_A$. Оның сан мәні: $k = 1,380662 \cdot 10^{-23}$ Дж/К. Австрия физигі **Больцманның** құрметіне аталған. Бұл мән R және N_A тұрақтылары бойынша анықталады. Больцман тұрақтысын тікелей жылулық сәуле шығару заңдарын тәжірибе жүзінде тексеру арқылы анықтауға болады.

БОР ПОСТУЛАТТАРЫ (латынша «постулатум – талап етілетін») – тұрақты күйдің және сәуле шығару арқылы кванттық ауысуы туралы 1913 ж. дат физигі Нильс Бордың (1885 – 1962) атомның кванттық теориясына енгізген негізгі тұжырымдары. Бордың атомдық кванттық теориясының негізін екі постулат құрайды: 1 – постулат бойынша атомның тұрақты күйі болады, атом бұл күйде сәуле таратпайды (шығармайды) тұрақты күйдің белгілі бір энергия қоры болады, жалпыжағдайда дискретті (үзік-үзік), бір күйден өзге



Атом ядросын айналатын электрондар үнемі энергиясын шығындайтын болса, ол энергиясы таусылған кезде ядроға құлап түспек, олай болса атом бұлінбек, бірақ ондай құбылыс байқалмайды.

күйге кванттық секірістік ауысу арқылы өте алады; 2 – постулат сәуле тарату (шығару) арқылы өтетін кванттық ауысу $\mathcal{E}_i - \mathcal{E}_k = h\nu$, мұндағы ν – жұтылатын немесе таратылатын (шығарылатын) монохроматты электрмагниттік сәуленің жиілігі, \mathcal{E}_i және \mathcal{E}_k – арасында ауысу өтетін тұрақты күйлердің энергиялары. Бор постулаттары ғылыми тәжірибе жүзінде расталған, басқадай микрожүйелер (молекула, атом ядролары) үшін де қолданыла алады және кванттық механика мен кванттық электрдинамикада теория жүзінде негізделген.



БОР РАДИУСЫ, Нильс Бордың сутегі атомы теориясындағы – ядроға (протонға) жақын электрон орбитасының радиусы. Бор радиусы $a_0 = \hbar^2 / me^2 = 5,2917706(44) \cdot 10^{-11}$ м, мұндағы m және e – электронның массасы және заряды. **Кванттық механикада** бор радиусы сутегінің қоздырылмаған атомдағы элект-

тронның ядродан қашықтығын жоғары ықтималдықпен анықтауға мүмкіндік береді.

БОР–ван–ЛЕВАН ТЕОРЕМАСЫ – статистикалық физиканың электрондар жүйесінің магниттелушілігі тұрақты сыртқы магнит өрісінде статикалық тепе-теңдік жағдайда нөлге тең; 1911 ж. дат физигі **Бор** (1885 – 1962) дәлелдеген және 1919 ж. голланд физигі Иоханной ван **Леван** жалпылаған. Бор–ван Леван теоремасы классикалық статикалық механика аясында зарядты бөлшектердің *ферромагнетизмін, парамагнетизмін және диамагнетизмін* түсіндіруге болмайтынын көрсеткен. Кейін заттардың магнетизміне заттарды құраушылардың кванттық қасиеттерінің себепші болатыны анықталған.

БӨЛШЕКТЕНУ – бір нәрсенің бірнеше бөлікке ажырауы.

Атом ядросының бөлшектенуі – атом ядросының бірнеше едәуір жеңіл ядролық-кесектерге ыдырау үрдісі.

Зеемандық бөлшектену – затқа сыртқы магнит өрісінің әсер етуінің нәтижесінде осы заттың электрмагниттік сәуле шығару немесе жұту спектрлік сызықтарының бөлшектенуі. Бұл құбылысты 1896 ж. нидерланд физигі Питер **Зееман** (1865 – 1943) ашқан.

Спектрлік сызықтардың бөлшектенуі – энергия деңгейлерінің бөлшектенуінің нәтижесінде спектрлік сызықтар компоненттері санының артуы.

Спин-орбиталық бөлшектену – атомдардың спин-орбиталық өзараәсерлесуі тудыратын энергия деңгейлері мен спектрлік сызықтарының бөлшектенуі.

Штарк бөлшектенуі – затқа электр өрісінің әсер етуінің нәтижесінде заттың электрмагниттік сәуле шығару немесе жұту спектрлік сызықтарының бөлшектенуі. Бұл құбылысты 1913 ж. неміс физигі Иоганн **Штарк** (1874 – 1957) ашқан.

Энергия деңгейлерінің бөлшектенуі – сыртқы немесе ішкі электрлік, немесе магниттік ықпалдардың нәтижесінде атомның, немесе атом ядросының әрбір энергия деңгейлерінен бірнеше кіші деңгейлер құруы.

БӨЛШЕКТЕР, қ а р а п а й ы м – атомның құрамында (*электрон, нейтрон, протон*) болатын және алуан түрлі ядролық реакциялар кезінде туындайтын, ғарыштық сәулелердің құрамында кездесетін қарапайым бөлшектер (*фотон, нейтрино, позитрон, π^+ және π^- , мезондар ғажап бөлшектер, антибөлшектер* т.с.с.). Қазіргі кезге дейін белгілі болған тұрақты және пайда бола сала жойылып кететін тұрақсыз бөлшектердің жалпы саны 350-ден астам.

Ақиқат бейтарап бөлшек – өзінің антибөлшегіне теңбе-тең болатын қарапайым бөлшек.

Виртуал бөлшек – өрістің кванттық теориясы сипаттайтын өзараәсерлесулер үрдісінің аралық кезеңдерінде туындайтын, сонан соң жұтылатын бөлшек.

Ғажап бөлшек – ғажаптылығы нөлден өзге мән болатын адрон.

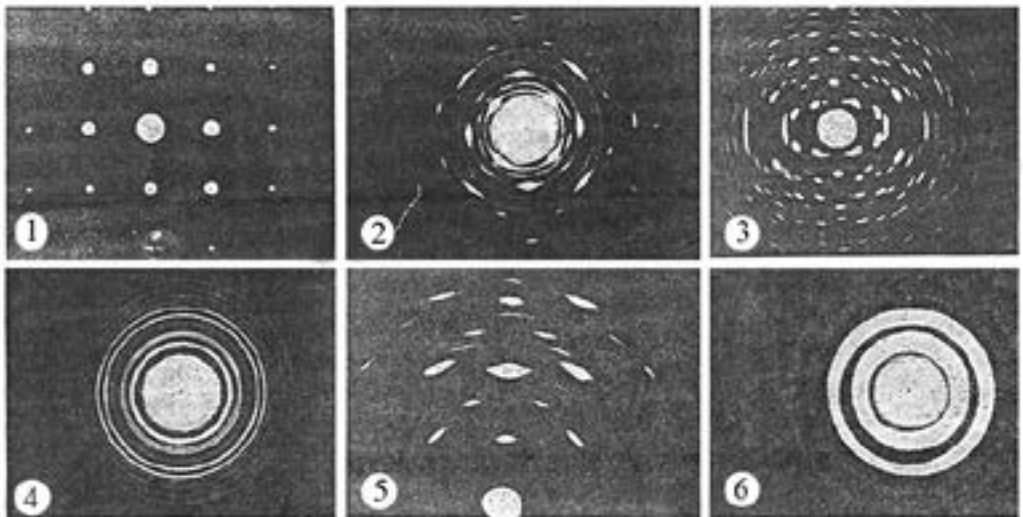
Зарядты бөлшек – электр заряды болатын бөлшек.

Қарапайым бөлшек – заттардың атом, атом ядросы (сутек атом ядросы – протоннан басқа) немесе атомдардан құралған кез келген құрылымы болмайтын ұсақ бөлшек.

Теңбе-тең бөлшектер – орындары ауыстырылғанымен кванттық жүйе күйлері өзгермейтін, сипаттамалары бірдей болатын бөлшектер.

БӨЛШЕКТЕР ДЕТЕКТОРЫ (латынша «детектор – ашқыш; табушы») – *қарапайым бөлшектерді* (протондарды, нейтрондарды, электрондарды, мезондарды т.б.), атом ядроларын (дейтрондарды, α -бөлшектерді т.б.), сондай-ақ рентгендік және γ -кванттарды (гамма-кванттарды) тіркеуге арналған аспап. Электрондардың бөлшектер детекторының аумағына (көлеміне) түскен кезінде электр импульсін тудыратын электрондық-бөлшектер детекторына және бөлшектердің немесе сәуле квантының бөлшектер детекторының аумағынан өтуі кезінде олардың тек өту сәтін тіркеп қана қоймай, сонымен қатар траекториялары (тректерін) байқалатын – тректік-бөлшектер детекторына ажыратылған. Бөлшектер детекторларына электрондық – электрондық-иондық камералар, **сцинтилляциялық-санауыш**, ядролық сәулелердің жартылайөткізгіштік детекторы, тректік – **Вильсон камерасы**, **көпіршікті камера** жатады.

БӨЛШЕКТЕР ДИФРАКЦИЯСЫ (латынша «дифрактус – сынған») – микробөлшектердің (электрондардың т.б.) толқындық қасиеттерінің болуы себебінен



Электрондар шоғының әртүрлі заттардың жұқа қабаттарынан өтуі кезінде байқалған дифракциялық суреттерінің көріністері: 1 – Күміс; 2 – Темір тотығы; 3 – Сурьма; 4 – Хлорлы натрий; 5 – Бағдарланған темір тотығы; 6 – Аморфты сурьма

кристалдардың немесе сұйықтар мен газдар молекулаларының шашыратылуынан осы бөлшектердің шоқтарының қарқындылықтарының максимумдар мен минимумдарының алмасуынан пайда болады.

БӨЛШЕКТЕР ЕСЕПТЕУІШТЕРІ – бөлшектердің импульстік электрондық детекторлары. Осы есептеуіштерге **Гейгер есептеуіші, пропорционал есептеуіш, сцинтилляциялық есептеуіш** т.б. жатады.

БӨЛШЕКТЕР ЭМИССИЯСЫ (латынша «емиссио – шығару») – қатты дененің немесе сұйықтың вакуумда немесе өзгедей ортада зарядталған бөлшектер (электрондар, иондар және бейтарап атомдар немесе молекулалар) шығаруы. Заттарды қыздыру нәтижесінде *термоэлектрондық эмиссия, термоиондық эмиссия*, сондай-ақ булану үрдістері (процестері) жүзеге асады. Материалдардың беттерінде күшті электр өрісі тудырылса **автоэлектрондық эмиссия, иондық эмиссия, десорбция**, булану пайда болады. Электрмагниттік өріс кванттары атомдардың *фотозлектрондық эмиссиясын* және десорбциясын тудырады. Заттарды электрондармен немесе иондармен сәулелендіру бөлшектердің әртүрлі эмиссияларының: екінші реттік электрондық эмиссияның, екінші реттік иондық эмиссияның, иондық-электрондық эмиссияның туындауына себепші болады. Материалдардың ішінде күшті өрістер тудырылған кезде («ыссы» электрондар эмиссиясының) және химиялық энергия бөлісін немесе құрылымдық түрлендірулер кезінде (экзоэлектрондық эмиссияның бөлшектер эмиссиясының) пайда болуы мүмкін.

БРИДЕР (ағылшынша «breeder breed – көбейткіш»), **бридерлік реактор** – *көбейткіш реактор* кейде осылай да аталады.

БӨЛШЕКТЕРДІҢ ПОЛЯРЛАНУЫ (грекше «полос – ось, полюс») – микробөлшектердің өзіндік импульстік моменттерінің – спиндерінің және кеңістікте белгілі бағыттарының болуына байланысты болатын күйлерінің сипаттамасы.

БӨЛШЕКТЕРДІҢ СОҚТЫҒЫСУЛАРЫ – екі немесе одан да көп атомдық бөлшектердің (атомдардың, молекулалардың, иондардың, электрондардың) қарапайым шашырау актісі. «Бөлшектердің соқтығысулары» ұғымының бөлшектердің өзараәсерлесу актісіне дейін және одан кейін де олар бос болатын жағдайларда ғана мәні болады. Осы талап газдарда әрқашан орындалады, ал осы талап *конденсацияланған орталарда* бөлшектердің жеткілікті жоғары энергиялар (бірнеше ондаған эВ) болған кезде ғана тура болады. Бөлшектердің соқтығысулары ядролардың күйі өзгермейтін кезде **атомдық соқтығысулар**, ал әлгі күй өзгертін жағдайда **ядролық соқтығысулар** деп аталған. Электроникада атомдық бөлшектердің соқтығысулары маңызды бола-

ды; олар заттар тасымалдау үрдістерін (тұтқырлық, жылуөткізгіштік, диффузияны), электр тогының орталардан өтуін, иондалуды, ионсыздануды және басқа кинетикалық құбылыстарды анықтайды. Атомдық бөлшектердің соқтығысулары $с е р п і м д і$ және $с е р п і м с і з$ соқтығысуларға ажыратылған. Бөлшектердің серпімді соқтығысулары кезінде соқтығысушы бөлшектердің қосынды кинетикалық энергиясы бастапқы калпында қалады, тек әлгі бөлшектер арасында қайтадан бөлінетін болады. Бөлшектердің серпімсіз соқтығысулары кезінде соқтығысатын бөлшектердің ішкі энергиясы өзгереді және олардың қосынды кинетикалық энергиясы сәйкес түрде өзгертін болады.

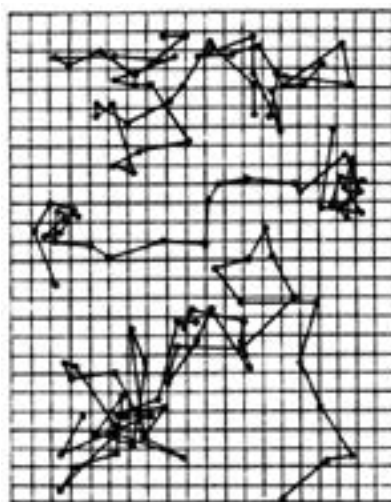
де **БРОЙЛЬ ТОЛҚЫНДАРЫ** – кез келген микробөлшекпен байланысты болатын және оның кванттық табиғатын бейнелейтін толқындар. 1924 ж. француз физигі де **Бройль** (1892 – 1987) фотондар үшін бұрын тұжырымдалған корпускулалық-толқындық екі жақтылық (фотон бөлшектік-корпускулалық және толқындық қасиеттерге ие) қасиеттің барлық бөлшектерге – электрондарға, протондарға т.б. атомдарға тән екендігі, сонымен бірге бөлшектердің толқындық және корпускулалық қасиеттерінің аралығындағы мөлшерлік қатынастардың да фотондар үшін бірдей болатыны туралы болжал айтқан. Сонымен, бөлшектің \mathcal{E} энергиясы ($\mathcal{E} = h\nu$) және абсолюттік мәні p -ге тең импульсі болса, онда мұнымен жиілігі $\nu = \mathcal{E}/h$ және толқын ұзындығы $\lambda = h/p$ болатын толқынға байланысты болады. Осы толқындар – **де Бройль толқындары** деп аталған. Жоғарыдағы өрнектердегі: \mathcal{E} – бөлшектің энергиясы, ν – толқын жиілігі, p – импульс, h – Планк тұрақтысы. Өте жоғары энергиялы бөлшектер үшін ($\nu \ll c$) $\lambda = h/mv$, мұндағы m және v – бөлшектің массасы және жылдамдығы. Олай болса де Бройль толқындарының ұзындығы бөлшектердің массасы мен жылдамдығы қаншалықты үлкен болса, соншалықты қысқа болады. Мысалы, массасы 1 г бөлшек 1 м/сек жылдамдықпен қозғалатын болса, де Бройль толқындары сәйкес түрде $\lambda = 10^{-18} \text{Å}$, бұл толқын байқау шегінен тысқары жатады. Сол себепті макроскопиялық денелер механикасында толқындық қасиеттердің соншалықты маңызы жоқ. Энергиясы 1 эВ-тан 10 000 Вт-қа дейінгі электрондар үшін де Бройль толқындарының ұзындығы $\sim 10 \text{Å}$ -пен $0,1 \text{Å}$ -ге дейінгі аралықта рентгендік толқын жатады. Сондықтан электрондардың толқындық қасиеттері рентген сәулесінің *дифракциясы* байқалатын кристалдардан айқын білінетін болады.

Де Бройльдің болжалын 1927 ж. америкалық физиктері: Клинтон **Дэвиссон** (1881 – 1958) мен Лестер **Джермер** (1896 – 1971) ғылыми тәжірибе жүзінде тексеріп дұрыстығын дәлелдеген. Электрондар шоғы потенциалдар айырымы 100 – 150 В (мұндай электрондардың энергиясы 100 – 150 эВ, бұл $\lambda \approx 1 \text{Å}$ -ге

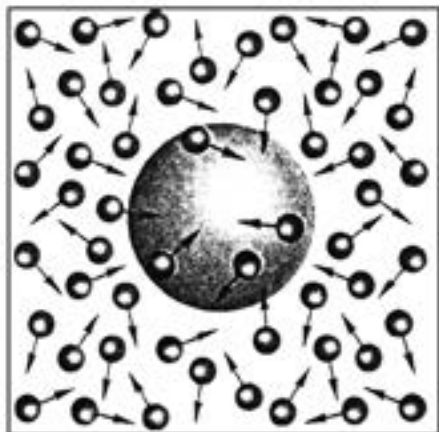
сәйкес келеді) электр өрісінде үдетілген және кеңістіктік дифракциялық тор болып есептелетін никель кристалына түсірілген. Сонда электрондардың дифракция құбылысына ұшырайтыны айғақталған. Электрондардың, нейтрондардың және басқа бөлшектердің, сонымен бірге атомдардың және молекулалардың толқындық қасиеттері тәжірибе жүзінде тікелей дәлелденген.

Де Бройльдің микробөлшектердің – корпускулалық-толқындық екі жақтылығы туралы идеясының тәжірибе жүзінде дәлелденуі микроәлемнің бейнесін түбегейлі өзгертті. Бүкіл микрообъектілерге (дәстүр бойынша бұларға «бөлшектер» деген атау сақталған) корпускулалық-толқындық қасиеттер тән, осы бөлшектердің кез келгенін **бөлшек немесе толқын** деп есептеу классикалық түсінігімізге қайшы келеді. Корпускулалық-толқындық қасиет теориялық мұқтаждықтан туындаған, осы қасиет бірін-бірі жоққа шығармайды, қайта **осы екі қасиет материяның қасиеттерін толықтыра түседі**. Толқындық немесе кванттық механиканың негізіне де Бройльдің идеясы алынған. Классикалық физикада толқын мен бөлшек бір-біріне қарама-қарсы қойылады. ХХ ғасырдың басында **жарық табиғатының екі жақтылығы ашылды**. Дифракция, интерференция құбылыстарында жарықтың толқындық қасиеті байқалса, *фотоэффект*, *Комптон эффектісі* тәрізді құбылыстарда оның тек бөлшекке ғана тән қасиеті білінеді. Заттың сәуле түрінде энергия шығаруы немесе оны жұтуы үздіксіз үрдіс емес, қайта үздік-үздік (бөлек-бөлек) энергия үлестері түрінде үздікті үрдіс болатындығы анықталды. Бұл энергия үлестерінің мөлшері **Планк формуласы** бойынша өрнектеледі: $\mathcal{E} = h \cdot \nu$, мұндағы h – Планк тұрақтысы, $\eta = c/\lambda$ – жарықтың тербеліс жиілігі (c, λ – жарықтың жылдамдығы және оның толқын ұзындығы).

БРОУНДЫҚ ҚОЗҒАЛЫС – сұйық немесе газ ішіндегі өте ұсақ қалқыма бөлшектердің, өзін қоршаған орта молекулаларымен соқтығысуы нәтижесінде пайда болатын ретсіз қозғалыс. Бұл қозғалысты алғаш рет 1827 ж. ағылшын ботанигі Роберт **Броун** (Браун) (1773 – 1858) ашқан. Ол микроскоп арқылы ғана көрінетін (диаметрі $\sim 10^{-6}$ м шамасындағы) бытыраңқы бөлшектердің дамылсыз, кез келген бағытта қозғалыста болатынын байқаған. Бұл қозғалыс ортаның тегіне де, ешбір сыртқы себепке де байланысты болмайды. Бөлшек неғұрлым ұсақ болса, ол солғұрлым жылдамырақ қозғалады. Ортаның



Әртүрлі үш бөлшектің судағы броундық қозғалысы.



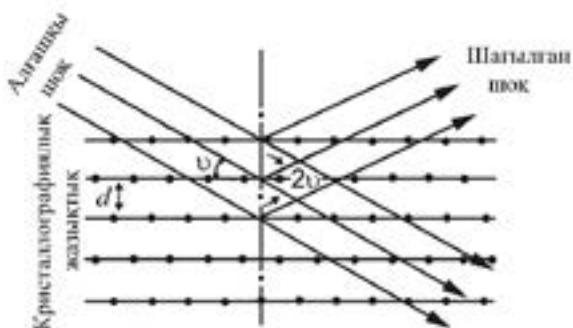
Газ молекулалары жылдамдықпен кез келген бағытта үздіксіз қозғалыста болады.

тұтқырлығы кеміп әрі температурасы артқан сайын Броундық қозғалыстың қарқындылығы да артады. 1905 – 06 ж. **А.Эйнштейн**, поляк физигі Мариан **Смолуховский** (1872 – 1917) және француз физигі Жан **Перрен** (1870 – 1942) жүргізген зерттеулердің нәтижесінде ғана Броундық қозғалыстың атомдар мен молекулалардың жылулық қозғалысынан туындайтындығы дәлелденіп, оған молекула-статикалық тұрғыдан дұрыс түсінік берілді. Сұйықтағы немесе газдағы бөгде бөлшек, аз ғана уақыттың ішінде өзін қоршаған орта молекулаларымен орасан көп соқтығысып үлгереді (шамамен секундына

10^{14} рет соқтығысады). Егер бөлшек едәуір ірірек болса, оның жан-жақтан алған соққылары бірін-бірі теңгереді. Бөлшектің мөлшері ұсақ болса, өте аз уақыт ішінде статикалық тепе-теңдіктің бұзылуы мүмкін, яғни бөлшектің бір жақтан қабылдаған соққысы (соққының саны немесе оның шамасы) басым болуы мүмкін. Осындай теңгерілмеген соққы бөлшекті қозғалысқа түсіреді.

БРЭГГ – ВУЛЬФ ШАРТЫ, рентген сәулесінің дифракциялануы кезінде кристалдардан серпімді шашырауының қарқындылығының максимумдарының пайда болуы мүмкін болатын бағыттарын анықтайды. Бұл шартты 1913 ж. ағылшын физигі Лоуренс **Брэгг** (1890 – 1971), кеңес кристаллограф Георгий **Вульф** (1863 – 1925) біріне-бірі тәуелсіз ашқан.

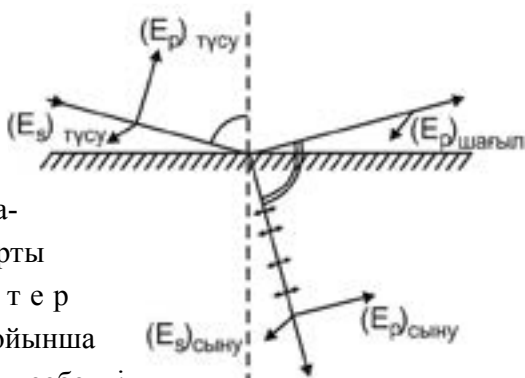
Егер кристалл бір-бірінен d қашықтықта орналасқан атомдық жазықтар жиынтығы ретінде қарастырылатын болса, онда сәуленің дифракциясын әлгіндей жазықтықтар жүйесінен шағылысу ретінде қарастыруға болады. Қарқындылықтың максимумдары (дифракциялық максимумдар)



барлық атомдық жазықтықтар шағылыстырған бағыттардағы толқындар бір фазада болғанда, яғни бастапқы сәулеге 2θ бұрыш жасап түскенде Брэгг-Вульф шарты орындалады: көрші жазықтардан шағылысқан сәулелер аралығындағы екі

бұрыштың айырымы $2d\sin\theta$ -ға тең болғанда бүтін санға толқын ұзындығына λ еселі болады: $2d\sin\theta = m\lambda$ (мұндағы m – шағылысу реттілігі) деп аталатын бүтін оң сан; d – атомдық жазықтықтар арасының қашықтығы, θ – сырғанау бұрышы, яғни шағылыстырушы жазықтық пен оған түскен сәуле арасындағы бұрыш, λ – рентген сәулесінің толқын ұзындығы. Брэгг – Вульф шарты рентген сәулелері үшін ғана емес, γ – сәулелерінің, электрондардың, протондардың және нейтрондардың дифракциясы кезінде де орындалады.

БРЮСТЕР ЗАҒЫ – диэлектриктің сыну көрсеткіші (n) мен оған түсетін табиғи жарықтың (поляризацияланбаған) әлгі беттен шағылысқан кезде толықтай поляризациялануға ұшырайтын түсу бұрышының (ϕ) арасындағы қатынасы. Бұл заңды 1815 ж. шотланд физигі Дэвид Брюстер (1781 – 1868) айғақтаған. Жарық толқынының түсу жазықтығына перпендикуляр, яғни ажырау жазықтығына параллел электрлік вектордың E_s құраушысы ғана шағылысады, ал жарықтың түсу жазықтығында жататын E_p құраушысы шағылыспайды, тек сынады (сұлбаға қараңыз). Бұл $\text{tg}\phi = n$ шарты кезінде орындалады. ϕ бұрышы Брюстер бұрышы деп аталған. Сыну заңы бойынша $\frac{\sin \phi}{\sin r} = n$ (мұндағы r – сыну бұрышы), сол себепті Брюстер заңынан $\cos\phi = \sin r$ немесе $\phi + r = 90^\circ$, яғни шағылысқан және сынған сәулелер арасындағы бұрыш 90° болады. Брюстер заңын жарықтың екі диэлектриктің шекарасы арқылы өтетін жарыққа арналған Френель формуласынан да қорытып шығаруға болады.



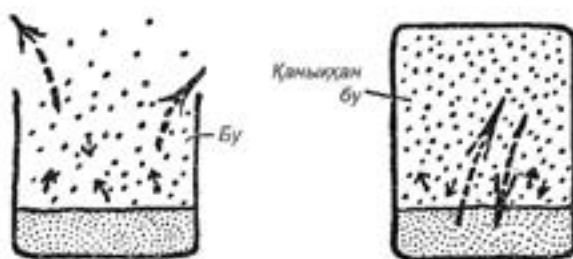
Брюстер заңынан $\cos\phi = \sin r$ немесе $\phi + r = 90^\circ$, яғни шағылысқан және сынған сәулелер арасындағы бұрыш 90° болады. Брюстер заңын жарықтың екі диэлектриктің шекарасы арқылы өтетін жарыққа арналған Френель формуласынан да қорытып шығаруға болады.

БУ – заттың сұйық (немесе қатты) күйімен тепе-теңдікте болатын сол заттың газ тәрізді күйі. Бу мен газ ұғымы, көп жағдайда, бір-бірінен шартты түрде ғана ажыратылады. Мысалы, кез келген температурадағы көміртектің қос тотығы көмір қышқыл газы деп аталады. Егер бу заттың сұйық немесе қатты күйімен жылжымалы тепе-теңдікте болса, ол қаныққан бу деп аталады да, оның қасиеттері (тығыздығы, жылусыйымдылығы т.б.) тек температурасымен ғана анықталады. Температурасы кризистік температурадан жоғарылаған бу асақызған бу деп аталады. Мұндай бу газдарға тән қасиетті де білдіреді. Жоғары температурадағы және төмен қысымдағы бу физикалық қасиеттері жағынан идеал газға жақындайды.

Қатты денелердің булануын сублимация (құрғақтай айдау) деп атайды. Қар және мұз қыста біртіндеп буға [сондықтан, мысалы, қатып қалған (жуылғаннан кейін)

киім-кешек аязда кебеді] айналады. Көптеген қатты денелердің сублимациясын иісінен сезуге болады, буланған заттың бөлшектері тыныс алғанымызда мұрнымызға ауамен бірге енетіндіктен оны сезінеміз.

Қатты нафталиннің, шайдың, кофе-нің, сонымен қатар темірдің, мыстың т.б. иістері көпшілігімізге белгілі. Бу конденсацияланған кезде жеткілікті төменгі температураларда қатты затқа айнала алады. Мысалы, қыста судың буы қар ұлпасына, шыққа,



Булану және қаныққан бу.

терезедегі аяз өрнектерге; электр шамының қызатын сымы жасалатын вольфрамның буы әйнек колбаның қабырғасына шөгіп күнгірттендіретінін байқаған кезіміз болған.

Булану құбылысы химиялық технологияның кең таралған әдістерінің бірі – айдаудың негізіне жатқан. Айдау – көпкомпонентті (көпқұраушылары болатын сұйық қоспаларды (мысалы, мұнайды) жеке-жеке фракцияларға (құраушы бөліктерге) ажырату үрдісі. Бұл үрдіс кезінде сұйық қоспа ішінара буландыру және соңынан буды конденсациялау (сұйық күйге ауыстыру) арқылы жүзеге асырылады. **Кинетикалық теория** бойынша ең жылдам молекулалар тез буланады да қалған молекулалардың орташа энергиясы азаяды, сондықтан да – сұйық салқындайды, мұны біздер қолымызды жуған соң сүртпеген жағдайда қолымыздың салқындағанын сезінетініміз осыдан болады.

БУГЕР–ЛАМБЕРТ–БЕР ЗАҢЫ, – монохромат (бір түсті) жарық шоғының жұтушы ортадан өтуі кезіндегі әлсіреуін анықтайды. Егер қалыңдығы l зат қабатына түсетін шоқтың қарқындылығы I_0 -ге тең болса, онда Бугер–Ламберт–Бер заңына сәйкес шоқтың қабаттан шығар тұсындағы қарқындылығы әртүрлі толқын ұзындығы λ үшін әрқалай болады, бірақ жарықтың қарқындылығына тәуелді болмайды. Бұл заңды 1729 ж. француз ғалымы Пьер **Бугер** (1698 – 1758) тәжірибе жүзінде ашқан. 1760 ж. неміс ғалымы Иоганн **Ламберт** (1728 – 1777) теория жүзінде тұжырымдаған, 1852 ж. неміс ғалымы **А.Бер** ерітінділер үшін тұжырымдаған.

Бұл заңның физикалық мәні заттан өтетін жарық шоғындағы *фотондардың* тығыздығының олардың шығындалу үрдісіне, яғни жарықтың қарқындылығына тәуелсіздігінде. Бұл заңдылық кең шекте тура, бірақ жарықтың қарқындылығы өте үлкен болғанда (мысалы, импульстік лазерлердің шоғырландырылған шоқтарында) жұту көрсеткіші қарқындылыққа тәуелді болады.

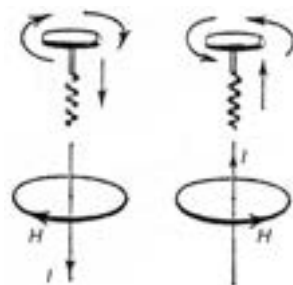
БУЛАНУ ЖЫЛУЫ, **будың пайда болу жылуы** – затқа изобаралық-изотермиялық тепе-теңдік үрдісте оны сұйық күйден газтәрізді күйге (будың сұйыққа конден-

сациялануы кезінде де осындай жылу мөлшері бөлініп шығады) ауыстыруға қажет жылу мөлшері. Булану жылуы – фазалық **ауысу жылуының** дербес жағдайы. Булану жылуы меншікті (Дж/кг, ккал/кг бірліктерімен өлшенеді) және мольдік (мольярлық) булыну жылулары деп екіге ажыратылған (бұл Дж/моль бірлігімен өлшенеді).

БУ ТҮЗІЛУІ – заттың конденсациялық фазадан (сұйық немесе қатты) газ фазасына (I текті *фазалық ауысу*) ауысуы, мұның жүзеге асуы үшін оған қосымша белгілі бір жылу мөлшерін жұмсау қажет. Бу түзілудің мынадай түрлері бар: булану [конденсацияланған фазаның бос бетінен бу түзілу, қатты дене жағдайында құрғақ айдау (с у б л и м а ц и я)] және қ а й н а у (будың қанығып көпіршіктенуімен және сұйық көлемінде көпіршіктердің көбеюімен сипатталатын бу түзілу).

БҰЛДЫР ОРТА – жарықты шашырауға ұшырататын оптикалық біртексіз орта. Оптикалық біртексіздік бір затқа өзге екінші бір заттың [бұлт, тұман, түтін, эмульсия] енуі және жылулық қозғалыстың салдарынан тығыздықтың кездейсоқ ауытқуы (флуктуациясы) мен *анизотропиясына* байланысты тууы мүмкін. Осы жайт сыну көрсеткіші қоршаған ортаның сыну көрсеткішінен өзгеше болатын микроаймақтардың пайда болуына әкеп соқтырады. Жалпы жағдайда бұлдыр ортаның сәуле шығаруы, шашыратуы реттік шашыратылуы жұқа оптикалық қалыңдық кезінде байқалады. Бір реттік және көптеген рет жарықтың шашыратылу заңдылықтарының арасында маңызды айырмашылықтар бар. Көптеген реттік шашыратылу оптикалық қалыңдыққа тәуелді.

БҰРАНДА ЕРЕЖЕСІ, электр тогы тудыратын магнит өрісінің бағытын анықтайды: егер оң оймалы бұрғы ток (I) бағыты бойынша бұралып ілгері жылжитын болса, онда бұрғы сабының бұралу бағыты әлгі ток қоздырған магнит өрісінің (H) бағытымен үйлесімді болады.



Бұранда ережесі.

БҰРЫШ, ф и з и к а д а ғ ы – бір нүктеден таралатын екі сәуленің немесе бір сәуленің өзгедей нысандарға [мысалы дене (зат) бетіне тұрғызылған перпендикуляр] қатысты тұрғызылған перпендикуляр (немесе өзгедей сипатты) сызық арасында пайда болатын бұрыш.

Атака бұрышы, ентелеу бұрышы – сұйық немесе газда (ауада) ілгерілемелі қозғалатын дене жылдамдығы мен осы денемен (мыс., ұшақ қанатының хордасымен) байланысты кез келген бағыттағы жылдамдық бағыттарының арасындағы бұрыш.

Брюстер бұрышы – диэлектрикке түсетін жарықтың одан шағылысқан кезінде түгелдей (тұтастай) полярлануға ұшырайтын бұрышы. Бұл бұрышты 1815 ж. шотланд физигі Дэвид **Брюстер** (1781 – 1868) ашқан.

Көру бұрышы – заттың немесе оның кескінінің жиек (шеткі) нүктелерінен шағылысып келетін сәуленің көз қарашығының ортасында түйісетін (шоғырланатын) бұрышы.

Мах бұрышы – Мах конусын жасаушы сызықтар мен конус осінің арасындағы бұрыш. Бұл бұрыш австриялық физик Э.Махтың (1838 – 1916) құрметіне аталған.

Сыну бұрышы – толқынның екі ортадан өтуі кезінде оның таралу бағыты мен екі ортаның ажыратылу бетіне тұрғызылған перпендикуляр сызықтың бағыты арасында пайда болатын бұрыш.

Түсу бұрышы – толқынның ортаға (немесе дене бетіне) түсетін бағыты мен екі ортаның ажыратылу бетіне тұрғызылатын перпендикуляр сызықтың бағыты арасында пайда болатын бұрыш.

Шағылысу бұрышы – шағылысушы толқындардың таралатын бағыты мен осы толқындарды шағылыстыратын екі ортаның ажыратылу бетіне тұрғызылған перпендикуляр сызық бағытының арасындағы бұрыш.

Шашырау бұрышы – шашыратылуға ұшыратылатын бөлшектердің бастапқы және соңғы импульстерінің векторлары бағыттарының арасында пайда болатын бұрыш.

БҰРЫШТЫҚ ЖЫЛДАМДЫҚ – қатты дененің айналу шапшаңдығын сипаттайтын секторлық шама. Дененің жылжымайтын осьті бірқалыпты айналуы кезіндегі оның бұрыштық жылдамдығы $\omega = \Delta\varphi / \Delta t$, мұндағы $\Delta\varphi$ – бұрылу бұрышының (φ) Δt уақыт аралығындағы өсімшесі, жалпы жағдайда $\omega = d\varphi / dt$. Бұрыштық жылдамдық векторы айналу осінің бағыты бойынша, дененің бұрылуы сағат тілінің жүрісіне қарсы бағытта көрінетін болып бағытталған (оң координаттар жүйесінде).

БҮКІЛӘЛЕМДІК ТАРТЫЛЫС ЗАҢЫ – кез келген материя бөлшектерінің арасындағы тартылыс күшінің шамасын анықтайтын заң. Бұл заң Исаак **Ньютоның** (1643–1727) 1687 ж. жарияланған «Натурал философияның математикалық бастамасы» деген ғылыми еңбегінде баяндалған. Осы заң массалары m_1 және m_2 екі материалдық бөлшектер бір-біріне өздерінің массаларының (m_1 , m_2) көбейтіндісіне тура пропорционал, ал олардың арақашықтығының квадратына (r^2) кері пропорционал күшпен (F) тартылады деп тұжырымдалған:

$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$, мұндағы $G = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3 / \text{р} \cdot \text{с}^2 = 6,6745(8) \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 / \text{кг} \cdot \text{с}^2$ – гравитациялық тұрақты.

Айдың, Жердің, планеталардың Күнді айнала қозғалуын зерттеу нәтижесінде **И.Ньютон** ашқан бұл заң табиғаттағы бүкіл денелерге, олардың барлық бөліктеріне тура. Бұл заң аспан денелерінің қозғалысы жайындағы ғылым – *аспан механикасының*

негізі болып саналады. Осы заң арқылы аспан денелерінің қозғалу траекториясы және олардың аспан күмбезіндегі орындары алдын ала анықталады. **Уран планетасының** осы заң бойынша есептелген орбитасынан **ауытқуы бойынша** 1846 жылы **Нептун планетасы ашылды**. 1930 жылы **Плутон планетасы** да осындай тәсілмен белгілі болды. Бұл заңды қос жұлдыздарға, шалғайдағы галактикаларға да пайдалануға болатындығы айғақталды. 1916 жылы жалпы салыстырмалық теорияның ашылуы нәтижесінде тартылыс күшінің табиғаты бұрынғысынан әрі айқындала түсті. Өте ұсақ бөлшектерден құралатын микродүниедегі (атом, атом ядросы, қарапайым бөлшектер, т.б.) құбылыстарда осы заңының әсері сезілмейді. Өйткені онда күшті, әлсіз және **электрмагниттік өзараәсерлесу** тәрізді өрістік әсерлесудің басқа түрлері басым болады.



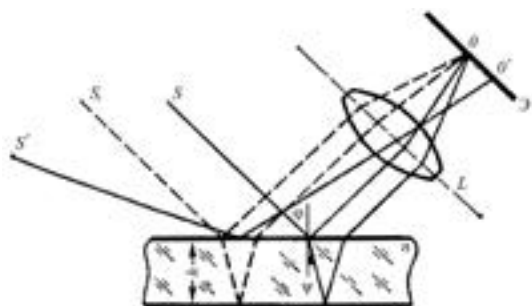
Алма мен Ай бір заңға бағына ма?

БҮКІЛӘЛЕМДІК ТАРТЫЛЫС КҮШІ – Күннің, Жұлдыздардың, планеталардың, кометалардың және Ғаламның өзгедей денелерінің арасында өзараәсер ететін күш.

БІРДЕЙ КӨЛБЕУЛІКТІ ЖОЛАҚТАР – тұрақты қалыңдықты мөлдір қабатты параллель емес монохроматты сәуле шоғымен жарықтаған кезде экранда пайда болатын, кезектесе алмасатын жарық және күңгірт жолақтар жүйесі. Жолақтың әрқайсысы қабаттың бетіне бірдей бұрышпен (φ) түсетін S және S_1 жарық сәуледен пайда болады (*сызбаға қараңыз*). Бірдей көлбеулікті жолақ пластиканың алдыңғы (үстіндегі) және артқы (астыңғы) шекараларынан шағылысуынан туған жарық

интерференциясынан пайда болады. Бұл жолақ шексіздікте шектелген. Бірдей көлбеулікті жолақты байқау үшін интерференциялаушы сәулелер линза (L) арқылы экранда (\mathcal{E}) немесе фотопластикада жинақталады.

БІРДЕЙ ҚАЛЫҢДЫҚТЫ ЖОЛАҚТАР – жұқа қабаттар оптикасы эффектілерінің бірі; **бірдей көлбеулікті жолақтардан** айырмашылығы айнымалы қалыңдықты мөлдір қабаттың бетінен тікелей байқалады. Бұл



Бірдей көлбеулікті жолақты байқау сұлбасы. Бірдей бұрышпен пластинаға түсетін S және S' сәулелері линза арқылы бір нүктеде (O) жинақталады. Бірдей бұрышпен түскен сәуле (мысалы, S') линза арқылы басқа бір нүктеге (O' -ге) жинақталады

жолақтар қабаттың алдыңғы (үстінгі) және соңғы (астыңғы) қабаттардың шекараларынан шағылысқан жарық *интерференциясынан* пайда болады. Жолақтардың максимум және минимум жарықталынуы интерференцияланатын сәулелердің жүріс айырымдары бірдей және бүтін санға ($\lambda/2$) тең беттердің сызықтарымен үйлесетін болады. Бұл жолақтар жұқа пленкалардың (сабын көпіршіктерінің, май және бензин дақтарының) түрлі түсті болып көрінуін тудырады; бұлар жұқа пластикалар мен пленкалардың микробедерлерін анықтау үшін қолданылады.

БІРҚАЛЫПТЫ АЙНЫМАЛЫ ҚОЗҒАЛЫС – нүктенің жанамалық үдеуі w_τ (түзу сызықты бірқалыпты айнымалы қозғалыс жағдайында барлық үдеу) w тұрақты болатын кездегі осы нүктенің қозғалысы. Бірқалыпты айнымалы қозғалыс кезіндегі нүктенің қозғалыс басталған t уақыттан кейінгі және траекторияның доғасы бойымен есептелген оның бастапқы қалпынан s қашықтықтағы v жылдамдығы: $v = v_0 + w_\tau t$; $s = v_0 t + w_\tau t^2/2$, мұндағы v – нүктенің бастапқы жылдамдығы, v және w -нің таңбалары бірдей болғанда бірқалыпты айнымалы қозғалыс үдемелі, ал таңбалары әртүрлі болса – баяуламалы қозғалыс болады.

БІРҚАЛЫПТЫ ҚОЗҒАЛЫС – нүкте жылдамдығының v сан жүзіндегі шамасы тұрақты болатын қозғалыс. Нүктенің бірқалыпты қозғалыс кезіндегі t уақыт аралығында жүріп өткен жолы (s) жылдамдық пен уақыттың көбейтіндісіне тең болады, яғни $s = v t$. Осы айтылғандар дененің әрбір нүктесіне қатысты орындалатын кезде қатты дене і л г е р і л е м е л і бірқалыпты қозғалатын болады.

БІРҚАЛЫПТЫ ТҮЗУ СЫЗЫҚТЫ ҚОЗҒАЛЫС – модулі және жылдамдығының бағыты бойынша тұрақты қозғалыс. Осы қозғалыс кезінде дене түзу сызық бойынша қозғалады және кез келген тең уақыт аралығында бірдей жол жүреді.

БІРЛІК – өзгедей біртекті шамалардың мөлшерін анықтау үшін қолданылатын арнайы шама.

Еселік бірлік – физикалық шамалардың жүйелік бірлігінен бірнеше есе (әдетте 10 бүтін дәрежеде) артық физикалық шаманың бірлігі.

Жүйеден тыс бірлік – бірліктердің кез келген жүйесіне енбеген физикалық шамалардың бірлігі.

Жүйелік бірлік – кез келген бірліктер жүйесіне енетін физикалық шама бірлігі.

Негізгі бірлік – физикалық шаманың қалауымызша таңдалып алынған жүйелік бірлігі.

Массаның атомдық бірлігі – атомдық және ядролық физикада ^{12}C – көміртек нуклиді массасының $1/12$ үлесіне тең атомдар, молекулалар және қарапайым бөлшектер массаларын өрнектеу үшін пайдаланылатын бірлік.

Массаның техникалық бірлігі – МКГСС (метр, килограмм-күш, секунд) бірліктер жүйесіндегі масса бірлігі.

Туынды бірлік – физикалық шамаларды байланыстыратын тендеулері пайдаланылатын негізгі бірліктерден құралатын физикалық шамалардың бірлігі.

Физикалық шамалардың бірлігі – анықтамасы бойынша 1-ге тең сан мәні меншіктелген (берілген) физикалық шама.

БІРЛІКТЕРДІҢ СГС ЖҮЙЕСІ – физикалық шамалардың негізгі үш бірліктерден құралған – сантиметр (ұзындық бірлігі), грамм (масса бірлігі) және секундтан (уақыт бірлігі) алынған бірліктер жүйесі. Ол СГС (немесе CGC) атауымен белгіленеді. Бұл жүйенің аты сантиметр, грамм, секунд атауларының бас әріптедрінен құрылған (СГС). 1881 ж. Парижде өткен электр мамандарының Халықаралық I конгресінде қабылданған. Осы жүйені құрудың негізіне электр заряды (СГСЭ) мен магниттік зарядтардың (СГСМ) өзараәсерлесуінің **Кулон заңы** алынған.

БІРЛІКТЕР ЖҮЙЕСІ – белгілі бір саланы (механика, жылу, электр, жарық, т.б.) қамтитын физикалық шамалардың негізгі және туынды бірліктерінің жиынтығы. Бірліктер жүйесі зерттелетін физикалық құбылыстардың табиғатына байланысты анықталады. Бір-біріне тәуелсіз халықаралық келісімдерге сәйкес белгіленген эталондар түрінде алынған немесе анықтамалар бойынша тұжырымдалған өлшеу бірліктері *негізгі бірліктер* деп аталады. *Туынды бірліктер* деп аталатын өзге физикалық шамалардың өлшеу бірліктері осы негізгі бірліктер арқылы өрнектеледі. Негізгі бірлік ретінде ұзындық, уақыт және масса бірлігі алынған. Бірліктер жүйесі (өлшеуіштердің метрлік жүйесі, бірліктердің СГС жүйесі, бірліктердің МКС және МТС жүйелері) механикада кеңінен қолданылады. Техникада ұзақ уақытқа дейін үшінші негізгі бірлік ретінде масса орнына күш қабылданған бірліктердің МКГСС жүйесі де пайдаланылады. Неміс математигі Карл **Гаусс** (1777–1855) енгізген бұл жүйе *бірліктердің абсолют жүйесі* деп аталды. Бұдан кейін Гаусс тәсілі бойынша бірліктердің электрлік және магниттік жүйелері енгізілді.

Белгілі бір негізгі бірлік жүйесіне сүйеніп математикалық формулалар бойынша пропорционалдық коэффициент енгізбей анықталатын бірлік жүйесі когерентті (келісілген) жүйе деп аталады. Бірліктердің когерентті жүйесіне Халықаралық *бірліктер жүйесі*, *бірліктер жүйесі*, *бірліктердің СГС жүйесі*, т.б. жатады. Бірліктердің өзге жүйелерінен когерентті жүйелердің басты артықшылығы – бұл жүйеде физикалық шамалар арасындағы байланысты өрнектейтін формулалар, олардың сан мәндері арасындағы математикалық тәуелділікті де көрсетеді.

Бірліктер жүйесінде физикалық шамалардың өзге бірліктерге тәуелсіз халықаралық масштабта қолданылатын бірыңғай жүйесі жасалған. Халықаралық бірліктер жүйесінің негізіне алты өлшеу бірлігі: **масса** (кг), **ұзындық** (м), **уақыт** (секунд), **ток күші** (А), **температура** (кельвин – К) және **жарық күші** (кандела – кд) алынған.

Іс жүзінде жүйелік бірліктермен қатар жүйеден тыс бірліктер де қолданылады. Олардың да негізгі және туынды өлшеу бірліктері бар. Жүйеден тыс бірліктер, көбінесе, берілген жүйедегі бірліктердің еселік және үлестік өлшеу бірліктері болып табылады. Іс жүзінде жиі кездесетін жүйеден тыс бірліктер де бар. Мысалы, **тонна, центнер, сағат, минут, теңіз милі, узел, фут**, т.б.

Жалпы бірліктер жүйесін құрғанда және оларды талдағанда, сондай-ақ түрліше есептеу кезінде **өлшемділік ұғымы** пайдаланылады. Бұл қарастырылған бірліктер жүйелерінен өзге физикалық әмбебап тұрақты шамаларға (**әлемдік константаларға**) негізделген бірліктердің табиғи жүйелері де қолданылған. 1906 ж. неміс физигі Макс **Планк** (1858–1947) ұсынған алғашқы табиғи жүйенің негізіне өлшемсіз бірліктер ретінде **гравитация тұрақтысы** (G), электрдинамика тұрақтысы (***c*-вакуумдағы жарық жылдамдығы**), **Больцман тұрақтысы** (k), **Авогадро саны** (N_A) және **Планк тұрақтысы** (h) қабылданған. Атомдық физикада табиғи жүйе ретінде бірліктердің ағылшын физигі Дуглас **Хартри** (1897–1958) ұсынған атомдық жүйесі кеңінен пайдаланылады. Осы сияқты бірліктердің табиғи жүйелерін физиканың әр саласы үшін таңдап алуға болады. Бірақ олар теориялық мәселелерді түсіндіруге ыңғайлы болғанмен, іс жүзінде өлшеулер жүргізуге қолайсыз болған.

БЭР (бэр, rem) – иондауыш сәуле дозасына тепе-тең болатын **жүйеден тыс бірлік**. $1\text{Б} = 0,01 \text{ Дж/кг}$. 1963 жылға дейін Бэр бірлігі **рентгеннің биологиялық эквиваленті** ретінде анықталып келді (бұл атау «рентгеннің биологиялық эквивалентті» дегеннің орыс тіліндегі нұсқасы бойынша аталудан қалыптасқан).

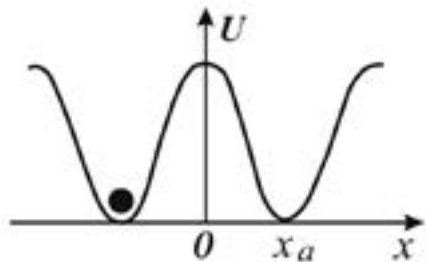
БЭР ЗАҢЫ: Жердің тәуелсіз өз осінен айналуының өзен суы бөлшектеріне әсер етуінен меридиан бағытында ағатын өзендердің Солтүстік жарты шарда оң жағалауы, ал Оңтүстік жарты шарда сол жағалауы шайылып тік жар болу себебін түсіндіретін қағида. Бұрынғы деректер негізінде мұны 1857 ж. орыс академигі Карл **Бэр** (1792–1876) түсіндірген. Ол бұл құбылысты *Кориолис үдеуінің* Солтүстік жарты шарда қозғалыстың негізгі бағытынан оңға, ал Оңтүстік жарты шарда солға бағытталуының салдарынан болады деп түсіндірген. Кориолис үдеуі полюстерде ең үлкен шамаға жетеді, ал экваторға қарай біртіндеп кемиді де, экватор бойында нөлге тең болып әсер етпейді.



ВАВИЛОВ ЗАҢЫ, *фотолюминесценцияның* шығымының (шығуының) қоздырушы жарықтың толқын ұзындығына тәуелділігін айғақтайды. Бұл заң бойынша қоздырушы жарықтың ұзын толқынның кең аймағында фотолюминесценцияның кванттық шығымы тұрақты болады және люминесценцияның максимум спектрі (антистокстық қоздыру) байқалатын кездегіден кенет азаятын (төмендейтін) болады. Жарықтың кванттық табиғатымен байланысқан Эйнштейннің фотохимиялық реакциясының кванттық шығымы туралы заңына ұқсас. Бұл заңды 1927 ж. кеңестік физик Сергей **Вавилов** (1891–1951) ашқан.

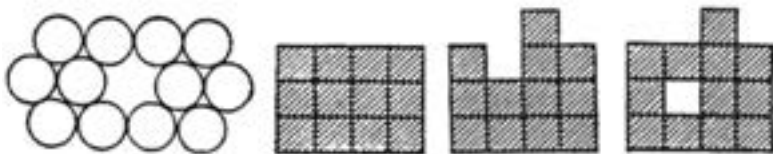
ВАКАНСИОН – туннельдік тәсілмен қозғала алатын қасиеті болатын кристалда вакансияның қозғалысын сипаттайтын *квазибөлшек (Туннельдік эффект* мақаласын қараңыз) (сызбаға қараңыз).

Вакансиялы түйін (x_0) маңайындағы атомның (қара дөңгелекпен белгіленген) потенциалдық энергиясы. Атом тордың бос түйініне орналасуы үшін потенциалдық тосқауыл арқылы өтуі қажет.

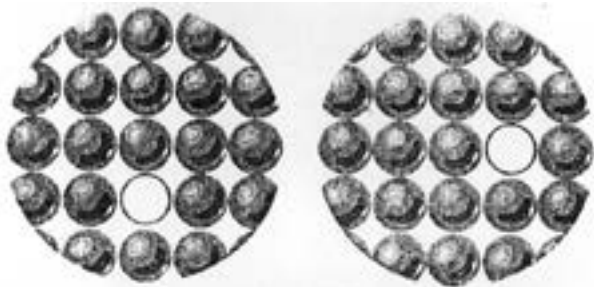


ВАКАНСИЯ (латынша «ваканс – бос, бостық») – *кристалдық тордың* түйініндегі атомның немесе ионның болмауы (жоқтығы). Вакансия кристалдық тормен термодинамикалық тепе-теңдікте болады, атомдардың жылулық қозғалыстары нәтижесінде пайда болады және жойылады. Вакансия кристалда ретсіз орын ауыстырады, көршілес атомдармен орын ауыстырады. Вакансияның қозғалысы кристалдағы атомдар диффузиясының басты себепшісі болып табылады. Әрбір температураға вакансияның белгілі бір тепе-теңдік шоғырлануы (кон-

центрация) сәйкес болады. Балқу температурасының маңайындағы ме-



талдар кристалдарындағы вакансиялар мөлшері атомдар санының 1–2% болады. Вакансия кристалдардың физикалық қасиеттеріне ықпал етеді: оның тығыздығын төмендетеді, электрөткізгіштікті арттырады.



ВАКУУМ (латынша – бос кеңістік) – газдың атмосфералық қысымнан төмен кезіндегі күйі. Вакуум ұғымы әдетте шектелген көлемді толтыратын газға байланысты айтылады, кейде бұл ұғым бос кеңістіктегі, мысалы, ғарыштық газға да қолданылады. Вакуум құрылғыларындағы газ жағдайы молекуланың (немесе атомның) *еркін жол ұзындығы* (λ) мен аспапқа немесе үрдіске тән өлшемнің (d) қатынасы бойынша анықталады. Мұндай өлшемдер қатарына вакуумдық көлемді шектейтін қабырғалардың арақашықтығы, вакуум құбырының диаметрі, электрвакуумдық аспаптар электродтарының арақашықтығы, т.б. жатады. λ мен d қатынастарына сәйкес вакуум **төменгі вакуум** ($\lambda \ll d$), **орташа вакуум** ($\lambda \sim d$) және **жоғары вакуум** ($\lambda \gg d$) деп бөлінеді.

Төменгі вакуумдағы газ қасиеті молекулалардың бір-бірімен жиі соқтығысулары нәтижесінде пайда болатын энергия алмасу дәрежесіне сәйкес анықталады. Мұндай газда **ішкі үйкеліс** (*тұтқырлық*) болады және ол газ ағыны аэродинамикалық заңдарға бағынады. Төменгі вакуумда электр және жылуөткізгіштік, ішкі үйкеліс, *диффузия* құбылыстары біртіндеп өзгереді. Мысалы, төменгі вакуумдағы ыссы және салқын қабырғалар арасындағы кеңістіктегі газ температурасы осылай өзгереді. Бұл қысымда алмасатын жылу шамасы (*жылуөткізгіштік*) мен зат мөлшері (диффузия) қысымға тәуелсіз болады. Төменгі вакуумда ток өткен кезде газ молекулаларының иондалуы шешуші әсер етеді.

Жоғары вакуумдағы газ қасиеті тек молекулалардың қабырғаларға соқтығысуымен ғана анықталады. Молекулалардың өзара соқтығысулары өте сирек болатындықтан шешуші маңызы шамалы болады. Молекулалар қабырғалар аралығында түзу сызық бойынша қозғалады. **Тасымалдау құбылысы** шекарада секірісті өтеді. Мысалы, ыстық және салқын қабырғалар арасындағы кеңістіктегі молекулалардың жартысына жуығының жылдамдығы салқын қабырғаның температурасына сәйкес, ал қалған бөлігінің жылдамдығы ыстық қабырғаның температурасына сәйкес келеді. Бүкіл көлемдегі газдың орташа температурасы бірдей, бірақ ол ыстық және салқын қабырғалардың температураларынан өзгеше болады. Тасымалданатын жылу мен зат мөлшері газдың қысымына тура пропорционал.

Жоғары вакуумдағы ток тек электродтар бөліп шығаратын (эмиссия) электрондар мен иондарға ғана тәуелді.

Орташа вакуумдағы газ қасиеті төменгі және жоғары вакуумдағы газ қасиеттерінің аралығында болады. Аса жоғары вакуумның ерекшелігі газ молекулаларының соқтығысуларына тәуелді емес, вакуумдағы қатты дене бетіндегі үрдістерге (процестерге) байланысты.

ВАКУУМ, ф и з и к а л ы қ – өрістердің кванттық теориясында – қандай да бір нақты бөлшектердің болмайтындығымен сипатталатын кванттық өрістердің төменгі энергетикалық күйі. Бұл вакуумның барлық кванттық сандары (импульсі, электр заряды, т.б.) нөлге тең. Бірақ та бұл вакуумдағы виртуалдық үрдістердің (процестердің) мүмкіндігі нақты (реал) бөлшектердің вакууммен өзара әсерлесуі кезінде бірқатар айрықша эффектiлер (деңгейлердің ығысуын, т.б.) туындатады. «Физикалық вакуум» бүкіл өзгедей күйлердің қасиеттерін анықтайтын негізгі мағынадағы ортақ ұғым болып табылады, себебі, әлгі күйлердің кез келгені бөлшектер туындайтын операторлардың вакуумдық әсерлерінен алынуы мүмкін. Бірқатар жағдайларда, мысалы, симметрияның өз еркімен бұзылуы кезінде, вакуумдық күй жалғыз ғана күй болмайды – бір-бірінен **голдстоундық бозондар** саны деп аталатын сандармен өзгешеленетін осындай күйлердің үздіксіз түрлері болады.

«**ВАКУУМ**» – Әбу Насыр **әл-Фарабидің** (870–950) іргелі еңбектерінің (трактат) бірі. Бұл еңбектің арабша нұсқасы түрікше және ағылшынша аудармаларымен бірге 1951 ж. Түркияда басылып шықты. әл-Фараби бұл еңбегінде вакуумның жоқ екендігін ежелгі гректерде кездесетін тәсілмен (яғни ғылыми тәжірибелік зерттеулер негізінде) және физика ғылымының сол кезеңдегі жетістіктер бойынша жасалған логикалық қорытындыға сүйене отырып дәлелдеуге ұмтылған. Ол бұл трактатында вакуум жөнінде бірін-бірі жоққа шығармайтын екі пікір ұсынды: бірінші пікірінде материяда мүлдем бос кеңістік, яғни абсолют бостық жоқ, бірақ ол материяның жаратылысы бізге белгісіз десе, екінші пікірінде әл-Фараби салыстырмалы түрде бостықтың болуы мүмкін екенін аңғартып, бірақ ол шын мәніндегі абсолют бостық емес, ауасы сиретілген кеңістік деген.

ВАКУУММЕТР (латынша «вакуум» + грекше «метрео – өлшеймін») – газдардың атмосфералық қысымнан төменгі 760-тан 10^{-13} мм сынап бағанына дейінгі (10^5 – 10^{-11} Па) алқаптағы қысымды өлшеуге арналған аспап. Аталған алқаптағы қысымды өлшеуге арналған әмбебап өлшеу әдісі жоқ; сондықтан әрқилы газбен тікелей немесе жанама байланысқан физикалық заңдылықтар пайдаланы-

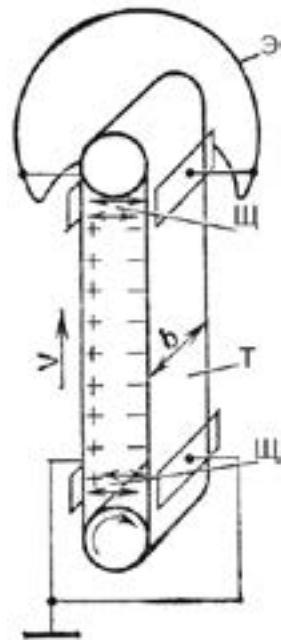
лады. Сұйықтық, деформациялық, компрессиялық, радиометрлік, тұтқырлық, жылулық, иондауыштық, т.б. вакуумметрлер бар.

ВАЛЕНТТІЛІК (латынша «валентиа – күш») – элементтер атомдарының химиялық байланыс құру қасиеті; мөлшері сан мәнімен сипатталады. Валенттілікті атомның сыртқы электрондық қабықшасының (валенттік элементтің) электрондарының белгілі бір бөлігін беру немесе өзіне қосып алу қасиеті ретінде қарастыруға болады. **Иондық байланыс** жағдайында валенттілік – берілген атомның беретін немесе қосып алатын электрондар санына; **коваленттік байланыс** жағдайында валенттік ортақтастырылған электрондар жұбының санына тең. Көптеген элементтер қандай байланыстарға енетіндігіне тәуелділігіне орай әртүрлі валенттілікке ие болады.

ВАЛЕНТТІК ЗОНА – қатты денедегі рұқсат етілген электрондық күйлердің **энергетикалық аймағы**; абсолюттік нөл температура кезінде түгелдей валенттік электрондармен толтырылған болады. Электрондар валенттік зонада кристалдық байланыс энергиясына, оның диэлектриктік өтімділігіне үлес қосады, жарық сәуленің кристалдарға жұтылуын анықтайды; валенттік зонадағы $T \neq 0 K$ (абсолюттік нөл температураға тең емес) кезде валенттік зонаны толтырған электрондар электрөткізгіштік, т.б. ауысу үрдістеріне қатыспайды.

Жылулық қозғалыстың ($T \neq 0 K$), сондай-ақ сыртқы әсерлердің (жарықтау, электрондармен сәулелендіру, қоспалар ендіру, т.б.) ықпалымен әдетте электрондардың аздаған бөлігі **валенттік зонадан өткізгіштік зонаға** немесе **тыйым салынған зонаның** қоспалар деңгейіне ауысады. Нәтижесінде валенттік зонаның жоғарғы бөлігінде бірқатар толтырылмаған электрондық күйлер (**кемтіктер**) пайда болады, валенттік зонаның электрондары электрөткізгіштікке қатысуға мүмкіндік алады.

ВАН-де-ГРАФФ ГЕНЕРАТОРЫ – электр зарядтарын механикалық тәсілмен көшіру арқылы жоғары тұрақты кернеу шығаруға арналған электрстатикалық құрылғы. Бұл құрылғыны алғаш рет 1931 ж. американ физигі Роберт



Зарядтардың диэлектрлік транспорттері болатын электрстатикалық генератордың сұлбасы: Т – ені b болатын транспортер; Щ – зарядтар әкелетін немесе заряд алынатын құрылғы (щетка мен үшкір ұштық); Э – жоғары вольтті электрод

Ван-де-Графф (1901–1967) ұсынған. Құрылғы цилиндр тәрізді оқшаулағыш бағанға орнатылған шар немесе жарты сфераға ұқсас қуыс металл электродтан (Э) құралған. Электрод ішінде үздіксіз айналмалы тұйық транспортер болады. Электрод осы таспа арқылы зарядталады. Бұл генератор негізінен зарядты бөлшектердің жоғарывольттік үдеткіштерінде және әлсіз тоқты жоғары вольтті техникада пайдаланылады.

ВАН дер ВААЛЬС КҮШТЕРІ – молекулааралық өзараәсерлесудің көп таралған атауы.

ВАН-дер-ВААЛЬС ТЕНДЕУІ – нақты газ күйінің теңдеуі. Бұл нақты газ күйлерінің ең алғашқыларының бірі, мұны 1873 ж. голланд физигі Иоханнес **Ван дер Ваальс** (1837–1923) ұсынған. V көлемді T температура және p қысымды газ молі үшін мына түрде болады: $(p+a/V^2)(V-b) = RT$, мұндағы R – эмбебап газ тұрақтысы, ал a және b – нақты газдың, идеал газдың қасиеттерінен ауытқуын есепке алатын қасиеттерінің тәжірибелік тұрақты шамалары. a/V^2 мүшесі қысымның өлшемділігіне тең және молекулалық өзараәсерлесу нәтижесінде молекулалардың тартылыстарын ескереді, ал $a b$ – жақын қашықтықтағы молекулалардың бірінен-бірінің тебілуін ескеретін меншікті көлемге енгізілетін түзету. V үлкен шама болған кезде (сонымен бірге сиретілген газдар үшін) a және b тұрақты шамаларды ескермеуге болады және теңдеу идеал газ күйінің (*Клапейрон теңдеуіне*) теңдеуіне ауысады.

Ван-дер-Ваальс теңдеуі тек T – жоғары температура және p – төменгі қысым болған жағдайда ғана нақты газдардың қасиеттерінің жуық шамалы теңдеуі болады. Бірақ p – жоғары қысым болған кезде газдың сұйыққа айналуын және кризистік күйін сипаттауға мүмкіндік береді.

ВАР (вольт – ампер реактивті, VAR) – айнымалы (синусоидалы) электр тогының Халықаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ) **реактивті қуаттың** бірлігі. 1 VAR – электр кернеуі 1 В, ток күші 1 А және $\sin \varphi = 1$ (φ – тізбектегі кернеу мен ток арасындағы фазалардың ығысуы) болған кездегі реактивті қуатқа тең.

ВАРИАЦИЯ (латынша – өзгеру) – бір нәрсенің негізгі бөлігі сақталған кездегі әлгі нәрсенің қосалқы бөлігінің түр өзгерісі.

Ауырлық күш вариациясы – уақыттың өтуіне байланысты Жердің берілген нүктесіндегі ауырлық күштің үздіксіз өзгерісі.

Магниттік вариация – уақыттың өтуіне байланысты Жердің магнит өрісінің үздіксіз өзгерісі.

ВАРИСТОП [ағылшынша «vari(able) –айнымалы» + (resi) stor-резистор] – шамасы түсірілетін кернеуге тәуелді айнымалы кедергі (R).

ВАРМЕТР (вар «валът-ампер реактивті» + «метрео – өлшеймін») – айнымалы токтың электр тізбектеріндегі реактивтік қуатты (Q) өлшеуге арналған аспап. $Q=UI \sin \varphi$, мұндағы U -кернеу, I – электр тогының күші, φ – синусоидалы өзгермелі ток пен кернеу арасындағы фазалық бұрыш. Өндірістік жиіліктік (50 гц) айнымалы ток үшфазалы тізбектерде қолданылады. Варметрдің тізбекке қосылу сұлбасы ваттметрдің қосылуына ұқсас. Варметрдің негізін электрөлшеуіш механизмдер құрайды.

ВАТТ (Вт, W) – механикалық қуаттың, сондай-ақ электр тізбегінің активті қуатының, жылулық ағынның немесе сәулелер ағынының Халықаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ) өлшеу бірлігі. 1 Вт механикалық қуатқа эквивалентті бірлік; ағылшын өнертапқышы Джеймс **Уаттың** (1736–1819) құрметіне аталған. 1 Вт қуат 1 секундта істелетін 1 Дж жұмысқа тең; $1 \text{ Вт} = 10^7 \text{ эрг/сек} = 0,102 \text{ кг күш} \cdot \text{м/сек} = 1,36 \cdot 10^{-3} \text{ ат күші (а.к.)}$.

ВАТТМЕТР (*ватт* + ... *метр*) – электр тізбегіндегі қуатты өлшеуге [ал айнымалы ток тізбегінде – активті қуатты – $p = UI \cos \varphi$ (мұндағы U -кернеу, I – электр тогының күші, φ – синусоидалы өзгертін ток пен кернеу арасындағы фазалық бұрыш] өлшеуге арналған аспап. Аспаптың негізгі бөлігі электрөлшеуіш тетік.

ВАТТ-САҒАТ (Вт·сағ, W·h) – жұмыс пен энергияның техникада пайдаланылатын жүйеден тыс өлшеу бірлігі. Ватт-сағаттың шамасы 1 Вт-қа тең қуаттың 1 сағатта өндіретін жұмысына тең. Ватт-сағат пен жұмыстың (энергияның) басқа бірліктерінің байланысы: $1 \text{ Вт} \cdot \text{сағ} = 3600 \text{ Дж}$, $1 \text{ киловатт сағ} \cdot \text{сек} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$.

ВЕБЕР (Вб, Wb) – магниттік ағын мен ағындық ілінісудің Халықаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ) өлшеу бірлігі. Бұл атау неміс физигі Вильгельм **Вебердің** (1804–1891) құрметіне аталған. 1 Вб – 1 м^2 аудан арқылы тік (нормал) бағытта өтетін 1 тесла (Тл) индукция кезінде біртекті магнит өрісі тудыратын магниттік ағынға тең. $1 \text{ Вб} = 1 \text{ Кл} \cdot \text{Ом} = 1 \text{ В} \cdot \text{сек} = 1 \text{ Тл} \cdot \text{м}^2 = 10^8 \text{ максвелл}$.

ВЕКТОР (латынша – тасығыш) – сан мәнімен және бағытымен сипатталатын, түзу кесіндімен бейнеленетін шама.

Векторлық шама – сан мәнімен және кеңістіктегі бағытымен сипатталатын физикалық шама; координаттар жүйесінің біреуінен өзге координаттар жүйесіне ауысқан кезде кесінді бағытының проекциялары ретінде түрлендіретін координаттық осьте анықталады.

Күштер жүйесінің бас векторы – жүйеге енетін барлық күштердің векторлық қосындысына тең вектор.

Магниттік вектор – жарық толқынындағы магнит өрісінің кернеулік векторы.

Магниттелу векторы – заттардың біраз көлеміндегі микробөлшектердің магниттік моменттері қосындысының осы көлемнің шамасына қатынасына тең вектор.

Толқындық вектор – шамасы толқындық санға тең, ал бағыты толқынның таралу бағытымен үйлесетін вектор.

Умов – Пойнтинг векторы – электромагниттік өрістің энергия ағынының тығыздық векторы. Бұл вектор орыс физигі Николай **Умов** (1846–1915) пен ағылшын физигі Джон **Пойнтингтің** (1852–1914) құрметіне аталған.

Электрлік вектор – жарық толқынындағы электр өрісінің кернеулік векторы.

ВЕКТОРЛЫҚ ӨРІС – кеңістіктің әрбір нүктесінде вектор (немесе төртөлшемді вектор) болып табылатын функциямен сипатталатын *физикалық өріс*. Электрдинамикадағы **векторлық потенциал** осыған мысал бола алады. Өрістің кванттық теориясында спині 1-ге тең (мысалы, фотон, болжалды *глюондар* және аралық векторлық бозондар) бөлшектер векторлық өрістің *кванты* болады. Кеңістіктің инверсия кезінде векторлық өріс таңбасын өзгертеді, яғни векторлық өріске сәйкес келетін бөлшектер теріс ішкі жұптылыққа ие болады (және векторлық деп аталған; бұған фотон, ρ -, ω -, ϕ -мезондар, ψ - және γ – бөлшектер т.б. жатады).

ВЕКТОРЛЫҚ ШАМА – сан мәніне қоса кеңістіктегі бағытымен сипатталатын физикалық шама;

ВЕНТИЛ (немісше – қақпақ) – электр тогының бағытына тәуелді жоғары (тура бағыттағы токтар үшін) өткізгіштігі болатын электрлік аспап. Осы ерекшелігі вентильдерді ток түзеткіштер, инверторлар, жиілік түрлендірушілер, коммутациялық құрылғылар ретінде пайдалануға мүмкіндік берген. Вентильдік эффект металл және электролит (электролиттік вентиль), металл және газ (газразрядты вентиль) шекараларында пайда болады.

ВИБРАТОР (латынша «вибраре – тербету, теңселту; дірілдету») – тербеліс қоздыра алатын жүйе.

ВИДЕМАН ЭФФЕКТІСІ – ұзын бойлық магнит өрісінде орналастырылған электр тогы өтіп тұрған ферромагниттік шыбықта бұралу деформациясының пайда болуы. 1858 ж. неміс физиктері: Густав **Видеман** (1826–1899) мен **Р.Франц** ашқан. Видеман эффектсі бойлық магнит өрісі мен электр тогы тудыратын дөңгелек магнит өрісінің қосылуынан туындаған өрісте *магнитстрикцияның* пайда болуы болып табылады. Егер электр тогы (немесе магнит өрісі) айнымалы болса, онда шыбықта бұралу тербелісі қоздырылады.

ВИДЕМАН-ФРАНЦ ЗАҢЫ – металдар үшін жылуөткізгіштік коэффициентінің (κ) меншікті электрөткізгіштігіне (σ) қатынасы бірдей температура кезінде

тұрақты болатынын тұжырымдайды: яғни $\kappa/\sigma = \text{const}$. Бұл заңды 1853 ж. неміс физиктері: Густав **Видеман** (1826 – 1899) мен **Р.Франц** ғылыми тәжірибе негізінде тұжырымдаған. 1881 ж. дат физигі Людвиг **Лоренц** (1829–1891) ғылыми тәжірибе жүзінде бұл қатынастың температураға (T) пропорционал болатынын анықтаған: $\kappa/\sigma = LT$, мұндағы L – **Лоренц саны**, бұл сан іс жүзінде барлық металдар үшін бөлме температурасында және одан да жоғары температура (T) кезінде бірдей болады. Видеман – Франц заңын алғаш рет 1902 ж. неміс физигі Пауль **Друде** (1863–1906) түсіндірген. Ол металдағы электрондарды газ ретінде қарастырған және оған газдардың кинетикалық теориясының әдістерін қолданған (металдардың электрлік және жылуөткізгіштігі негізінен еркін электрондардың қозғалысынан пайда болады).

ВИДИКОН (латынша «видео – қараймын» + грекше «ейкон – кескін») – оптикалық кескінді электрлік сигналдар тізбегіне түрлендіру үшін ішкі *фотоэффектіні* пайдаланатын телевизиялық таратқыш түтік.

ВИЗУАЛДАУ (латынша «визуалис – көрінетін») – физикалық құбылысты немесе үрдісті (процесті) түйсінуге ыңғайлы көрініс түрінде бейнелеу. Нысанның (объектінің) шығаратын көрінбейтін сәулені өрісі таратылған кезде көрінетін кескінге түрлендіру.

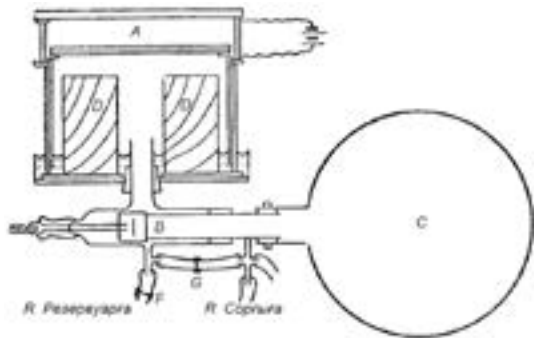
ВИЛЛАРИ ЭФФЕКТІСІ, магниттік серпімді эффект – *ферромагнетиктердің* магниттелуіне механикалық деформациялардың (созу, бұрау, ию, т.б.) әсер етуі. 1865 ж. италия физигі Эмилио **Виллари** (1836–1904) ашқан. Ферромагнетик үлгіге тұрақты серпімді кернеу түсіріліп магниттік өріс артқан кезде үлгінің магниттелуі алғашында артады, содан соң максимум (**Виллари нүктесі**) арқылы өтеді де ең соңында нөлге дейін кемиді. Виллари эффектісі *магнитстрикцияға кері құбылыс*. Ферромагнетиктер (мысалы, Ni) магниттелуі кезінде өлшемдерін кішірейтеді (теріс магнитстрикциялы болады), созылу кезінде магниттелуін кемітетін болады (теріс Виллари эффектісі). Керісінше, оң магнитстрикциялы ферромагнетиктер созылғанда, мысалы, Ni (65% – Fe (35%)) қорытпасынан жасалған шыбық бұлардың магниттелуін арттырады. Сығылған кезде Виллари эффектісінің таңбасы кері өзгереді. Бұл эффект механикалық деформация әдісімен магниттік материалдар жасауға арналған.

ВИЛЬСОН КАМЕРАСЫ – зарядталған бөлшектердің іздерін (траекторияларын) бақылауға арналған аспап. Бұл аспапты 1912 ж. ағылшын физигі Чарлз **Вильсон** (1869–1959) жасаған. Зарядталған



Вильсон камерасының сыртқы көрінісі

бөлшектердің траекторияларының бойында пайда болатын иондарға асақаныққан будың конденсациялануына негізделген. Осының нәтижесінде зарядты бөлшектердің жолдары көрінетін ізге айналады. Камера конденсацияланбайтын газбен (гелий, азот, аргон) және кейбір сұйықтың (су, этил спирті, т.б.) асақаныққан не қаныққан буымен толтырылады. Зарядты бөлшек өз жолында кездескен молекулаларды иондайды, яғни бу иондарының тізбегін құрайды. Осы иондар асақаныққан будың конденсациялық ұйытқы орталығына айналады да өте ұсақ тамшылар түрінде шөгетін болады. Осылай бөлшектердің өткен жолының бойында тамшылардан түзілген жіңішке із пайда болады. Зарядталған бөлшектер камераның ішіне орнатылған көзден немесе сыртқы көзден таратылады. Бөлшектердің еркін жолы мен импульсі, магнит өрісінің бөлшектер траекторияларын ауытқытуы бойынша олардың табиғаты және қасиеттері анықталады. Бұл камераның *ядролық физика* тарихында маңызы зор болды. Осы камерамен *қарапайым бөлшектер* физикасында бірқатар жаңалықтар ашылған. XX ғасырдың 50–60-жылдары бұл камераның орнын **көпіршікті камера** мен **ұшқындық камера** басты.



Вильсон камерасының сұлбалық кескіні

ВИННИҢ СӘУЛЕ ШЫҒАРУ ЗАҢЫ – абсолюттік температураға (T) тәуелді түрде тепе-теңдік сәуле шығару спектріндегі энергияның үлестірілу заңы. Бұл заңды 1893 ж. неміс физигі Вильгельм **Вин** (1864–1928) ашқан. Осы заң жоғары жиілікке (ν) арналған (қысқа толқын ұзындығы үшін $\lambda = c/\nu$) **Планктің сәуле шығару заңының** шекті жағдайы болып табылады.

ВИРТУАЛ (латынша «виртуалис – мүмкін, сондай») – белгілі бір жағдайлар кезінде пайда болуы мүмкін; физикалық тұрғыда жүзеге асырылмайтын немесе нақты жағдайда болатын нәрселерден өзгеше жайт.

ВИРТУАЛ АУЫСУЛАР, к в а н т т ы қ т е о р и я д а – физикалық микрожүйелердің *виртуал бөлшектердің* тууымен және жойылуымен байланысты бір күйден өзге күйге ауысулары.

ВИРТУАЛ БӨЛШЕКТЕР, к в а н т т ы қ т е о р и я д а – нақты бөлшектерге сәйкес келетін *кванттық сандары* (*спині*, электрлік және бариондық зарядтары, т.б.) болатын; бірақ та бұлар үшін әдеттегі (нақты бөлшектер үшін тура) энергия (\mathcal{E}), импульс (p) және масса (m) арасындағы байланыс орындалмайтын бөлшектер:

$E^2 \neq p^2c^2 + m^2c^4$. Осы бұзылыс энергия мен уақыт аралығындағы кванттық анықталмағандық қатынастың салдарынан пайда болады әрі қысқа мерзімді уақытта ғана жүзеге асуы мүмкін (бұл жайт виртуалдық бөлшектерді тәжірибе жүзінде тіркеуге кедергі жасайды); сондықтан виртуалдық бөлшектер тек өте қысқа мерзімді аралық күйлерде ғана кездеседі де тіркелуге уақыты жетпейді. Виртуал бөлшектердің ерекшелігі – **олар өзараәсерлесуді тасушылар**. Мысалы, екі электронның бір-бірімен өзараәсерлесуі олардың **біреуінің электрон шығаруы, екіншісінің виртуалды фотонды жұтуы арқылы** жүзеге асырылады.

ВИРТУАЛДЫҚ (латынша «виртуалис – мүмкін, сондай болу») – физикалық тұрғыда жүзеге аспайтын немесе бар нәрселерден айырмашылығы болатын, белгілі бір шарттар кезінде кез келген бір нәрсеге ұқсастырылып елестетілу.

Виртуалдық нақтылық – компьютерлік ойындар, желілер мен жүйелер әлеміне қатысушы ретінде сезінуге арналған бағдарламалық-аппараттық құралдар жиынтығы болып табылады.

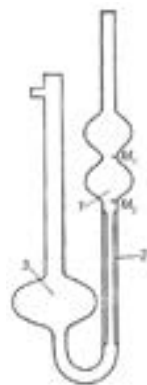
ВИРТУАЛДЫҚ КҮЙЛЕР, к в а н т т ы қ т е о р и я д а – микробөлшектер жүйесінің энергиясы, импульсі және массасы арасындағы әдеттегі байланыс орындалмайтын (бұзылатын) қысқа мерзімдікаралық күйлер. Виртуалды күйлер әдетте микробөлшектердің соқтығысулары кезінде пайда болады. Мысалы, нейтрондардың протондармен соқтығысулары виртуалды күйлерде дейтронның пайда болуымен тез ыдырауы жағдайында өтеді.

ВИСКОЗА (латынша «вискосис – тұтқыр») – күйдіргіш натрийдің сұйық ерітіндісіндегі целлюлоза ксантогенатының қою ерітіндісі. Целлюлоза ксантогенаты сілтілік целлюлоза мен күкіртті көміртектің әрекеттесуі нәтижесінде түзіледі. Вискоза ерітіндісінің тұтқырлығы жоғары.

ВИСКОЗИМЕТР (латынша «вискосис – тұтқыр + ... метр) – сұйық пен газ тұтқырлығын анықтайтын аспап. Жұмыс істеу принципіне қарай вискозиметрдің капиллярлы, айналма цилиндрлі, ротациялы, шарик батырылып анықтайтын және ультрадыбыстық әдіске негізделген түрлері бар.

Капиллярлық вискозиметрдің тұтқырлықты анықтауы *Пуазейль заңына* негізделген және берілген қысым айырмашылығы кезінде дөңгелек қималы жіңішке түтікше (*капилляр*) арқылы белгілі мөлшерлі сұйықтың немесе газдың өту уақытын өлшеуге негізделген.

Әйнек капилляр вискозиметр: 1 – өлшеуіш резервуар; 2 – капилляр; 3 қабылдағыш ыдыс; M_1 және M_2 – өлшеуіш резервуардан сұйықтың ағып шығу уақытын өлшеуге арналған сызық белгілер



ВОЛЬТ (В, V) – электр кернеуінің, электрқозғаушы күштің (ЭҚК), электр потенциалдар айырымының Халықаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ) бірлігі. Италиян физигі Александр **Вольтаның** (1745–1827) құрметіне аталған.

1В – электр тізбегінде 1 Вт қуат жұмсалған кезде 1 А тұрақты ток күшін тудыратын электр кернеуі. 1 В – 1 Дж потенциалдық энергиясы болатын 1 Кл электр заряды орналасқан нүктедегі электр өрісінің потенциалына тең. $1В = 10^8/c = \text{СГСЭ бірлік} = 1/300 \text{ СГСЭ бірлік} = 10^8 \text{ СГСМ бірлік}$ (мұндағы c – вакуумдағы жарық жылдамдығы).

ВОЛЬТ-АМПЕР (В·А, V·A) – электр тогының толық қуатының бірлігі, яғни электр тізбегінде әсер ететін ток күшінің тізбектің қысқыштарындағы кернеудің көбейтіндісімен анықталатын қуат. Қуат активті (СИ бірлігінде ватт) және реактивті қуаттарға ВАр бірлігінде) ажыратылған. Айнымалы токтың толық қуаты – тізбектегі токтың (*ампер* өлшемімен алынған) және оның қысқыштарының ұштарындағы кернеудің (*вольт* өлшемімен алынған) әсерлік мәндерінің көбейтіндісіне тең. Токтың және кернеудің әсерлік мәндері айнымалы токқа арналған *амперметр* және *вольтметрмен* өлшенеді. Толық қуаттың электр тізбегінің активті қуатынан (өлшеу бірлігі *ватт* және $UI \cos\phi$ өрнегімен анықталатын) және электр тізбегінің активті қуатынан (өлшеу бірлігі *вар* және $I \cdot U \sin\phi$ өрнегімен анықталатын) өзгешелігі бар. Мұндағы ϕ – кернеу (U) мен токтың (I) арасындағы фазаның ығысу бұрышы.

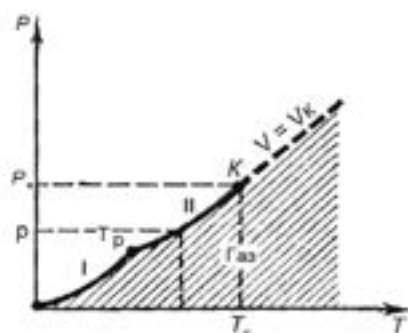
ВОЛЬТ-АМПЕРЛІК СИПАТТАМА – токтың электр тізбегінің бөлігіне түсірілген кернеуге тәуелділігі немесе электр тізбегінің бөлігіндегі кернеу түсуінің осы тізбектен өтетін токқа тәуелділігі. Егер бөліктің кедергісі осы токқа тәуелді болмаса, онда вольт-амперлік сипаттама – координатордың бас нүктесін басып өтетін түзу сызық болады. Электр тізбегінің сызықсыз бөлігінің (электр-вакуумды, газразрядты, қатты денелі аспаптардың) вольт-амперлік сипаттамасының сызықтық емес учаскесі болады және олардың түрлері (N және S тәрізді сызықтар) әр қилы болады.

ВОЛЬТМЕТР (вольт – электр кернеуін өлшеу бірлігі + грекше «метрео - өлшеймін») – электр тізбегіндегі кернеуді өлшеуге арналған аспап. Бұл аспап кернеуі өлшенетін тізбектің бөлігіне параллель қосылады. Тізбектің ырғағын бұрмаламау үшін вольтметрдің кіріс кедергісінің үлкен болуы қажет.

Қарапайым вольтметрдің негізгі бөлігі магнитэлектрлік, электрмагниттік, электрдинамикалық немесе электрстатистикалық өлшеуіш механизмдер болып табылады; осындай вольтметрлер тізбектегі айнымалы және тұрақты токтар кернеулерін өлшеуді қамтамасыз етеді. Тізбектегі жоғары жиілікті және аса жоғары жиілікті айнымалы токты өлшеу үшін өлшеуіш механизмнің алдында түзеткіш немесе айнымалы токты тұрақты токқа түрлендіруші термоэлектрлік түрлендіргіш қосылады.



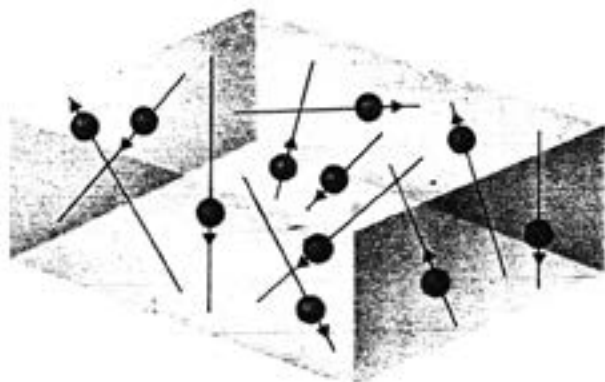
ГАЗ (грекше «хаос – ретсіз») – заттардың өз құраушы бөлшектері байланыспаған немесе өзараәсерлесу күштерімен әлсіз байланыста болатын әрі еркін қозғалатын, өзі орналасқан көлемге түгелдей жайылатын (орналасатын) *агрегаттық күйі*. Газтәрізді күйдегі заттар Жер атмосферасын құрайды, жер қойнауындағы қатты жынастардың, мұхит, теңіз және өзен суының құрамында кездеседі. Күн, жұлдыздар, жұлдызаралық заттар бұлттары – бейтарап немесе иондалған (*плазма*) газдан құралған. Табиғатта кездесетін газ химиялық қоспалар түрінде болады. «Газ» деген ғылыми атауды XVII ғ-да голланд ғалымы Ян Баптист ван **Гельмонт** (1579 – 1644) енгізген. Газ өзі орналасатын ыдысты түгелдей толтырып, сол ыдыстың пішінін қабылдайды. Газдың **қатты денелер мен сұйықтардан айырмашылығы қысым мен температураға едәуір дәрежеде тәуелді**. Газдың қалыпты жағдайдағы (0–100°C) көлемдік ұлғаю коэффициенті судың көлемдік ұлғаю коэффициентінен әлде қайда артық 0°C-та 0,003663 K⁻¹.



1-сызба

Кез келген затты қысымдар (p) мен температураларды (T) іріктеп газтәрізді күйге түрлендіруге болады. Сондықтан газтәрізді күйде болуы мүмкін аймағын $p - T$ айнымалылардың графигі түрінде кескіндеу ыңғайлы (*сызбаға қараңыз*). Кризистік температурадан (T_k) төменгі температура (T) кезінде осы аймақ құрғақ айдау (сублимация) I және бу түзілу II аймақ сызықтарымен шектелген. Бұл жайт кризистік қысым (p_k) кезінде кез келген төменгі қысымда (p) құрғақ айдау немесе бу түзілу қисық сызығымен анықталатын, бұдан жоғары температурада зат газтәрізді күйде болатын температура болатынын аңғартады.

Үштік температурадан (T_v) төменгі температурада газ заттың қатты фазасымен тепе-теңдікте болады, ал үштік нүкте мен кризистік нүкте (K) арасында – сұйық фазамен тепе-теңдікте болады. Осы күйдегі газ әдетте заттың **бу күйі** деп аталған.



Газ молекулалары әр түрлі жылдамдықпен және әр түрлі бағытта үздіксіз қозғалады. Бұдыстың қабырғасымен соқтығысқанда қысым пайда болады. Тіптен өте аз көлемінде де көптеген молекула болатындықтан, олардың қысымы барлық жерде бірдей болады. Қысым көлем бірлігіндегі молекулалар саны мен олардың орташа кинетикалық энергиясына пропорционал болады.

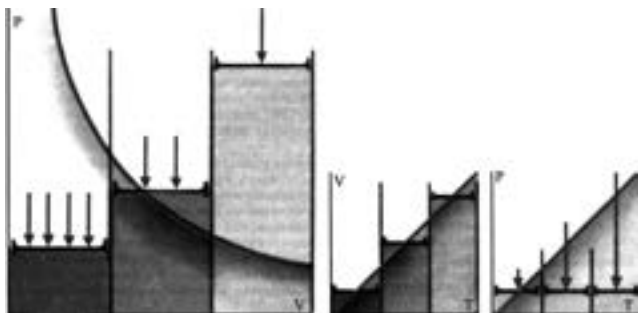
Кризистік температурадан (T_k) төменгі температурада (T) газды конденсациялауға және оны қысымын арттыру арқылы өзге (қатты немесе сұйық) агрегаттық күйге түрлендіруге болады. Температура кризистік температурадан артық, яғни $T > T_k$, болған кезде фазалық ауысу болмайды.

Қалыпты жағдайда (0°C -та және атм. қысымда) газдың тығыздығы осы газдың қатты (немесе сұйық) күйіндегі тығыздығынан жуық шамамен 1000 есе кем болады.

Бөлме температурасында жоғары вакуум кезінде (мысалы, $p \sim 10^{-14}$ мм сынап бағаны) газдың тығыздығы $\sim 10^{-20}$ г/см³. Жоғары қысым (p) және кризистік температурадан жоғары температура кезінде газдың тығыздығы өте жоғары (мысалы, кейбір жұлдыздарда $\sim 10^9$ г/см³) болады.

Жеткілікті сиретілген газ молекулаларының орташа арақашықтығы молекулааралық өзараәсерлесу күштерінің радиустарынан едәуір артық болады. Қалыпты жағдайда **1 см³ ауданда $\sim 10^{19}$ молекула**, ал олардың арақашықтықтары ~ 10 нм (нанометр) болады. Молекулааралық өзараәсерлесу 0,5 – 1 нм қашықтықтақ онша әсер ете алмайды. Молекулааралық өзараәсерлесу күші әсер ететін арақашықтық молекулалардың соқтығысуы ретінде қабылданады. Молекулааралық күштің әсер ететін радиусы молекулалар арасының орташа арақашықтығынан 10 есе кем, сол себепті молекулааралық күш әсер ететін жалпы көлем газдың толық көлемінен 10^{-3} есе аз болады. Осы жайт қалыпты жағдайда газдың меншікті көлемін елеусіз аз деп есетеп молекулаларды бірімен бірі өзара әсерлеспейтін **материалдық нүкте** ретінде қарастырып, **идеал газ** деп қарастыруға болады. Жылулық тепе-теңдік кезде идеал газдың молекулаларының қозғалыстары барлық бағыттарда бірдей болады, ал жылдамдықтары Максвелльдің үлестірілуіне бағынады.

Идеал газдың молекулаларының тек кинетикалық энергиясының болуы себепті газдың *ішкі энергиясы* оның жайғасқан (алып жатқан) көлеміне тәуелді болмайды (Джоуль заңы). Молекулалық-кинетикалық теория газдың өзін қоршаған қабырғаға



Газға қанишалықты қысым түсірілсе, ол соншалықты аз көлем алады, $pV = \text{const}$ (pV шамасы тұрақты) болады. Газдың берілген массасының көлемі тұрақты қысым кезінде және газдың берілген массасының қысымы тұрақты көлем кезінде температураға байланысты сызықтық қатынаспен артатын болады.

түсіретін қысымын молекулалардың орташа соққыларының (бетке уақыт бойынша есептелген) әсерлері ретінде қарастырылады. Газдың 1 мольне арналған теңдеу: $p = \frac{V}{V_\mu} RT$ – Клапейрон теңдеуі деп аталған, мұндағы $R = kN$ – амбебап газ тұрақтысы ($N - 1$ мольдегі молекула саны), V_μ – 1 мольге тиесілі көлем. Клапейрон теңдеуінен температура (T) мен қысым (p) бірдей болған кезде идеал газдың 1 моль мөлшерінде алынған кез келген газдардың көлемдері тең болады және осындай газдардың бірлік көлемдеріндегі молекулалардың сандарының да тең болатыны байқалады (Авогадро заңы). Газдың Температурасы (T) мен қысымы (p) жылулық тепе-теңдікте болатын жағдайда оның бүкіл көлемі бойынша температура (T) мен қысым (p) бірдей, молекулалар ретсіз қозғалыста болады, реттелген ағындар болмайды. Газда температура (T) мен қысым (p) төмендеулерінде (градиентерінде) тепе-теңдіктің бұзылуына және градиенттің бағытында энергияның, массаның немесе басқадай шамалардан тасымалдануына әкеп соқтырады.

Молекулалық-кинетикалық теория газдың кинетикалық қасиеттерін – жылуөткізгіштікті, диффузияны, тұтқырлықты ортақ көзқараспен қарастырады: **диффузияны** молекулалардың массаны тасуы ретінде, жылуөткізгіштікті олардың энергия тасуы ретінде, **тұтқырлықты қозғалыс мөлшерін тасушы** ретінде түсіндіреді. Идеал газ моделі тасымалдау құбылысын талдау үшін жарамсыз, оның себебі қарастырылған үрдістерде (процестерде) молекулалардың соқтығысулары және сызықтық өлшемдер маңызды болса, идеал газдар үшін әлгілер тек молекулалардың соқтығысу сәттерінде ғана әсерлеседі. Молекулалардың орташа **еркін жол ұзындығы** тасымалдау үрдісіне әсерін тигізеді.

Тығыздық артқан кезде газдың қасиеттері өзгереді – олар идеал газ болудан қалады. Клапейронның теңдеуі, яғни күйлер теңдеуі қолданылмайтын болады. Оның себебі газ молекулаларының орташа арақашықтықтары молекулааралық өзараәсерлесу радиусымен теңеседі. Нақты газдардың термодинамикалық қасиеттерін сипаттау үшін күйлердің әртүрлі теңдеулері пайдаланылады. Нақты газдың идеал газдан негізгі айырмашылығын сапалы түрде дұрыс сипаттайтын

теңдеуге, бір жағынан, молекулалар арасындағы тартылыс күштерін (бұлардың әсері газдың қысымын азайтады), екінші жағынан, газдың шексіз сығылуына кедергі келтіретін тебу күштерін кемітуге әкелетін күштерді есепке алатын *Ван-дер-Ваальс теңдеуін* мысалға келтіруге болады.

Теориялық тұрғыда мүмкіндігінше жақсы негізделген (кризистік нүктеден алыс күйге арналған) күйдің вириал теңдеуіне $pV=RT(1+B/V+C/V^2+\dots)$ теңдеуі жатады, мұндағы B , C т.б. коэффициенттер молекулалар жұбының (B), үш молекуланың (C) т.б. жоғары реттік соқтығысулары бойынша анықталады. Вириалды коэффициенттер тек температураның (T) функциялары болады. Нақты газдың ішкі энергиясы көлемге (V) (молекулалар арасындағы арақашықтыққа тәуелді) тәуелді, оның себебі молекулалардың потенциалдық энергиясы олардың өзара орналасуларымен анықталады. Нақты газдың температурасының (T) өзгеруі, газ кеуек аралықтан (қабырғадан) баяу тұрақты жылдамдықпен өткен кезде [осы үрдіс **дросселдеу** деп аталған] өткен кездегі молекулааралық өзараәсерлесумен байланысты. Газ температурасының өзгеруі кезіндегі өлшеуіші **Джоуль-Томсон коэффициенті** болады. Газ молекулаларының ішкі құрылымы олардың термиялық қасиеттеріне – қысымға, температураға, тығыздыққа және осы шамалар арасындағы байланысқа әлсіз әсер етеді, олардың молекулалық массалары маңызды болады. Керісінше, газдың *калориялық* қасиеттері (жылусыйымдылық, *энтропия*, т.б.) осылармен қатар оның электрлік және магниттік қасиеттері молекулалардың ішкі құралымына едәуір тәуелді болады.

Газдың электрлік қасиеті бірінші кезекте молекулалардың немесе атомдардың иондалу мүмкіндігімен, яғни газда **электрлік зарядталған бөлшектердің** пайда болуымен байланысты. Зарядталған бөлшектері (иондары және электрондары) жоқ газ жақсы диэлектриктер болып табылады. Зарядтардың шоғырлануының артуы газдың электрөткізгіштігін жақсартады. Температура бірнеше мың К-ге (Кельвин температураға) артқан кезде газ ішінара ионданып *плазмаға* айналады. Магниттік қасиеттері бойынша газдар **д и а м а г н и т т і к** (бұған инертті газдар, сонымен қатар H_2N_2 , CO_2 , H_2O) және **п а р а м а г н и т т і к** (O_2) газға ажыратылған. Молекулаларының тұрақты магниттік моменті болмайтын, оны тек сыртқы өрістің ықпалымен ғана иеленетін газ-диамагнитті газ, ал молекулаларының тұрақты магниттік моменті болатын газ өзін сыртқы магниттік өрісте парамагниттік газ ретінде ұстайтын болады.

Молекулааралық өзараәсерлесуді және молекулалардың ішкі құрылымдарын есепке алу газ физикасының көптеген мәселелерін (мысалы, атмосфераның жоғарғы сиретілген қабаттарын ракеталар мен Жер серіктерінің қозғалыстарына

ықпалын зерттеу кезінде) шешу кезінде қажет болады.

Қазіргі кездегі газ физикасында газ деп тек заттардың бір агрегаттық күйі ғана аталмайды, сонымен қатар, мысалы, металдағы **еркін электрондардың** жиынтығы да (**электрондық газ**), кристалдардағы немесе сұйық гелийдегі (фонондық газ) газ деп аталады. *Қарапайым бөлшектер және квазибөлшектер* газдары кванттық статистикада қарастырылады.

Айныған газ – бөлшектерінің айырмашылықтарының болмауынан олардың біріне-бірінің кванттық-механикалық ықпалының салдарынан идеал газдың қасиеттерінен елеулі айырмашылығы болатын газ.

Идеал газ – заттардың өзін құрайтын бөлшектері өзараәсерлесу күштерімен әлсіз байланысқан және еркін қозғалатын, өзіне берілген көлемге түгелдей жайылып орналасатын агрегаттық күйі.

Нақты газ – молекулаларының арасындағы өзараәсерлесу маңызды болатын газ.

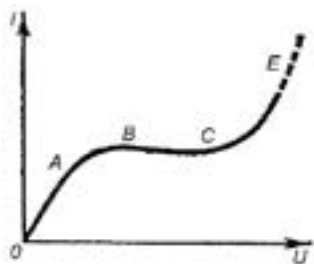
Сирегілген газ – атмосфералық қысымнан төменгі қысымдағы газ.

Фонондық газ – қатты денедегі, сондай-ақ сұйық гелийдегі фонондардың жиынтығы.

Электрондық газ – металдағы еркін электрондардың жиынтығы.

ГАЗДАРДАҒЫ ЭЛЕКТР РАЗРЯДТАРЫ, газдық разрядтар – электр тогының газ күйін өзгерте отырып осы газды орта арқылы өтуі. Газдың бастапқы күйін анықтайтын шарттардың көптігі (құрамы, қысымы т.б.), газға, материалдарға, электродтардың пішіні мен орналасуына, газда пайда болатын *электр өрісінің* сырт көрінісіне сыртқы ықпалдар газдардағы электр разрядтарының түрлерінің көп болуына әкеп соқтырады, сонымен қатар олардың заңдары электр тогының металдардан және электролиттен өтуі кезіндегі заңдармен салыстырғанда күрделі болады. Газдардағы электр разрядтары сырттан аз потенциалдар айырымы түсірілгенде ғана *Ом заңына* бағынады, сондықтан электр разрядтарының қасиеттері *вольт-амперлік сипаттамалар* бойынша айғақталады.

Газда металл мен сұйықтағыдай **еркін зарядтар** (электрондар мен иондар) болмайды. Газдар негізінен, бейтарап атомдар мен молекулалардан құралғандықтан, олар қалыпты жағдайда электр тогын өткізбейтін *диэлектриктер* болып табылады. Сондықтан газдағы электр тогы металл өткізгіштер мен электролиттердегі токқа мүлде ұқсамайтын ерекше құбылыстар тудырады. Газдар иондалу нәтижесінде электрөткізгіштік қасиетке ие болады. Егер газдардағы электр разрядтары тек сыртқы әсерлер (сыртқы иондауыш) арқылы тудырылатын болса, ол **тәуелді разряд** деп аталады. Сыртқы иондауыш әсерін тоқтатқаннан соң да газдағы разряд жалғаса беретін болса, ол тәуелсіз **дербес разряд** делінеді.

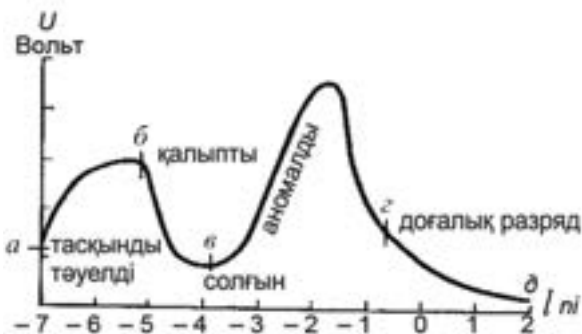


1-сызба. Тыныш разрядтың вольт-амперлік сипаттамасы

Газдағы *анод* пен *катод* арасындағы потенциалдар айырымы аз шама болған кездегі тәуелді разряд **тыныш (тынық) разряд** деп аталған. Потенциалдар айырымы (U) артқан кезде тыныш разрядтың ток күші (i) ең алдымен кернеуге пропорционал артады (1-сызбада, OA қисық сызығы), сонан соң токтың артуы баяулайды (AB қисық сызығы) және уақыт бірлігінде иондауыш әсерінен пайда болған зарядталған бөлшектердің барлығы, әлгі уақыт аралығында катод пен анодқа «сіңіп» кеткенде кернеу артқанмен ток күші артпайды (BC аралығы). Кернеу әрі қарай артқан кезде ток қайтадан артады және тыныш разряд тасқынды тәуелсіз разрядқа ауысады (CE аралығы). Газ қысымы атмосфералық қысыммен теңескен кезде тыныш разряд пайда болады. Сыртқы иондауыш ретінде радиоактивтік сәулелер, ғарыштық сәулелер, жарық, шапшаң электрондар шоқтары, т.б. пайдаланылады. Тәуелді разрядтардың дербес разрядқа ауысуы электр тогының шұғыл күшеюімен сипатталады (E нүктесі) және газдың **электрлік тесіп өтуі** деп аталады. Бұған сәйкес кернеу **оталдыру кернеуі** (U_{om}) деп аталған. Егер газдың қысымы төмен болса (бірнеше мм сынап бағанына тең) электрлік тесіп өтуден соң **солғын разряд** пайда болады.

Жоғары қысымда (мысалы, атмосфералық қысымда) газдағы электр разрядының тасқынды күшеюі **кеңістіктік зарядтың** пайда болуына әкеп соқтырады, бұл тесіп өту үрдісінің (процесінің) сипатын өзгертеді. Электродтар аралығында осындай бір немесе бірнеше жіңішке **өткізгіш** (плазмаға толған) **арналар** пайда болады, бұлар **стримерлер** (ағылшын сөзі) деп аталған. Стримерлердің пайда болу уақыты өте қысқа мерзімге (жуық шамамен 10^{-7} сек) тең. Қысқа мерзімді ауысу үрдісінен кейін газдың **дербес разряды тұрақты разрядқа** ауысады. Әдетте бұл разряд жабық (тұйық) оқшауланған ыдыста (әйнек немесе керамика) жүзеге асырылады.

Газдағы ток екі электродтың: теріс зарядты *катод* пен оң зарядты *анодтың* аралығында өтеді. Төменгі қысымда және аз ток күшімен (2-сызбадағы ab аралығы) өтетін газ разрядының



2-сызба. Разрядтың вольт-амперлік сипаттамасы: ab – тасқынды тәуелді; $бвг$ – солғын (қалыпты және аномалды); $гд$ – доғалық (ток ампер өлшеммен)

негізгілерінің бірі – *солғын разряд*. Солғын разрядты сипаттайтын төрт аймақ: катодтық күңгірт кеңістік, солғын (немесе теріс) жарқыл, фарадейлік күңгірт кеңістік, оң баған. Осылардың алғашқы үш аймағы катодқа жақын орналасып, разрядтың катодтық бөлігін құрайды, бұл аймақтарда кенеттен потенциалдар түсуі (катодтық түсу) байқалады.

Разрядтауыш ток артқан кезде қалыпты солғын разряд аномальды (ауытқыған) болады да оң бағанға топтала бастайды. Баған ыдыстың қабырғасынан ажырайтын болады, онда зарядталған бөлшектердің қосымша шығындалу үрдісі басталады (көлемдегі *рекомбинация*). Бұл құбылыстың тууына зарядталған бөлшектердің тығыздығының артуы себеп болады. Разрядтауыш ток арта түскенде катодтағы ток **катодтық даққа** топталады және катодтық потенциал шұғыл түрде төмендейді де солғын разряд *доғалық разрядқа* секірісті түрде ауысады. Бағанның электрөткізгіштігі жоғарылайды, *вольт-амперлік сипаттама* төмендейді (g нүктесі). **Доғалық разряд** газдың кең алқапты қысымында «оталғанымен» қолданыста атмосфералық қысымда жүзеге асырылады.

Жоғарыда қарастырылған газдардағы электр разрядтары тұрақты токтың әсерлерінен жүзеге асырылған. Газ разрядтары айнымалы электр кернеуінің әсерімен де жүзеге асады. Бұл разрядтардың тұрақты сипаты болуы үшін айнымалы кернеудің жиілігі жеткілікті жоғары болуы тиіс (немесе керісінше, айнымалы кернеудің жарты периоды разрядтың пайда болуынан қаншалықты артық болса, айнымалы кернеудің жиілігі соншалықты төмен болады, әрбір электродтың алма-кезек катод және анод болуы қажет. Бұл разрядқа **жоғары жиілікті разряд** мысал бола алады. Жоғары жиілікті разряд электродтар жоқ болса да «оталатын» болады. Бұл **электродсыз разряд** деп аталған. Айнымалы электр өрісі белгілі көлемде *плазма* тудырады және зарядталған бөлшектердің диффузия мен рекомбинация салдарынан шығындаған энергиясының орнын толтыру мақсатында, электродтардың иондауға жұмсаған энергиясы үшін, оларға энергия береді. Жоғары жиілікті разрядтардың сыртқы пішіні мен сипаттамасы газдың тегіне, оның қысымына, айнымалы өрістің жиілігіне және әсер етуші қуатқа тәуелді болады. Тұрақты **жоғары жиілікті разрядтың бағаны солғын разрядтың бағанына ұқсас**.

Негізгі сипаттамалары уақытқа тәуелді болмайтын орныққан разрядтан өзге орнықпаған электрлік разрядтар да болады. Олар әдетте күшті біртекті өрістерде, мысалы, ұштары үшкірленген өткізгіштер мен электродтарда пайда болады. Әлгіндей денелердің төңірегінде өрістің кернеулігінің шамасы және оның біртектілігі соншалықты үлкен болғандықтан газ молекулалары электрондардың соққысынан иондалады. Орнықпаған разрядтың маңыздылары – **тәж разряды** мен **ұшқындық разряд**.

Тәж разряды кезіндегі иондалу **тесіп өтуге жол бермейді**, себебі электр өрісінің күшті біртексіздігі өткізгіш пен үшкірленген ұштыққа жақын орналасады. Тәж разряды көптеген рет қайталанбалы оталу болып табылады. **Ұшқындық разрядтың тәж разрядынан айырмашылығы** сол, ол **тесіп өтуге әкеп соқтырады**. Бұл разряд үзік-үзік жарық иір-иір (зигзак) тарамдалған иондалған газ толған жіп секілді арналарға ұқсас түрде болады. Ұшқындық разряд кезінде көп мөлшерлі жылу бөлінеді және өте күшті жарқырайтын болады.

Ұшқындық разрядқа ұзындығы бірнеше километрге созылатын, ток күші бірнеше жүздеген А болатын *найзағай* табиғи мысал болады. Газдардағы электр разрядтарының барлық түрлері зерттелуде және **газ лазерлерін** қоздыру кезінде пайдаланылады. Доғалық немесе жоғары жиілікті разрядтар *плазматрондардың* негізгі жұмыстық үрдістерінің (процестерінің) ең бастысы болып табылады. Ұшқындық разрядтар электрлік-ұшқындық өңдеулердің өте дәл әдістерінің негізіне алынған. Лазерлік жарық сәулені фокустау кезінде ауаны тесіп өту және электродсыз разрядталу (жоғары жиілікті разрядқа және ұшқынға ұқсас) пайда болады. Сутегіндегі қуатты күшті тоқты разрядтар *басқарылмалы термоядролық синтезге* бағытталған алғашқы кадамдар болды.

Газдардағы электр разрядтарын зерттеу **плазма физикасында** ерекше орын алған. Осы электр разряды кезінде **төменгі температуралы плазма** пайда болады, бұл плазманың иондалу дәрежесі аз. Осы плазманың жоғары температуралы (түгелдей иондалған) плазмадан айырмашылығы сол, төменгі температуралы плазмадағы бейтарап газдың атомдарының немесе молекулаларының маңызы зор. Бейтарап бөлшектердің электрондары, иондары (сол сәтте) өзара «жұмсақ» әсерлесе алады. Осының нәтижесінде термодинамикалық тепе-теңсіздік жайттың тууы мүмкін, сол кезде электрондардың, иондардың және бейтарап газдың температуралары әртүрлі болады.

ГАЗДАРДЫҢ КИНЕТИКАЛЫҚ ТЕОРИЯСЫ – теориялық физиканың газдардың молекулалық құрылысының және молекулалар арасындағы өзара әсерлесудің белгілі заңы туралы түсініктер негізінде газдардың қасиеттерін статистикалық әдістермен зерттейтін саласы. Әдетте газдардың кинетикалық теориясына газдардың тек тепе-теңсіздік қасиеттерінің теориясы ғана жатады, газдардың тепе-теңдік қасиеттерінің теориясы тепе-теңдік жүйелердің статистикалық физикасы аймағына тиесілі. Газдардың кинетикалық теориясының қолданылуының негізгі нысаны (объектісі) – газдар, газ қоспалары және *плазма*, бірақ та плазма теориялық физиканың дербес аймағына бөлініп шыққан. Газдың қалыпты жағдайдағы тығыздығы сұйықтың тығыздығынан мың еседей кем.

Сондықтан газ молекулаларының бір-бірінен қашықтығы олардың өздерінің өлшемдерінен ондаған есе үлкен. Сол себепті газды бір-бірінен алыс орналасқан молекулалардың жиыны деп есептеуге болады. Молекулалардың өзараәсерлесу күші (бір-бірімен соқтығысқан кездегіден басқа уақытта) өте аз болғандықтан, оны ескермеуге де болады. Молекулалары еркін және ретсіз қозғалатын, әрі өзараәсерлеспейтін *материалдық нүктелер* ретінде қарастырылатын газ – *идеал газ* деп аталады. Жылулық тепе-теңдік күйінде және бөгде күш әсер етпеген жағдайда, идеал газ молекулаларының кез келген бағыттағы қозғалу ықтималдығы бірдей. Мұндай газ молекулаларының жылдамдықтары **Максвеллдік үлестірілу** заңымен анықталады. Бұл заң бойынша әр молекуланьң ілгерілемелі қозғалысының кинетикалық энергиясы $\mathcal{E} = 1/2mv^2 = 3/2kT$, мұндағы m – молекуланьң массасы, v – оның орташа жылдамдығы, k – Больцман тұрақтысы, T – абсолют температура. Идеал газ молекулаларының тек кинетикалық энергиясы ғана болатындықтан, мұндай газдардың *ішкі энергиясы* абсолют температураға тура пропорционал болады. Бұл қатынастан температура молекулалардың кинетикалық энергиясының мөлшері ретінде анықталады. Газдардың кинетикалық теориясы бойынша оның өзі тұрған ыдыс қабырғасына түсіретін қысымы ретінде, ыдыстың бірлік ауданына уақыт бірлігі ішінде соқтығысқан молекулалардың беретін қозғалыс мөлшерінің орташа мәні алынады. Идеал газдың қысымы: $p = nkT$, мұндағы n – көлем бірлігіндегі молекулалар саны. Газдың бір грамм-молекуласы (құрамында Авогадро санына тең $N_A = 6,022045(31) \cdot 10^{23}$ молекула бар) үшін мына теңдеу: $pV = RT$ идеал газ күйінің негізгі теңдеуі немесе *Клапейрон теңдеуі* деп аталады. Мұндағы $V = N/n$ бір моль газдың көлемі, $R = k \cdot N$ – эмбебап газ тұрақтысы. Бұл байланыс газдардың кинетикалық теориясы тұжырымдалмай тұрып эмпирикалық жолмен анықталған. Молекулалардың өзараәсерлесуі ескерілетін нақты газдар үшін *Ван-дер-Ваальс теңдеуі* тура. Газ көлеміндегі әртүрлі нүктелер арасында температураның немесе қысымның айырымы (градиенті) байқалса, газдың тепе-теңдік күйі бұзылады. Бұл жағдайда физикалық шама градиентінің бағытымен масса, энергия немесе қозғалыс мөлшері тасымалданады. Бұл үрдіс (процесс) физикалық шаманың мәні бүкіл газ көлемінде теңескенге дейін өтеді. Газдардың кинетикалық теориясы бойынша диффузия құбылысы кезінде масса, жылуөткізгіштік үрдісінде энергия, ал тұтқырлық нәтижесінде қозғалыс мөлшері тасымалданады. Тасымалдау үрдістері молекулалардың еркін жолының ұзындығына (λ) тығыз байланысты. Газ көлемінің өлшемі λ -дан үлкен болса, газдың тұтқырлығы мен жылуөткізгіштігі қысымға тәуелсіз болады. Керісінше, λ көлем өлшемінен үлкен болса (сиретілген газ), газдың жылу өткізгіштігі мен тұтқырлығы қысым төмендеген сайын кемиді.

Заттың ерекше күйі болып саналатын плазманың қасиеттері өзіне тән кинетикалық теңдеулер арқылы сипатталады. Бұл теңдеулерде кванттық эффектiлер ескерiлген.

ГАЗ ДИНАМИКАСЫ – *гидроаэромеханиканың* сығылмалы тұтас ортаның (газдың, плазманың) қозғалысын және олардың қатты денелермен өзараәсерлесуін зерттейтін саласы. Физиканың саласы ретінде термодинамикамен және акустикамен байланысты. Сығылатын ортаның қысымдар айырымының әсерінен немесе температура өзгерісінің нәтижесінде өздерінің бастапқы көлемдерін өзгерту қасиеттері сығылмалық қасиет болып табылады. Ортаның өте шапшаң жылдамдығы кезінде сығылмалылықтың маңызы арта түседі. Дыбыстың ауада таралу жылдамдығына қарайлас жылдамдық кезінде ортада үлкен қысым айырмашылығы мен температура өзгерісі арта түседі. Қазіргі кездегі газ динамикасы химиялық (диссоциация, жану, басқадай химиялық реакциялар) және физикалық (иондану, сәулелену) үрдістермен (процестермен) қабаттаса өтетін өте жоғары жылдамдықтардағы газ ағымдарын зерттейді. Магниттік газ динамикасы электрөткізгіштік газдар қатысатын магниттік және электрлік өрістерді зерттейді.

Үлкен жылдамдықтарда газдың кинетикалық энергиясы оның ішкі жылу энергиясымен шамалас немесе одан жоғары болады. Сондықтан жылдамдықтың шамалы өзгерісі кезінде газдың температурасы мен қысымы күрт жоғарылайтын болады. Газ динамикасы аэродинамиканың дамуына, оның зерттеу нысандарының көбеюіне байланысты туған ғылым болғандықтан, оны кейде аэрогаздинамика деп те атайды.

Қозғалыстағы сығылғыш газдарға механика мен термодинамиканың негізгі заңдарын қолдану газ динамикасының теориялық негізін құрайды. Бұл саладағы көптеген мәселелерде газдарды *идеал газ* деп қарастырып, олардың тұтқырлығы мен жылуөткізгіштігі ескерілмейді. Мұндай жағдайда газ динамикасының негізгі теңдеулері ретінде салмақсыз идеал сұйықтың гидромеханикалық теңдеулері (үш теңдеу) мен үздіксіздік теңдеуі, газдағы жылуалмасу үрдісін (процесін) сипаттайтын термодинамикалық теңдеу және газ күйінің 6 теңдеуі белгісіз 6 функцияны (газ жылдамдығының 3 құраушысы, оның қысымы, тығыздығы және температурасының әр нүктедегі мәнін) анықтауға мүмкіндік береді.

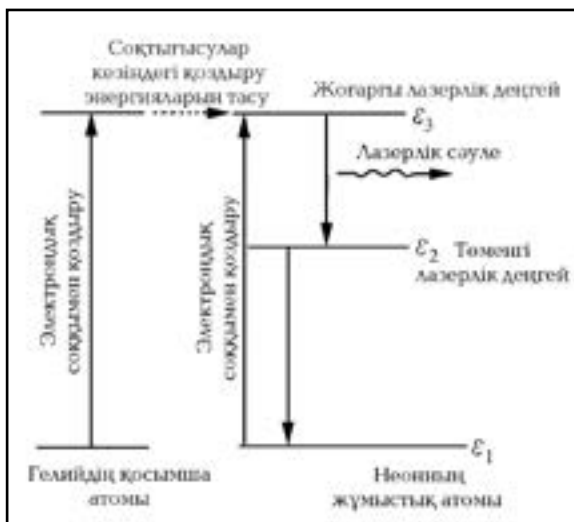
Газ динамикасының қолданыспен тікелей байланысты бөлігінің бірі – құбырлар мен арналардағы, оның ішінде реактивтік қозғалтқыштар мен *аэродинамикалық құбырлардың* соплаларындағы газ ағысын зерттеу. Мұндай қондырғылардағы, әсіресе компрессорлар мен газ турбиналарындағы, газ параметрлері қондырғы арналарының көлденең қимасы тұрақты деп қарастырылады. Газ динамикасының көптеген мәселелері газдың қатты дене бетін орағытып ағып өту құбылысына бай-

ланысты зерттеледі. Жұқа денелер бетін орағытып ағып өткен газ ағыны сәл ғана өзгеріске ұшырайды. Газ динамикасы мәселелерінің басқа бір бағыты – газдың бір өлшемді, орнықпаған қозғалысын зерттеу. Бұған ішкі баллистика, қопарылыс және детонациялық толқындардың әсері мен таралу мәселелері жатады.

Газ динамикасындағы көптеген мәселелерді дәл шешу өте күрделі болғандықтан, олар ғылыми-тәжірибелік тәсілдермен зерттеледі. Әсіресе ұшақтар мен реактивтік қозғалтқыштардағы, олардың бөліктеріндегі газ параметрлері тәжірибелік тәсілмен анықталады.

ГАЗДЫҚ ЛАЗЕР – газтәрізді *активті орта* газ пайдаланылған оптикалық кванттық генератор. Сыртқы көз (толтыру) энергиясының есебінен энергияның

қоныстану инверсиялы екі деңгейлі (лазерлік жоғарғы және төменгі) күйі тудырылған газ оптикалық резонаторға орналастырылады немесе ол арқылы айдалады. Резонаторда жоғарғы лазерлік деңгейде қоздырылған газ бөлшектері төменгі деңгейге еріксіз ауысулар нәтижесінде өтулері кезінде сәуле шығарады (таратады). Электрмагниттік сәуленің бір бөлігі резонатордан сыртқа шығарылады.



Жоғарғы лазерлік деңгейлердің «өмір сүру» уақыты аз болатын жағдайларда күшейту коэффициенті

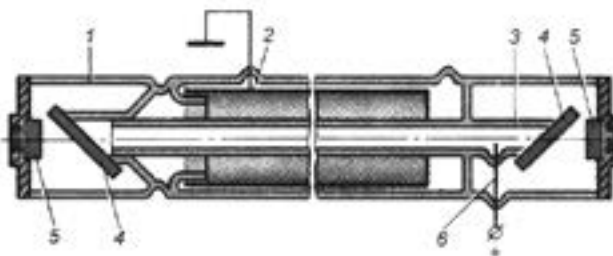
1-сызба. Гелий-неонды лазерлерде пайдаланылатын неон мен гелий атомдарының жұмыстық энергиялар деңгейлерінің сұлбасы.

үлкен болса, еріксіз сәуле емес, күшейтілген өз еркімен шығатын сәуле (суперлюминесценциялы газдық лазер немесе ультракүлгін диапазонға тән сипатты асқынжарқылды газдық лазер сәулесі) таратылады.

Газдық лазерлердің *конденсацияланған орталы* (яғни сұйық және қатты орталы) лазерлерден айырмашылығы олардың орталары біртекті болады. Сондықтан газдағы жарық сәуле аз бұрмаланады және аз шашырайды. Осының нәтижесінде газдық лазердің сәулесінің бағыттылығы **жарықтың дифракциялық** шегінің мүмкіндігі бойынша өте жоғары болады.

Ең алғашқы газдық (гелий-неонды) лазерді 1961 жылы американ физигі Али Джаван (1926–?) жасаған. Бұл лазердің жұмыстық заты бейтарап неонның (Ne) атомы болған. Бейтарап газдық лазермен салыстырғанда **иондық лазердің** шығу

қуаты үлкен. Иондалған газдардан лазерлік сәуле шығаруды 1964 жылы американ физигі У.Б.Бриджес жүзеге асырған. Осы лазердегі энергиялар деңгейлері арасындағы толымдылық инверсиясы электрлік разрядтағы атомаралық иондар арқылы жүзеге асырылады. Иондық



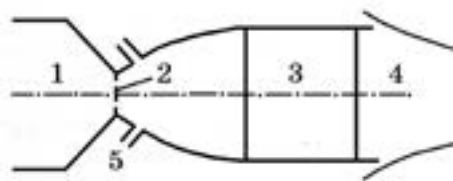
2-сызба. Гелий-неонды лазердің сұлбасы: 1 – разрядтық түтік; 2 – катод; 3 – капилляр; 4 – Брюстер терезесі; 5 – айна; 6 – анод.

газдық лазерлер физикалық зерттеулерде, Жердің жасанды серіктерінде оптикалық байланыс пен локация мақсатында, технологияларда, фотобиологияда және фотохимияда қолданылады.

Металдардың (атомдары мен иондарының) буларына негізделген газдық лазерлер ерекше топ құрады. Пайдалы әсер коэффициенті жоғары болуы үшін төменгі лазерлік деңгейдің босатылуы өздігінен өтетін ауысулардың есебінен емес, атомдар мен молекулалардың соқтығысу нәтижесінде жүзеге асады (соқтығысуық газдық лазерлер). Кейбір металдардың атомдары осы мақсат үшін қолайлы жағдайда болады.

Молекулалық газдық лазерлер барынша **қуатты лазерлер** болып есептеледі. Атомның немесе ионның қоздырылған бірінші деңгейінің энергиясы әдетте иондалудың $\frac{1}{2}$ энергиясына (бірнеше эВ) тең, өзге деңгейлері иондалу шегінде ұйысып жоғары орналасатын болады. Сондықтан қоздырылудың көпшілік үрдістері (процестері) талғамсыз болады: бірізгіде көп деңгей қоздырылады. Осының нәтижесінде кванттық шығу мен пайдалы әсер коэффициенті онша үлкен болмайды.

Молекулалардың атомдардан өзгешелігі электрондық деңгейлерден өзге энергияның тербемелі және айналмалы **энергиялық деңгейлері** болады. Төменгі тербелмелі деңгейлердің аралығы көп жағдайда аз ($10^{-1} - 10^{-2}$ эВ), сол себепті электрондарға тиіспей тек молекулалардың тербелістерін ғана қоздыруға болады. Көптеген молекуланың тербелмелі деңгейлерінің бірнеше типі болады. Бірдей типті деңгейлердің арасындағы сәуле шығару ауысулары 1-ге жуық кванттық шығу береді. Осының пайдалы әсер коэффициенті $\sim 20-25\%$ -ке жетеді.



Газдинамикалық лазердің сұлбасы: 1 – алдыңғы камера; 2 – соплоның кризистік қимасы; 3 – оптикалық резонатор; 4 – диффузор; 5 – газ жолы.

ГАЗДИНАМИКАЛЫҚ ЛАЗЕР – асқындыбыстық жылдамдықпен қозғалатын қыздырылған газ массасын адиабаттық салқындату тәсілімен газ молекулалары энергиясының тербелмелі деңгейлерінің жүйесінде толымдылық инверсиясы жасалатын газдық лазер.

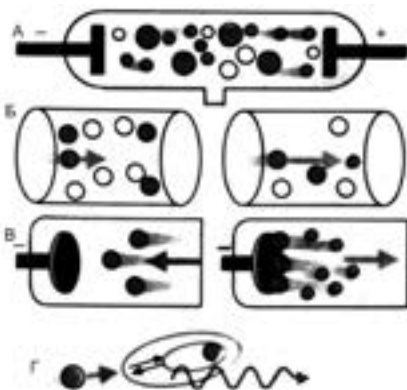
ГАЗРАЗРЯДТЫҚ ИНДИКАТОРЛАР (латынша «индикатор – көрсеткіш») – ақпараттары қайталап көрсетуге арналған газразрядтық аспаптар; аспаптардың ақпараттарды бейнелеуінің бір түрі. Газразрядты индикаторларда әдетте *солғын разрядтың катодтық аймағының* немесе *оң бағанының сәулесі* пайдаланылады, осыған байланысты бұл индикаторлар – солғын разрядтық индикаторлар деп те аталады. Солғын разрядты пайдалану салқын қыздырылмайтын катодты газразрядты индикаторлар жасауға, талап етілетін пішінді бірқалыпты жарқырайтын бетті жүзеге асыруға мүмкіндік береді, аз меншікті қуатта ($\sim 10^{-2}$ Вт/см²) жұмыс істейді, көбінесе неондары (Ne) инертті газдар негізді қоспалармен толтырылады (ашық-сырғыш түспен жарқырайды).

Газразрядтық индикаторлардың жұмысы электр тогының газ арқылы өтуі кезінде пайда болатын **оптикалық сәулеге** (жарқырауға) негізделген. Газ разрядының жарқырауы электрондардың соққысынан атомдардың қоздырылуына, соңынан әлгі атомдардың **жарық кванты** түрінде энергия шығарып қалыпты (қоздырылмаған) күйге қайтып оралуына немесе оң иондардың электрондармен *рекомбинациялануы* нәтижесінде де оптикалық сәуле түрінде артық энергия шығарумен байланысты жүзеге асырылады. Газразрядтық индикаторлардағы газ разрядымен қабаттасып шығатын **көрінетін сәуле**, сонымен қатар **ультрақүлгін сәуле** спектрінің аймағында жатуы мүмкін. Соңғы жағдайдағы ультрақүлгін сәуле **көрінбейтін сәулені көрінетін сәулеге түрлендіру үшін фотолюминофорлар** пайдаланылады.

ГАЗ РАЗРЯДТЫ ШАМ – электр тогының газ немесе басқа зат буы арқылы өту кезінде жарық шығару құбылысына негізделген жарық көзі.

ГАЗ РАЗРЯДЫ – электр өрісінің ықпалымен электр тогының газ немесе металдар буы арқылы өтуі. Газ разрядының пішіндері мен

Газразрядты шам газ атомдарындағы энергетикалық өзгерістер есебінен жарық шығарады (А). Анод пен катод сәйкес түрде электрондар мен оң иондарды өздеріне тартады. Қысымның кемуі (Б) осы үрдісті (процесті) үдетеді. Иондар катодқа (В) соқтығысып, одан электрондарды жұлып шығарады, бұлар (электрондар) анодқа қарай ұшиатын болады, жол-жөнекей газ атомдарымен соқтығысады. Атомдар энергия жұтып, сәлден соң әлгі энергияны жарық түрінде шығаратын болады (Г).



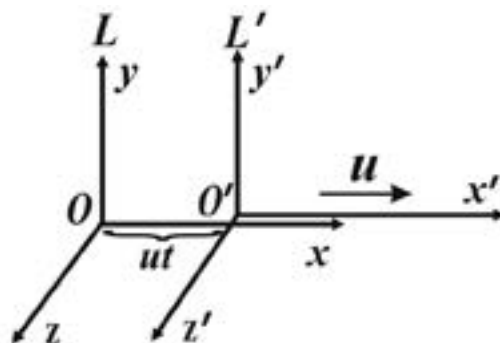
параметрлері әрқилы. Олар газдың құрамы мен қысымына, разрядтық аралықтың геометриялық сипаттамаларына, түсірілетін (яғни ықпал ететін) кернеу шамалары мен жиіліктеріне тәуелді. Толығырақ *газдардағы электр разрядтары* деген мақаладан таныса аласыз.

ГАЗ ТҰРАҚТЫСЫ (R) – 1 моль идеал газ күйінің теңдеуіне енетін әмбебап физикалық тұрақты шама: $pv=RT$, мұндағы p – қысым, v – моль көлемі, T – абсолюттік температура, Газ тұрақтысының физикалық мағынасы – тұрақты қысым түсіп тұрған 1 моль идеал газдың 1 К температураға қыздырылуы кезінде көлемді ұлғайту жұмысына тең. Екінші жағынан газ тұрақтысы – тұрақты қысым және тұрақты көлем кезіндегі молярлық жылусыйымдылықтың айырымы: $c_p - c_v = R$ (асасиретілген газдар үшін). Газ тұрақтысының Халықаралық бірліктер жүйесіндегі сан мәндері: 8,31441 (26) Дж/моль·К). Өзге бірліктерде $R=8,314 \cdot 10^{-7}$ эрг/(моль·К)=1,9872 кал/(моль·К)=82,057 см³·атм/(моль·К).

ГАЛ (гал, Gal) – бірліктердің СГС жүйесіндегі үдеудің өлшеу бірлігі. Ол гравиметрияда қолданылады. Гал атауы Галилео **Галилейдің** (1564 – 1642) құрметіне аталған. 1 гал = 1 см/сек². Галдың үлестік бірлігі миллигал (1 мгал = 10⁻⁵ гал = 10⁻⁵ м/сек²) да қолданылады.

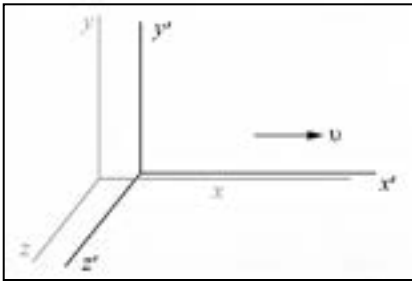
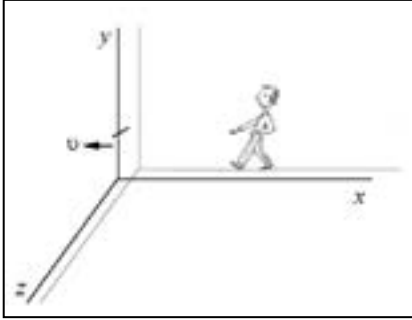
ГАЛИЛЕЙДІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫҚ ПРИНЦИПІ – классикалық механикадағы *инерциялық санақ жүйелері* заңдарының барлық инерциялық санақ жүйесінде бірдей болатыны туралы физикалық теңдік принципі. Осы принцип бойынша кез келген инерциялық санақ жүйесінің тыныштықта немесе бірқалыпты және түзу сызықты қозғалыста болатынын ешқандай механикалық тәжірибемен анықтау мүмкін емес. Осы жайтты 1636 ж. итальян физигі әрі астрономы Галилео **Галилей** (1564 – 1642) тұжырымдаған.

Материалдық нүктенің қозғалысының қалпы, жылдамдығы, траекториясының түрі салыстырмалы түрде қандай инерциялық санақ жүйесіне қатысты қарастырылатынына тәуелді болады. Солай бола тұрса да, классикалық механиканың заңдары бүкіл инерциялық санақ жүйесіне ортақ. Механикалық қозғалыстың салыстырмалылығы және әртүрлі инерциялық санақ жүйесі заңдарының бірдейлігі Галилейдің салыстырмалық



L инерциялық санақ жүйесі өзге бір L инерциялық санақ жүйесіне қатысты тұрақты U жылдамдықпен x осінің бағытымен қозғалған. Координаттар осі уақыттың бастапқы сәтінде (t=0) екі жүйедегі координаттар осі сәйкес болатындай таңдалған.

принципінің маңызы болады. Галилейдің осы принципі математикалық тұрғыда қозғалмалы нүктелер координаттарының бір инерциялық санақ жүйесінен екінші инерциялық санақ жүйесіне ауысуы кезінде механика теңдеулерінің қозғалыстағы нүкте координаттарының түрлендірулеріне қатысты механиканың теңдеулерінің *инварианттылығын* өрнектейді.



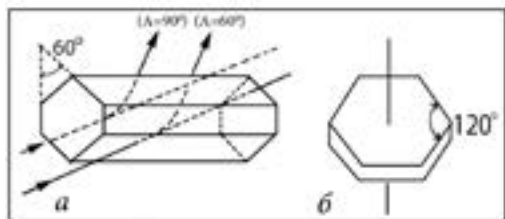
Галилей түрлендірулері

Бұл **Галилей түрлендіруі** деп аталған. Классикалық механикада материалдық нүктенің қозғалысы Ньютонның екінші заңымен анықталады: $F = ma$, мұндағы F – нүктеге әсер ететін барлық күштердің тең әсерлі күші, m – дене массасы, a – үдеу. Сонымен бірге күш (және масса) инвариантты (санақтың бір жүйесінен екінші жүйесіне ауысқанда тұрақты болады) болып табылады. Сондықтан, Галилейдің түрлендіруі кезінде $F = ma$ теңдеуі өзгермейді. Яғни, бұл **Галилейдің салыстырмалық принципінің математикалық өрнегі** болады. Галилейдің принципі жарық сәуленің таралу жылдамдығынан әлдеқайда баяу қозғалыстағы жағдайдағы денелер үшін тура болады. $v \sim c$ болған жағдайда (яғни дене қозғалысы жарық сәуленің таралу

жылдамдығына қарайлас болған жағдайда) *Лоренц түрлендіруімен* алмастырылады.

ГАЛО (грекше «галос – дөңгелек») – Күннің немесе Айдың дискісінің төңірегінде пайда болатын жарық сақина. Бұл сақина атмосферадағы **оптикалық құбылыстардың бірі**. Гало кейдешенбер, бірнеше доға немесе жарқырауық крест (айқасқан) түрінде байқалады. Халық арасында **Күн мен Айдың құлақтануы** деп аталатын құбылыс та осы галоньң бір түрі. Гало ұсақ **мұз кристалдарынан** құралған қауырсын тәрізді ақшыл түсті бұлтты немесе басқадай **бұлтты күндер мен түндерде** байқалады. Аязды күні ауада мұздың ұсақ кристалдары болса, галоньң пайда болуы әбден мүмкін. Гало **жарықтың мұз кристалдарынан өтуі кезінде сыну** және кристалдардың қырларынан шағылысу құбылыстарына ұшырауының нәтижесінде пайда болады. Жарықтың сынуы галоға сәл ғана түрлі түсті рең береді. Жарықтың шағылысуы кезінде гало

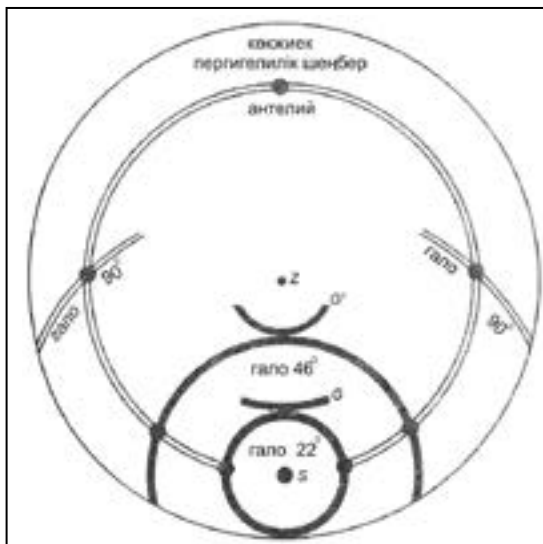




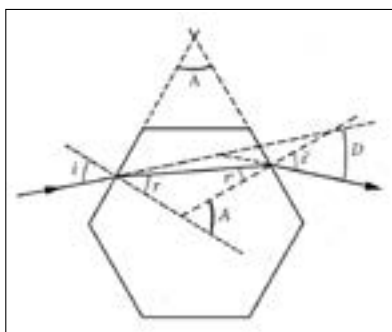
Күннің (Айдың) құлақтануы (гало) пайда болатын мұз кристалдарының түрлері: а – алты қырлы призма; б – алты қырлы пластинка

ақшыл түске енеді, осы түс Күннің (немесе Айдың) дискісінің түсімен үйлесетін болады.

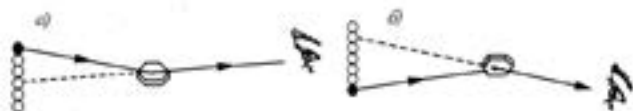
Мұздың ұсақ кристалдары көптеген бұлттарда кездеседі. Солай бола тұрса да гало сирек пайда болады. Мұның себебі – бұлттардағы мұз кристалдарының пішіндерінің – дұрыс пішіндер болмауында. Галоньң пайда болуы үшін мұз кристалдарының дұрыс пішінді болуы қажет, кристалдардың **алты қырлы призма** болуы және кейбір жағдайларда әлгі призмалардың **екі**



Аспан күмбезіндегі арқылы гало құбылыстарының орналасуы. S – Күн; Z – зенит; G және G' – сәулелік доғалардың жанамалары



Мұз кристалындағы жарық сәулеленің жолы



Жарық бағандарының пайда болуы: а – Күннің астындағы; б – Күннің үстіндегі бағандар

ұшы алтыбұрышты пластинкалы болуы шарт. Галоньң симметриялы болып көрінуі мұз кристалдарының дұрыс пішінді болуына тәуелді.

Гало мен кемпірқосақтың пайда болуы табиғаты жөнінен бір-біріне «туыстас». Кемпірқосақтың жарық сәулесінің жаңбыр тамшыларынан сыну және **шашыратылу құбылыстарына ұшырауы** нәтижесінде пайда болса, галоньң пайда болуы **жарықтың бұлттағы мұз кристалдарынан сынуы мен шағылысуына** байланысты туады. Бақылаушы **кемпірқосақты Күнге**



Көлденең (көкжиектік) шеңбер тудыратын кристалдар пішіні.

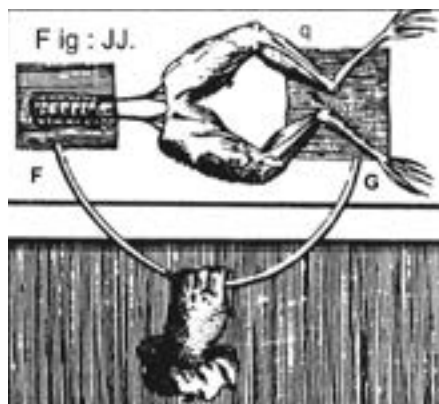
қарама-қарсы жақтан байқайтын болса, **гало сақиналары Күннің дискісінің төңірегінен көрінеді.**

ГАЛЬВАНИЛІК БАЙЛАНЫС – элементтер зарядтарының электр тізбектерінде бір элементтен екінші элементке тікелей «ағуын» қамтамасыз ететін электрлік қосу. Сыйымдылықтың байланыстан немесе индуктивтік байланыстан айырмашылығы бұл байланыс өте төменгі жиіліктердегі, тіптен нөлдік жиілікке дейінгі (тұрақты тоқты) байланысты қамтамасыз етеді.

ГАЛЬВАНИМАГНИТТІК ҚҰБЫЛЫСТАР – электр тогы өтіп тұрған қатты өткізгіштердің электрлік (гальванилік) қасиеттеріне магнит өрісінің әсер етуіне байланысты туындайтын құбылыстардың жиынтығы. Олардың арасындағы ең маңыздыларының бірі магнит өрісі (H) токқа (J) (J – токтың тығыздығы) перпендикуляр болатын көлденең гальванимагниттік құбылыс. Бұл құбылысқа өріске (H) және токқа (J) перпендикуляр бағытта потенциалдар айырымы (Холл электрқозғаушы күші) туатын – *Холл эффектiсi* және өрістегі (H) өткізгіштің электрлік кедергісі ρ өзгеретін көлденең *магнитрезистік эффект* жатады. Бойлық гальванимагниттік құбылысқа өрістегі $H||J$ кедергінің аздаған өзгерісі $\Delta\rho_{||}$ жатады. Жұқа пленкалардағы және өткізгіштердегі $(\Delta\rho/\rho_0)\perp$ және $(\Delta\rho/\rho_0)||$ үлгінің өлшемдері мен пішіндеріне (өлшемдік эффектiлер) тәуелдi. Н артқанда бұл тәуелдiлік жойылады. Ферромагнетиктердегі гальванимагниттік құбылыстарда бірқатар ерекшеліктер бар, оларда магнит өрісі жоқ кезде өздігінен магниттелу құбылысы байқалады.

Гальванимагниттік құбылыстардың негізгі себебі – магнит өрісіндегі заряд тасушылардың – **өткізгіштік электрондардың және кемтіктердің** траекторияларының қисық сызықты болуы (**Лоренц күші**). Заряд тасушылардың траекториялары магнит өрісіндегі – **еркін электрондардың** траекторияларынан **магниттік күшсызықтарына** оралған шеңбер спиралдардан едәуір өзгеше болады. Әртүрлі өткізгіштердің заряд тасушыларының траекторияларының әрқилы болуы гальванимагниттік құбылыстардың әралуан түрлі болуына себепші болған.

ГАЛЬВАНИ ЭЛЕМЕНТІ – тотықтандыру-тотықсыздандыру реакциялары есебінен химиялық энергияны электр энергиясына тікелей түрлендіретін құрылғы; токтың химиялық көзі. 1786 жылы итальян физигі



Луиджи Гальванидің тәжірибесі: «жануар электрі».

әрі физиологы **Гальвани** (1737 – 1798) «жануарлар электрі» деп атаған «құбылысты» ашқан болатын. Ол осы «жаңалығын» 1791 жылы жариялаған. Осыны естіген оның отандасы Александр **Вольта** (1745 – 1827) Гальванидің тәжірибесін қайталап оның тұжырымының жаңсақтығын ашып, электр тогының бақаның бұлшық етінің жиырылуы – **металл пластинаның электрод**, ал бақаның денесіндегі **сұйықтықтың электролит ретінде әрекет ететінін** дәлелдеген. Вольтаның осы жаңалығы 1799 жылы оның вольттік орамының жасалуына себепші болған. Бұл орамның әрқайсысы екі электродтың (мырыш пен күмісте) және теңіз суына шыланған картоннан құралған – **батарея** болған. Осы батарея дүние жүзіндегі **ең алғашқы электр батареясы** болған.

ГАЛЬВАНИ... (итальян физигі **Гальванидің** (1737 – 1798) есімі бойынша) – «гальваникалық», «гальванизм» т.б. сөздердің орнына қолданылатын күрделі сөздің бастапқы бөлігі (мыс., гальваниметр, гальванипластика).

ГАЛЬВАНИМЕТР (гальвани... + метр) – шамасы аз токтар, кернеулер және электр мөлшерлерін өлшеуге арналған сезгіштігі жоғары электрөлшеуіш аспап. Электр тізбегінде токтың немесе тізбектің кез келген екі нүктесі аралығындағы потенциалдар айырымының болатынын-болмайтынын анықтайтын нөлдік *индикатор* ретінде де қолданылады. Гальваниметрлер *тұрақты ток* және *айнымалы ток* гальваниметрі болып екіге ажыратылады. Ең алғашқы гальваниметрді 1882 жылы итальян физиктері: **Жак Д'Арсонваль** (1851 – 1940) мен **Марсель Депре** (1842 – 1918) бірлесіп жасаған, олар жасаған гальваниметр – аperiodты гальваниметр болған. Алғашқы гальваниметр магнит-электрлік жүйе принципі бойынша жасалған. Онда орам өзегіне орналасқан магниттік тіл болған. Орамда ток болмаған кезде магниттік тіл магниттік меридиан бойынша бағыттталып тұрады. Катушкадан ток өткен кезде, ол бағытын өзгертеді. Ток шамасын өлшеу тәсіліне орай гальваниметр «тілді» және айналы түрлерге ажыратылған.

ГАЛЬВАНИТЕХНИКА (итальян физигі Луиджи **Гальванидің** (1737 – 1798) құрметіне + грекше «махине – өнер, кәсіп, шеберлік») – қолданбалық электрхимияның металл және бейметалл (металл емес) бұйымдардың бетіне электролиттік тәсілмен метал қабатын (қабықшасын) жалату, шөктіру. Гальванитехника гальванистегия (гальвани және грекше «стего – қаптау») және гальванипластика (гальвано және грекше «пластикс – шаптау») деген салаларға ажыратылған. Гальванистегия – бұйымның бетіне берік ілініскен (жапсырылған) жұқа қабат қаптау, ал гальванопластика – бұйымнан оңай ажыратылатын салыстырмалы түрде әжептеуір қалыңдау әрі бұйымның дәл көшірме бейнесін (матрицасын) жасау. Гальванитехникалық үрдістер электролиттен (сәйкес металдардың немесе

олардың қоспа тұздарының балқымалары, сулы немесе сусыз ерітінділер) шығатын металдардың оң зарядын, иондарын электролит арқылы тұрақты ток жіберілгенде катодқа (катод ретіндегі бұйымға немесе матрицаға) шөктірілуі негізінде жүзеге асырылады. Гальванитехника тәсілінің гальванипластика саласын 1838 жылы орыс физигі Борис **Якоби** (1801 – 1874) ойлап тапқан.

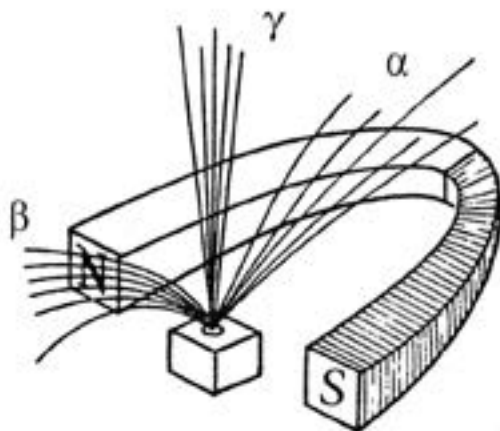
ГАММА (γ) – 1) магниттік өрістің кернеулігінің Эрстедтің жүз мыңдық үлесіне тең бірлігі: $1\gamma = 10^{-5} \text{ Э} = 7,95775 \cdot 10^{-4} \text{ А/м}$. 2) Массаның сирек қолданылатын бірлігі: $1\gamma = 10^{-9} \text{ кг} = 10^{-6} \text{ г}$.

ГАММА-КВАНТ (γ) – жоғары энергиялы *фотон* (әдетте 100 кэВ-тан жоғары). Гамма-квант *қарапайым бөлшектердің* кейбір түрлендірулерінде мысалы, атом ядроларындағы кванттық ауысулары кезінде жоғары энергиялы электрондардың тежеулік және синхротрондық сәулелерінде пайда болады.

ГАММА-ЛАЗЕР – γ -диапазондағы когерентті электрмагниттік сәуле шығару көзі. Көбінесе қысқаша түрде «гразер» немесе «газер» деп те аталады, бұл атау ағылшынша «Gamma Ray Amplification by Stimulated Emission of Radiation» («Еріксіз сәуле шығару арқылы γ -сәуле шығаруды күшейту») деген сөйлемнің бас әріптерінен қысқартылған атау. Әзірше еріксіз сәуле шығару γ -диапазонда жүзеге асырылмаған. Рентгендік және γ -диапазондарда еріксіз сәуле шығару рентгендік құрылымдық талдауда, ядролық физикада (ядролық реакциялардың өтуіне әсер ету) жаңа әдістер ашпақшы. Гамма-лазер идеясы оптикалық лазердің шығуына, *Мессбауэр эффектісінің* ашылуына байланысты пайда болған. Бұл идеяны алғаш рет 1961 жылы көтерген ғалым Л.А.**Ривлин** болды.

ГАММА-СӘУЛЕ – қысқа толқынды электрмагниттік сәуле шығару (толқын ұзындығы $\lambda \leq 10^{-8} \text{ м}$). Өте қысқа толқынды гамма-сәуленің толқындық қасиеті әлсіз байқалады. Бірінші орынға корпускулалық қасиеті шығады. Гамма-сәулелер энергиясы $E\gamma = \hbar\omega$ (ω – сәуле шығару жиілігі) және импульсі $p = \hbar\omega/c$ *фотондар* секілді *гамма-кванттардың* ағыны болып табылады.

γ -кванттар құраушы ядролар қоздырылған күйлерде болатын жағдайлардағы радиоактивті ыдыраулармен қабаттаса шығарылады. Ядро жоғары энергиялы деңгейден төменгі деңгейлер



α -, β - және гамма-сәулелерінің магнит өрісінде ауытқуы.

арасындағы ауысулардың Энергия деңгейлерінің айырымына тең болатын ауысулар кезінде γ -кванттар шығарылады. Қоздырылған күйлердегі ядролардың «өмір сүру» уақыты осы күйдегі және γ -кванттар шығаратын ауысулардың болуы мүмкін болатын төменгі деңгейдің қасиеттерімен (*спинімен, жұптылығымен, энергиясымен*) анықталады.

γ -активті ядроның «өмір сүру» уақыты олардың энергиясының кемуіне байланысты және ядроның бастапқы және соңғы күйлерінің спиндерінің айырымының артуына орай кенеттен артатын болады. Осының салдарынан ядроның негізгі күйімен қатар оның метастабильді қоздырылған (изомерлік) күйі салыстырмалы түрде ұзақ (кейде жылдар бойы) уақыт сақталатын болады. Ядроның радиоактивті ыдырауы кезінде әдетте γ -кванттардың энергиясы (E_γ) 10 кэВ-тан 5 МэВ-қа дейін байқалады. Жоғары энергиялы гамма-кванттар *қарапайым бөлшектердің* ыдырауы кезінде пайда болады. Бейтарап тыныштықтағы *пи-мезон* ыдырағанда ~ 70 МэВ энергиялы гамма-сәуле шығады.

Шапшаң электрондардың зат арқылы өтуі кезінде туындайтын гамма-сәуле ядроның кулондық өрісінде тежелуінің салдары болып табылады. Үдеткіштердегі зарядты бөлшектер тежеуіштік гамма-сәуле шығарады (максимал энергиясы бірнеше ондаған ГэВ болады). Гамма-сәуленің өтімділігі жоғары. Гамма-сәуленің затпен өзараәсерлесуі кезінде пайда болатын үрдістер: *фотоэффект, Комптон эффектісі* және электро жұбының – позитронның пайда болуы. Фотоэффект кезінде атомның электрондарының бірі γ -кванты жұтады, γ -квант энергиясы электронның кинетикалық энергиясына түрленеді.

γ -кванттар ядролық реакцияларда және радиоактивті ыдырау, сонымен қатар шапшаң қозғалатын зарядты бөлшектердің затпен өзараәсерлесуі кезінде таратылады. Бұл сәуле ғарыштық сәулелер құрамында да кездеседі. Гамма-сәуле ядролардың және қарапайым бөлшектердің қасиеттерін зерттеу кезінде, ауыр әрі үлкен көлемді құймаларды және балқытылып біріктірілген жапсырларды сәулелеп тексеретін *дефектоскопияда, сәулелік терапия* мақсатында медицинада, пластмассаларды полимерлеу үшін радиациялық химияда т.б. қолданылады. Гамма-сәулелер радиациялық беріктілігі төмен электрондық аспаптарды істен шығаруы немесе олардың жұмысын бұзуы мүмкін.

ГАММА-СПЕКТРМЕТР (латынша «спектрум – көрінетін, көріну» + «метр – өлшеуіш») – *гамма-сәулелердің* кванттық энергиясын және оның қарқындылығын (1 секундтағы γ -кванттарының санын) өлшеуге арналған аспап. Көпшілік гамма-спектрметрлерде γ -кванттардың энергиясы – γ -сәуленің заттармен өзара әсерлесуі нәтижесінде пайда болатын зарядталған бөлшектердің энергиялары бойынша

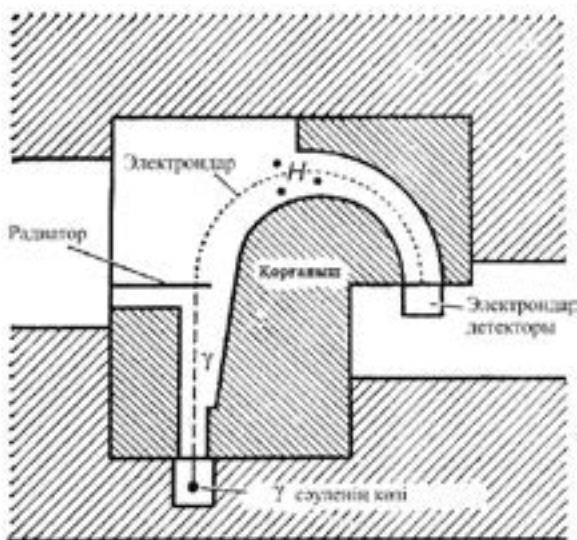
анықталады. Гамма-спектрметрдің тиімділігі мен ажыратқыштық қасиеттері негізгі сипаттамалар болып табылады. Тиімділігі екінші ретті бөлшектердің пайда болу және оны тіркеу мүмкіндігімен анықталады. Ажыратқыштық қасиеті энергиялары бойынша жақын γ -сызықтарды ажырату мүмкіндігін сипаттайды. Монохроматты γ -сәулені өлшеу кезінде белгілі болатын сызықтардың салыстырмалы ені ажыратқыштық қасиеттің өлшеуіші болады, бұл өлшеуіш сан жүзінде $\Delta\varepsilon/\varepsilon$ қатынасымен анықталады, мұндағы $\Delta\varepsilon$ – сызықтардың ені, ε – екінші реттік бөлшектердің энергиясы.

Магниттік гамма-спектрметрдің сұлбасындағы радиаторда γ -квант жұтылғанда *электрондар* немесе *позитрондар* пайда болады; бұлардың энергиясы магниттік бета-спектрметрдегідей өлшенеді. Радиаторда *Комптон эффектісінің* нәтижесінде атомдық нөмірі (Z) кіші заттардан электрондар пайда болады, егер γ -кванттар энергиясы аз болса, онда радиаторда *фотоэффект* салдарынан атомдық нөмірі (Z) үлкен заттардан электрондар түзіледі. Энергиясы $\hbar\omega = 1,02$ МэВ-ке тең болғанда *электрон-позитрон жұбының* пайда болуы мүмкін. Электрон мен позитронның қосынды энергиясы γ -квант энергиясын анықтауға мүмкіндік тудырады.

ГАММА-СПЕКТРСКОПИЯ (*спектр* + грекше «скопе – қарапайым») – спектроскопияның гамма-сәуленің спектрлерін және гамма-ыдырау кезіндегі атом ядроларының қасиеттерін зерттейтін саласы. Гамма-сәуленің спектрін өлшейтін аспап *гамма-спектрметр* деп аталған.

ГАММА-ЫДЫРАУ – гамма-сәуле пайда болатын ядролық үрдіс (процесс).

ГАММА-ЭКВИВАЛЕНТ (латынша «эквиваленс – бірдей мәнді, бірдей бағалы») – нүктелік радийлік радиоактивті көздің берілген радиоактивті көздің, берілген қашықтықта шығаратын дозасының қуатындай қуат шығаратын шартты массасы.



Магниттік γ -спектрметрдің сұлбалық көрінісі. Сурет жазықтығына перпендикуляр бағытталған магниттік өрістеги (H) радиустары электрондар мен өріс (H) энергияларымен анықталатын шеңбер бойынша қозғалатын екінші реттік электрондар. Өріс өзгерген кезде детектор әртүрлі энергиялы электрондарды тіркейді. Қорғасыннан жасалған қорғаныш штрихталып көрсетілген.

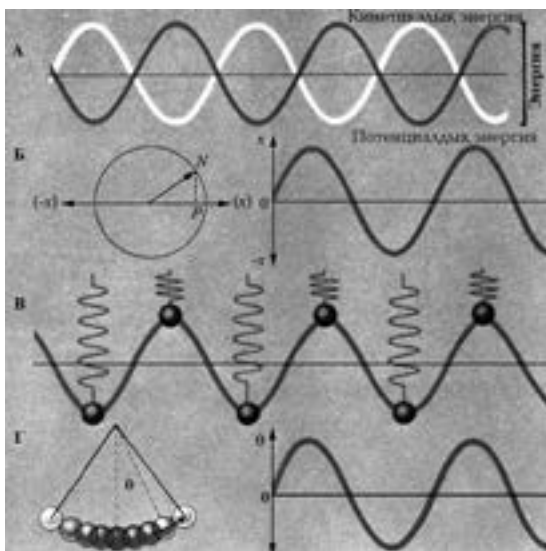
ГАНН ЭФФЕКТИСІ – жартылайөткізгіште N тәрізді *вольт-амперлік сипаттамалы* жоғары жиілікті электр тогы тербелістерінің тууы. Бұл эффектіні 1963 ж. америка физигі Джон Ганн (1928 – 2.12.2008) айғақтаған.

Бұл эффекті өткізгіштік зонасы бір төменгі алапты және бірнеше жоғарғы алапта құралған екі алапты жартылайөткізгіштерден байқалады. Мұндағы алап өткізгіштік зонадағы минимум энергиялы аймақтың әрбір минимумының қасындағы аймақ. Жоғарғы алаптағы электрондардың жылжымалығы төменгі алаптағыдан едәуір кем болады. Электрондар күшті электр өрістерінде (E) қызады, осы электрондардың бір бөлігі төменгі алаптан жоғарғы алапқа ауысады, нәтижесінде электрондардың орташа жылжымалылығы, яғни электрөткізгіштігі төмендейді. Осы жайт $E > E_1$ өрістерінде электр өрісінің кернеулігі артқанда ток тығыздығының кемуіне әкеп соғады.

Ганн эффектісі үлгіде **Ганн домені** деп аталатын күшті электр өрісінің аймағы периодты түрде пайда болып, әлгі өрісте орын ауыстыруына (қозғалады) және жойылуына байланысты туындайды.

ГАРМОНИКА (грекше «гармоникос – тәртіптелген, өлшемдес») – күрделі тербелістердің негізгі жиілігіне еселі тербелістер. Тербелмелі жүйенің өздік жиіліктерінің біреуі.

ГАРМОНИКАЛЫҚ ТЕРБЕЛІСТЕР – физикалық (немесе кез келген басқа) шамалардың уақыттың өтуіне байланысты синусоидалық заң ($x = A \sin(\omega t + \varphi)$) бойынша өзгертін тербелістер. Формуладағы x – тербелетін шаманың дәл осы уақыт (t) сәтіндегі мәні (механикалық гармоникалық тербелістер үшін, мысалы, ығысу немесе жылдамдық, электрлік тербелістер үшін – кернеу немесе ток күші), A – тербелістер амплитудасы, ω – тербелістердің бұрыштық жиілігі, $(\omega t + \varphi)$ – тербелістер фазасы, φ – тербелістердің бастапқы фазасы.

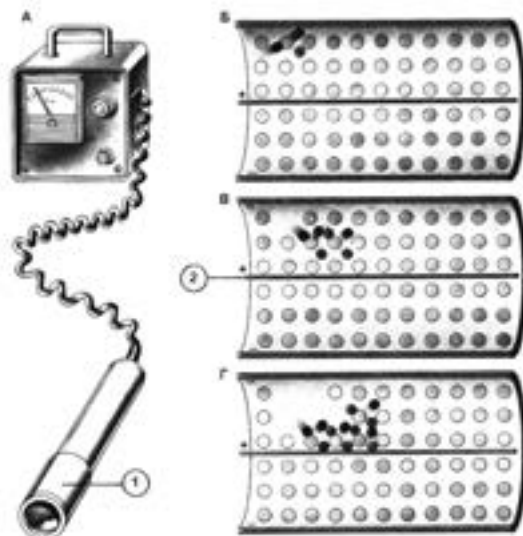


Бүкіл периодты қозғалыстар кинетикалық және потенциалдық энергиялардың үздіксіз өзара түрленуімен қабаттасады (А). Гармониялық қозғалыс – синусоидамен сипатталатын периодты қозғалыстардың бірі (Б). Шеңбері бойынша N нүктесі қозғалатын дөңгелектің диаметріндегі p нүктесінің ығысуы – қарапайым гармониялық қозғалыстың мысалы. Серіппедегі жүктің (В) қозғалысы сызықтық гармониялық қозғалыс, ал маятниктің (Г) тербелісі – бұрыштық гармониялық қозғалыс болып табылады.

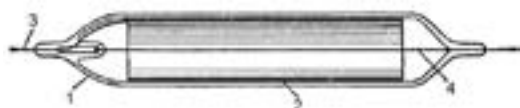
Гармоникалық тербелістер барлық тербелістер арасында ерекше орын алады, оның себебі бұл тербеліс кез келген сызықтық жүйеден өткен кезде пішінін өзгертпейтін (бұзбайтын) бірден-бір тербеліс болып табылады. Сонымен қатар кез келген гармоникалық емес тербелістерді әртүрлі гармоникалық тербелістердің «қосындысы» ретінде өрнектеп көрсетуге болады.

ГАУСС (Гс, Gs) – СГС және СГСМ бірліктер жүйесіндегі (симметриялы немесе Гаусстық) магниттік индукцияның бірлігі. Неміс математигі Карл **Гаусстың** (1777–1855) құрметіне аталған. $1 \text{ Гс} = 10^{-4} \text{ тесла (Тл)}$.

ГЕЙГЕР-МЮЛЛЕР САНАУЫШЫ – аспап көлемінен зарядталған бөлшектердің [радиоактивті және басқа иондауыш бөлшектердің (α - және β -бөлшектердің), γ -кванттардың, жарық және рентгендік кванттардың, ғарыштық сәулелер бөлшектерінің] өтуі кезінде іске қосылатын газразрядты *детектор*. Сигналдың шамасы (ток импульсі) бөлшектердің энергиясына тәуелді емес (аспап дербес разрядталу бойынша жұмыс істейді). Бұл санауышты 1908 жылы неміс физигі Ханс **Гейгер** (1882–1945) және ағылшын физигі Эрнест **Резерфорд** (1871 – 1937) ойлап тапқан, 1928 жылы Гейгер неміс физигі Вильгельм **Мюллермен** (1905 – 1979) біріге отырып, жетілдірген. Гейгер-Мюллер санауышы герметикалық резервуар түрінде (әйнек түтік, екі ұшы дәнекерленген) жасалған, ішіне 13–26 кПа қысымды газ толтырылған. Аспаптың әйнек түтігінің ішкі бетіне жұқа мыс қабатты цилиндр жапсырылған (сұлба). Баллонның осі бойынша керілген жіңішке металл сым (4) цилиндрмен (2) бірге *конденсатор* ретінде пайдаланылады. Металл сым үлкен кедергі арқылы ток көзінің оң полюсіне (4), ал цилиндр теріс полюсіне (3) жалғанған. Резервуардың өзегіне орнатылған өткізгіш бар (сыртқы цилиндр – катод, керілген жіңішке металл өткізгіш анод болады), катод пен анодқа бірнеше жүздеген В



Радиоактивті сәулені анықтауға қолданылатын Гейгер санауышы (А). Камера (1) төменгі қысымды неонмен (Б) толтырылған. Камерадағы неонның атомдары радиоактивті бөлшектер түскенде иондалады да оң иондар пайда болады. Электр өрісі (2) зарядталған бөлшектерді үдетеді, бұлар неонның (Г) өзге атомдарымен соқтығысып жаңа зарядталған бөлшектер тудырады



Гейгер-Мюллер санауышының сұлбасы: 1 – герметикалық шыны түтік; 2 – катод (жұқа мыс қабаты немесе тоттанбайтын болат түтік); 3 – катодтың ұшы; 4 – анод (керілген жіңішке металл сым)

кернеу түсіріледі. Санауышқа сырттан иондаушы бөлшектер енген кезде газда еркін электрондар пайда болып, электр өрісінің әсерімен анодқа қарай үдей қозғалады да газды иондайды. Электродтар аралығында пайда болған иондалу тасқыны нәтижесінде *тәж разряды*

туып, сыртқы тізбекте ток импульсі пайда болады, осы импульстер күшейтіледі. Электрмагниттік есептеуішпен тіркелетін болады. XX ғасырдың 20–40 жылдары ядролық физикада маңызды орын алды. Қазіргі кезде дезиметрияда пайдаланылуда.

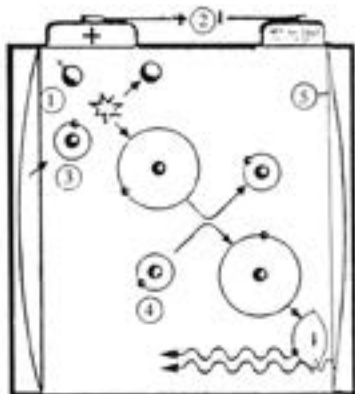
ГЕЙГЕР-НЕТТОЛ ЗАҢЫ – α -радиоактивті ядролардың жартылай ыдырау периоды мен ұшып шығатын α -бөлшектер энергиясы арасындағы байланысты тұжырымдайтын заң: $\lg T_{1/2} = A/\sqrt{\varepsilon_\alpha} + B$, мұндағы ε_α – α -бөлшектің МэВ өлшеміндегі энергиясы, $T_{1/2}$ – жартылай ыдырау периоды, А және В – тұрақты шамалар. Бұл заңды 1911 – 12 жылдары неміс физигі Ханс Гейгер (1882 – 1945) және Дж. Неттолл тәжірибе жүзінде ашып, кейін 1928 жылы оны теория жүзінде түсіндірді. Бұл заң жартылай ыдырау периодын тікелей өлшеу арқылы анықтау мүмкін болмайтын ядроларға қолданылуы ықтимал.

ГЕЙ-ЛЮССАК ЗАҢЫ – 1) тұрақты қысым кезінде газдың берілген массасының көлемі температурамен сызықтық байланыста болатынын айғақтайтын негізгі газ заңдарының бірі: $V_t = V_0 (1 + \alpha_v t)$, мұндағы V_0 және V_t – температураның бастапқы және соңғы кездеріндегі көлемдер, t – осы температуралардың айырымы, α_v – барлық газдар үшін $1/273,15 \text{ K}^{-1}$ шамасына тең, тұрақты қысымдағы газдардың жылулық көлемін ұлғайту коэффициенті. Бұл заң идеал газдар үшін тура; нақты газдар үшін кризистік (шұғыл өзгерісті) шамаларға тең болмайтын температура мен қысым мәндерінде ғана осы заңға бағынады. *Кланейрон теңдеуінің* дербес жағдайы болып табылады. Осы заңды 1802 жылы француз физигі әрі химигі Жозеф Гей-Люссак (1778–1850) ашқан.

2) Химиялық реакцияға қатыспақшы газдардың көлемдері бірінің-біріне және реакцияның газ тәрізді өнімдеріне қатынастары жай қатынаста, яғни үлкен емес бүтін сандар қатынасында болатындығы, мысалы, 1:1:2 (көлемдік қатынастар заңы) растайтын заң. Мұны 1808 жылы Ж.Гей-Люссак ашқан. *Авогадро заңын* ашуда маңызды болған.

ГЕЛИЙ-НЕОНДЫ ЛАЗЕР – неон газының атомдарының энергия деңгейлерінің арасындағы энергетикалық ауысулар негізінде тудырылатын атомаралық газдық ла-

зер. Бұл барынша көп таралған газразрядты лазер болып табылады. Құрылысы қарапайым, аумағы шағын, қоректенетін қуаты аз (10 – 100 Вт). Шығарылатын сәулесінің толқын ұзындығы 632,8 нм (нанометр).



Гелий-неонды лазерде иондар (1) жоғары кернеу (2) көзінің электр өрісінде үдетіледі және гелий атомдарын (3) қоздырады. Олар соқтығысқан кезде неон атомдарына (4) энергия береді. Фотон неонның қоздырылған атомдарымен соқтығысқан кезде жарық күшейіп олардан жарық шығартады. Фотондар ішінара күмістелген айналардан (5) бірнеше рет шағылысқан соң лазерлік сәуле пайда болады.

ГЕЛИКОН (грекше «геликос – сақина, спирал»), с п и р а л ь т о л қ ы н – тұрақты магнит өрісінде орналасқан өткізгіштерде (металдарда, жартылайөткізгіштерде, плазмада) пайда болатын және таралатын салыстырмалы түрде әлсізденіп сөнетін төменгі жиілікті электрмагниттік толқын. Геликон газды және ионсфералық плазмада таралатын ысқырғыш *атмосфериктерге* ұқсас. Геликон *Холл эффектiсi* негiзiнде әрқилы шоғырланған ток тасығыш өткізгіштерде (мысалы, электрондық өткізгіштікте (n_1) және кемтіктік өткізгіштікте (n_2)) пайда болады. Геликон магниттік өріске перпендикуляр бағытта таралмайды. Геликондардың өшуі заряд тасушылардың фонондар мен кристалдық торлардың ақауларымен соқтығысуларының, сондай-ақ соқтығысусыз резонанстық жұтылу салдарынан туындайды төменгі температуралар кезінде таза металдарда резонанстық жұту маңызды болады.

ГЕНЕРАТОР (латынша – өндіргіш) – электр энергиясын тудырушы (электр машиналық, электрондық шамды, бутурбиналы, гидротурбиналы) немесе энергияның бір түрін өзге түрге (тербелістердің, ультрадыбыстың, электр импульстердің, радиосигналдардың) түрлендіруші құрылғылар немесе қондырғылар.

Ван де Грааф генераторы – электрстатикалық генератордың бір түрі. Мұны 1931 жылы американ физигі Роберт **Ван де Грааф** (1901 – 1967) ойлап тапқан.

Гартман генераторы – дыбыс және ультрадыбыс толқындарын тарататын газ ағынды құрылғы.

Кванттық генератор – еріксіз сәуле шығару құбылысы пайдаланылған электрмагниттік толқындар тарататын көз және лазер мен мазер түрлері болып табылады. Бұл генераторды 1954 жылы орыс физиктері: Николай **Басов** (1922 – 2001), Александр **Прохоров** (1916–2002) және американ физигі Чарльз **Таунс** (1915 – 2015) ойлап тапқан.

Кварцтық генератор – пьезоэлектрлік эффект пайдаланылған жоғары жиілікті электрлік тербелістер тудыратын көз.

Магниттік-гидродинамикалық генератор (МГД-генератор) – әсері электрөткізгіш сұйықтың немесе плазмадағы электрмагниттік индукциялық құбылыстарға негізделген жылу энергиясын электр энергиясына түрлендіретін қондырғы.

Молекулалық генератор – молекулалардың еріксіз кванттық ауысулары салдарынан когерентті электрмагниттік тербелістер тудыратын кванттық генератор.

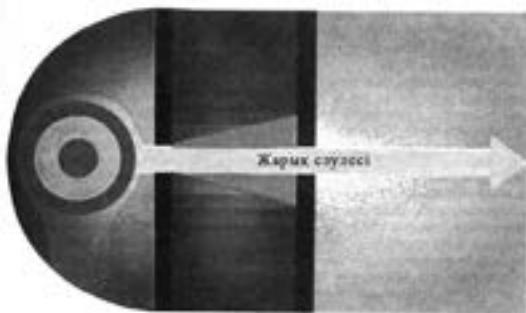
Оптикалық кванттық генератор – лазер дегенмен мағыналас атау.

Параметрлік генератор – жарықтың белгіленген жиіліктегі жарық толқынының энергиясын едәуір төменгі жиілікке түрлендіретін кванттық генератор.

Электрстатикалық генератор – электр зарядтарын механикалық тасымалдау арқылы жоғары тұрақты электр кернеуін тудыруға арналған құрылғы. Бұл құрылғы әдетте *Ван де Грааф генераторы* деп те аталады.

ГЕНРИ (Гн, Н) – индуктивтіліктің және өзара индуктивтіліктің Халықаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ) бірлігі. Американ физигі Джозеф Генридің (1797 – 1878) құрметіне аталған. 1 Гн – тұрақты ток күші 1 А болған кезде 1 вебер магниттік ағын қоздырылатын электрлік контурдың индуктивтілігіне тең. Осы анықтамаға пара-пар анықтама: 1 Гн – электр тізбегіндегі токтың 1 А/секунд жылдамдықпен бірқалыпты өзгеруі кезінде 1 В өздік индукцияның электрқозғаушы күші пайда болатын индуктивтілігі. $1 \text{ Гн} = 1 \text{ В} \cdot \text{секунд} / \text{А} = 1 \text{ Вб} / \text{А} = 10^9 \text{ см}$ (СГСМ бірлігі) = $1,1 \cdot 10^{-12}$ СГСЭ өлшем бірлігі.

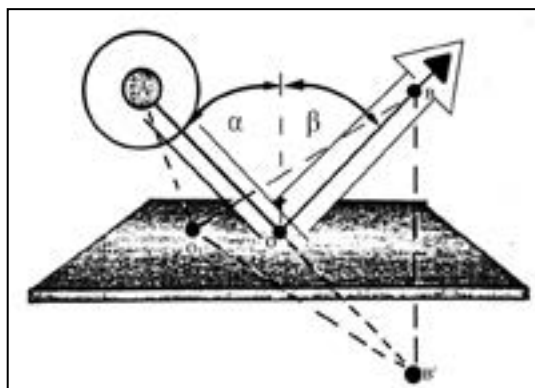
ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ ОПТИКА – *оптиканың* жарық сәулелердің таралу заңдарын жарық сәулелер түсініктері негізінде зерттейтін саласы. *Жарық сәуле* деп бойымен **жарық энергиясы ағыны таралатын** түзу сызықты түсінеміз. Оптикалық біркелкі емес орталарда жарықтың *дифракциясын* елемейтін жағдайларда ғана сәуле ұғымын пайдалану керек. Бұл жағдайда жарық толқынының ұзындығы біркелкі емес ортаның өлшемдерінен кіші болуы тиіс. Геометриялық оптика жарық сәуле жүйесінің оңайлатылған, бірақ көпшілік жағдайда дәл теориясын тұжырымдауға мүмкіншілік туғызады. Геометриялық оптика негізінен оптикалық кескіндердің пайда болуын, оптикалық жүйенің *абберациясын* ескеруді және оларды түзету әдістерін



Диафрагма арқылы жарық сәулесін шығару

жасауды, оптикалық жүйелер арқылы өтетін сәулелер шоғының энергетикалық қатынастарын түсіндіреді. Дегенмен, геометриялық оптика кескіндердің сапасына, бүкіл толқындық құбылыстарға (олардың арасында дифракциялық құбылыс та бар) және оптикалық аспаптардың ажыратқыштық мүмкіндіктеріне әсерін тигізетін мәселелерді қарастырмайды.

Жарық сәулелердің тәуелсіз таралуы туралы түсінік ежелгі замандарда-ақ пайда болған. Біздің заманымыздан бұрынғы III ғасырда ғұмыр кешкен ежелгі грек ғалымы **Евклид** (б.з.б. 330 – 275) жарық сәуленің түзу сызықты таралуы және жарық сәуленің айналық шағылысуы туралы заңдарды тұжырымдаған. XVII ғасырда бірқатар оптикалық құралдардың (**көру түтігінің, телескоптың, микроскоптың**, т.б.) жасалуы және олардың кең қолданылуы нәтижесінде геометриялық оптика қарқынды дамытылды. 1620 жылы голланд математигі Виллеброрд **Снеллиус** (Снелль) (1580 – 1626) және француз ғалымы Рене **Декарт** (1596 – 1650) жарық сәуленің екі ортаның шекарасындағы тәртібін сипаттайтын (**сынудың Снеллиус заңы**) заңын тәжірибе жүзінде айғақтаған. Геометриялық оптиканың теориялық негізін XVII ғасырдың ортасына қарай француз математигі Пьер **Ферма** (1601–1665) геометриялық оптиканың негізгі принципін тұжырымдаған. Бұрынырақ ашылған жарықтың түзу сызықты таралу, айналық шағылысу және сыну заңдары *Ферма принципінің* салдарлары болды. XVIII ғасырдан бастап геометриялық оптика – оптикалық жүйелердің есептеу әдісінің қолданбалық ғылымы ретінде дамытылды. Классикалық электрдинамика тұжырымдалған соң геометриялық оптиканың формулалары *Максвелл теңдеулерінен* шекті жағдай ретінде қорытылып шығарылатын болды. Оптикалық көптеген құрылғылардың есеп-қисаптары қазіргі кезге дейін геометриялық оптикаға негізделген.



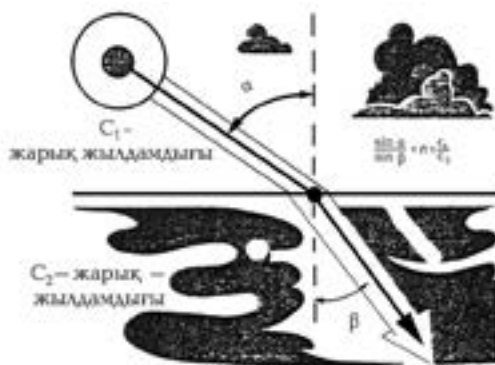
Жарықтың шағылысу заңы бойынша түсу бұрышы (α) шағылысу бұрышына (β) тең, яғни $\alpha = \beta$.

ГЕОФОН (грекше «гео – Жер» + «фоно – дыбыс») – жер қыртысының беткі қабаттарында таралатын дыбыстық толқындарды қабылдағыш құрылғы; сейсмикалық барлауда пайдаланылады.

ГЕРЦ (Гц, Hz) – *Халықаралық бірліктер жүйесі* мен *СГС бірліктер жүйесінің* жиілік бірлігі. Неміс физигі Генрих **Герцтің** (1857 – 1894) құрметіне аталған. 1 Гц – 1 секундта үрдістің бір циклі орындалатын периодты (жиі

қайталанатын) үрдістің жиілігі. 1 килогерц = 1000 Гц = 10^3 Гц, 1 мегагерц = 1000000 Гц = 10^6 Гц.

ГЕРЦ ДИПОЛЫ (грекше «ди(е) – екі рет» + «полос – полюс») – радиотолқындар таратқыш. 1888 жылы неміс физигі Генрих Герц (1857 – 1894) ұсынған, бұл тетік электромагниттік толқындардың болатынын дәлелдеген. Герц диполы орта шенінде ұшқындық аралығы бар мыс өткізгіштердің ұш-



Бұл сызбада жарықтың сыну заңы бейнеленген

тарында металл шарлар немесе жолақтар орнатылған электр тізбегін **индукциялық машинаға** жалғаған. Герц пайдаланған вибраторлардың ұзындығы $l = 26$ см болған, мұндағы тербеліс жиілігі $\nu = 5 \cdot 10^8$ Гц (бұл $\lambda = 60$ см толқын ұзындығы).

ГЕТЕРО... (грекше «гетерос – өзге, басқа») – күрделі сөздің «басқа», «өзге», «әртүрлі» деген мағына беретін алғашқы қосымшасы.

ГЕТЕРОАУЫСУ – химиялық құрамы бойынша әртүрлі екі жартылай өткізгіштердің жанасуы. Әдетте, жартылайөткізгіштердің бөліну шекарасында тыйым салынған жолақтың ені, заряд тасушылардың қозғалғыштығы, олардың эффектілік массалары және басқа сипаттамалары өзгереді. «Күрт» гетероауысу да қасиеттер өзгерістері көлемдік заряд аймағының енімен салыстырғанда оған қарайлас немесе одан кем қашықтықта жүзеге асады. Гетероауысу бір монокристалды (газ фазалы) эпитаксиялық әдіс бойынша өзге кристалға өсіру негізінде жүзеге асырылады. Легирлеуге (қоспа қосқанда) тәуелді түрде гетероауысудың екі жағын $p - n$ гетероауысуды (анизотипті) және $n - n$ гетероауысу немесе $p - p$ гетероауысуды (изотипті) жасауға болады. Әртүрлі гетероауысу мен моноауысулар комбинациясы гетерокұрылымдарды құрайды. Бұл ауысулар жартылайөткізгіштік лазерлерде, жарық таратқыш диодтарда, фотоэлементтерде, оптрондарда пайдаланылады.

ГЕТЕРОГЕНДІ ЖҮЙЕ (грекше «гетерогенес – әртекті») – бөліктерінің (фазаларының) физикалық қасиеттері немесе химиялық құрамы бойынша әртүрлі болатын біртекті *термодинамикалық жүйе*. Бұл жүйенің көршілес фазалары бір-бірінен бөлу беттерімен ажыратылған, осы беттерде жүйенің бір немесе бірнеше қасиеттері (құрамдары, тығыздығы, кристалдық құрылымы, электрлік немесе магниттік моменттері, т.б.) секірісті түрде өзгереді. Мысалы, гетерогенді жүйе: **су** және оның бетіндегі **бу** (екі агрегаттық күйдегі су), **көмір** және **алмас** (бір

заттың – көміртегінің кристалдық құрылымы бойынша екі әртүрлі фазалары), асқынөткізгіштің асқынөткізгіш және қалыпты фазалары, араласпайтын сұйықтар (мысалы, **су** және өсімдік **майы**), композициялық материалдар (талшықтық және дисперстік нығыздалған, құрылымы бойынша әртүрлі қатты күйдегі химиялық заттар). Гетерогенді жүйе мен *гомогенді* (біртекті) жүйенің айырмашылығы әрқашан айқын білінбейді. Мысалы, гетерогенді механикалық қоспалардың (қалқымалы) және гомогенді (молекулалық) ерітінділер арасындағы өтпелі аймақты **коллоидтық ерітінділер** деп аталған ерітінділер алып жатыр, бұл ерітінділерде еріген заттар соншалықты ұсақ, оларға фаза деген ұғымды қолдану мүмкін емес.

ГИГРОСКОПИЯЛЫҚ (грекше «гигрос – ылғалды» + «скопео – бақылаймын»), **гигроскоптық** – материалдардың, заттардың ауадан ылғал сіңіру (жүту) қасиеті. Бұл қасиет материалдың немесе заттың сумен химиялық қосылыстар түзуі немесе капиллярлық конденсация, яғни капиллярлардың қуыстарында, микрожарықшақтарында сұйық фазаның түзілуі есебінен жүзеге асады. Капиллярлық-кеуек құрылымды материалдарға (мысалы, ағаш сүрегі) гигроскопиялық қасиет тән. Гигроскопиялық қасиет құралымдардың (конструкциялардың) ұзақ уақытқа шыдамдылығын бағалау кезінде ескеріледі. Кейбір гигроскопиялық заттар (мысалы, күкірт қышқылы) ауаны құрғату үшін пайдаланылады. Мұндай қасиет суда жақсы еритін заттарда да кездеседі (астұзы, кант, т.б.).

ГИДРАВЛИКА (грекше «гидро – су» + «аулос – түтік») – *гидромеханиканың* сұйықтардың қозғалысын және тепе-теңдік заңдарын инженерлік қолданысқа ендіру мәселелерімен шұғылданатын саласы. Гидравлика **тұтқырлығы аз** сығылмайтын сұйықтарды зерттейді. Қысымы мен тығыздығы тұрақты газдарға да гидравликаның негізгі заңдарын қолдануға болады. Гидравлика сұйықтың қозғалыс және тепе-теңдік заңдылықтарын анықтайтын **теориялық** және осы заңдарды инженерлік мақсаттарға қолданатын **іс жүзінде пайдаланылатын** гидравликаларға ажыратылған. Гидравликада тамшылы сұйықтардың қозғалыстары да зерттеледі, ол үшін сұйық әдетте сығылмайтын сұйық ретінде қарастырылады. Гидравликаның қорытындыларын **газдар** үшін де қолдануға болады, бұл үшін газдардың тығыздығының тұрақты деп есептелуі шарт. Іс жүзінде қолданбалық гидравликада сұйықтардың құбырлар ішінде ағуы, **өзен** және **жасанды арналармен**, саңылаулардан ағуы, **кеуек орталардағы ағуы** (сүзілуі) зерттеледі. Гидравликаның бүкіл тарауларында сұйықтардың орныққан және орнықпаған қозғалыстары қарастырылады. Осы қозғалыстар **Бернулли теңдеуімен**, үздіксіздік теңдеумен зерттеледі. Әртүрлі сұйықтар мен газдарды тасымалдау қажеттілігі гидравликаның қолданбалық маңызын арттырған.

ГИДРАВЛИКАЛЫҚ КЕДЕРГІ – сұйықтардың (газдардың) тұтқырлықтарының себебінен олардың құбырларда, арналарда ағуы кезінде қозғалысқа тежеулік әсер көрсетіледі, яғни кедергі жасалады.

ГИДРАВЛИКАЛЫҚ СОҚҚЫ – ағын жылдамдығының күрт тоқтатылуы салдарынан (ысырма не шүмек жабылғанда) құбырдағы **сұйық қысымының кенеттен артуы** кезінде пайда болады. Бұл құбылыс құбырдың ішінде ағып тұрған сұйықтың жолын кенеттен бөгегенде, **турбина** немесе **сорғы** жұмысын кенеттен тоқтатқанда, т.б. жағдайларда туындайды. **Ысырма** немесе **шүмек** жабылғанда құбырдағы сұйықтың ағыс жылдамдығы күрт тежеледі де лезде **инерциялық қысым күші** пайда болып сұйық қысымын арттырады. Пайда болған жоғары қысым құбырды бойлай ағысқа қарсы бағытта **1000 м/сек жылдамдықпен соққы (соқпа) толқын** түрінде таралады. Осы соққы толқынның әсерінен құбыр жүйесі, машина бөлшектері және ағынның жолындағы әртүрлі **аспаптар бүлінеді**. Гидравликалық жүйелерде әлгіндей соққылардан сақтандыру үшін клапан, диафрагма, теңгергіш, мұнара, кері клапан секілді сақтандыру құрылғылары пайдаланылады. Гидравликалық соққы теориясын дамытуға орыс ғалымы Николай **Жуковский** (1847–1921) елеулі үлес қосқан (1898 жылы).

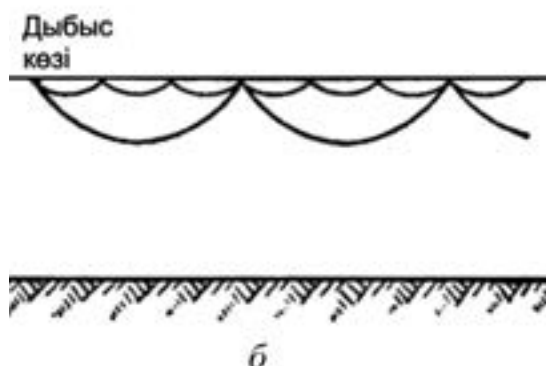
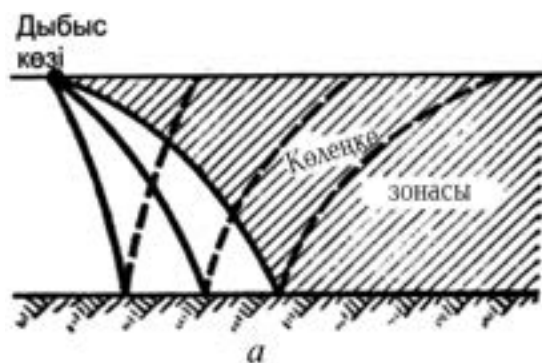
ГИДРО... (грекше «гидро – су») – күрделі сөздердің су, суат, т.б. ұғымдарға қатысын білдіретін бастапқы бөлігі. Мысалы, *гидроакустика, гидродинамика*.

ГИДРОАКУСТИКА (*гидро... + акустика*) – акустиканың дыбыс толқындарының суда (мұхиттарда, теңіздерде, көлдерде) таралуын және оларды су астындағы *локация*, байланыс, т.б. мәселелер үшін пайдалануды зерттейтін саласы. Су астындағы дыбыс ауада таралатын дыбыстарға қарағанда баяуырақ өшеді. Сондықтан дыбыс су астында ауадағы таралуымен салыстырғанда алысқа таралады. Мысалы, қарқындылығы орташа, жиілік диапазоны 500 – 2000 Гц болатын дыбыс су астында 15 – 20 километр, ал ультрадыбыс 3 – 5 км қашықтыққа тарайды. Дыбыстың өшуіне судың өзіне тән қасиетінен басқа дыбыстың *рефракциясы*, шағылысуы, сынуы, т.б. әсер етеді. Дыбыс рефракциясы, яғни дыбыс сәулесінің бастапқы таралу бағытынан ауытқуы судың біртекті болмауынан, әсіресе, оның тік бағыттағы **гидростатикалық қысымының, тұтқырлығының, температурасының өзгеруі** салдарынан пайда болады. Осы себептердің барлығы бірден әсер еткен кезде дыбыс тұщы суда, шамамен, 1450 м/сек, теңіз суында, шамамен 1500 м/сек жылдамдықпен таралады.

Дыбыс толқыны тығыздығы әртүрлі және дыбыс түрліше жылдамдықпен таралатын екі ортаның шекарасына келіп түссе, онда толқынның бір бөлігі шағылысып бірінші ортада қалады да, екінші бөлігі сынып, екінші ортадан өтеді.

Шағылған және сынған толқындардың қарқындылықтарының қосындысы екі ортаның шекарасына түскен бастапқы толқынның қарқындылығымен бірдей болады. Дыбыс толқынының шағылысуы және сынуы – әлгі екі ортаның физикалық қасиетіне (мысалы, екі ортаның тығыздығы мен ондағы дыбыстың таралу жылдамдығына) тәуелді болады. Жаз айларында судың жоғарғы қабаттары төменгі қабаттарына қарағанда жылылау болғандықтан, дыбыс толқындары судың түбіне қарай көбірек бағытталады да,

судың түбінен кері шағылысып өз энергиясының біраз бөлігінен айрылады (1, а-сызба). Ал қыс айларында судың жоғарғы қабаттары тезірек суиды да, төменгі қабаттары өз температурасын сақтайды. Сондықтан дыбыс толқындары судың жоғарғы қабаттарына қарай бағыттталып, судың бетінен бірнеше рет қайталап шағылысып таралады (1, б-сызба). Беттік қабаттағы дыбыс толқындары энергиясының шығыны азырақ болады. Сол себептен дыбыс жаз кездегіден қыс кезінде едәуір алысқа таралады. Рефракция әсерінен дыбыстың таралу жолында үнсіз зонасы («өлі аймақ») (1, а-сызбадағы) «көлеңкелік» аймақ) деп аталатын аймақ пайда болады. Бұл зонада дыбыс естілмейді.



Дыбыстың судағы рефракциясы: а – жазда; б – қыста

Су бетінен төмендеген сайын дыбыс жылдамдығы кеми береді. Белгілі бір тереңдікке жеткенде дыбыс ең аз жылдамдықпен таралады. Осы тереңдіктен әрі қарай тереңдеген кезде қайтадан дыбыс жылдамдығы артатын болады. Дыбыстың ең аз жылдамдықпен таралатын су қабатын «су асты дыбыс арнасы» деп атайды. Рефракцияның әсерінен осы арнадан жоғары немесе төмен ауытқып кеткен дыбыс толқыны «су асты «арнасына» қайтып оралуға тырысады. Егер дыбыс көзін және дыбыс қабылдағыш әлгі арнаға орналастырылса, онда дыбыстың таралу қашықтығы алыстай түседі. Гидроакустиканың қолданбалық маңызы зор. Су астындағы байланыс үшін жиілігі 300 Гц-тен 10000 Гц-ке дейінгі естілетін ды-

быстармен қатар жиілігі одан да жоғары ультрадыбыстар да кеңінен пайдаланылады. Гидроакустикада көбірек пайдаланылатын құралдың бірі – **гидролокатор**. Ол ультрадыбыс толқынын тік бағытта және көкжиекпен кез келген бұрыш жасап та тарала алады. Гидролокатор арқылы теңіз тереңдігі, кемелерге жақындап келе жатқан айсберг, т.б. нысандар (объектілер) анықталады. Гидроакустикада жиі қолданылатын құралдың тағы біреуі – *эхолот*. Ол арқылы теңіздердің, өзендердің тереңдігі анықталып, олардың су астындағы картасы жасалады. Эхолот балық үйірінің шоғырланған аймағын табу үшін де пайдаланылады.

ГИДРОАЭРОМЕХАНИКА (грекше «гидро – су», «аер – ауа» + «механикс – машина жасау өнері») – механиканың сұйықтар мен газ тәрізді орталардың тепе-теңдігін және қозғалыстарын, сонымен қатар бұлардың өзара және қатты денелерді орағытып ағуын зерттеуге арналған саласы. Бұл сала теңізде жүзу және әскери істегі қолданбалық сұраныстарға байланысты дамытылды. Біздің заманымыздан бұрынғы III ғасырда сұйықтардың тепе-теңдік теориясының және денелердің жүзуінің негізі болған *гидростатиканың* заңдары ашылған. Дененің сұйықтағы қозғалысы кезінде оған әсер ететін кедергілер мен күштерді анықтайтын заңдарды 1687 жылы алғаш рет ағылшын ғылымы Исаак **Ньютон** (1643 – 1727) тұжырымдады. Осылайша **теориялық гидродинамиканы қалыптастыруға жол ашылған**. Швейцар ғалымы Леонард **Эйлер** (1707 – 1783) қорытып шығарған гидродинамиканың идеал сұйықтар қозғалысына арналған **Эйлер теңдеулері** гидроаэромеханиканың көптеген мәселелерін **аналитикалық әдістермен** шешуге мүмкіндік берді. Бірақ тұтқырлығы және жылуөткізгіштігі болатын нақты тұтас дене едәуір күрделі **Навье-Стокс теңдеулеріне** бағынышты болады. Бұл теңдеулерді шешу іс жүзінде қиын болғандықтан неміс ғалымы Людвиг **Прандтль** (1875 – 1953) ұсынған **шекаралық қабат теориясының** маңызы зор болды. Осы теория бойынша тұтқырлықтың және жылуөткізгіштіктің бүкіл әсері сұйықтар мен газдардың тек орағытылып өтетін бетке жанасатын жұқа қабатында ғана білінеді. Осы қабаттан тысқары аймақта ағын **идеал сұйық теңдеулерімен**, ал әлгі қабаттың ішінде **Навье-Стокс теңдеулерімен** сипатталады. Бұл теңдеулер аналитикалық немесе сан жүзіндегі шешімдерді береді.

Гидроаэромеханиканың сығылатын тұтас орталар қозғалыстарын зерттейтін саласы *газ динамикасы* деп аталған. Осы заманғы Гидроаэромеханика тармақталған ғылым, көптеген ғылым салаларын қамтыған және де өзге ғылымдармен ең алдымен физикамен, математикамен және химиямен тығыз байланысқан. Сығылмайтын сұйықтардың қозғалысы *гидродинамикада*, ал газдар мен олардың қоспаларының, оның ішінде ауаның қозғалыстары *аэродинамикада* зерт-

теледі. Гидроаэромеханиканың бөліміне сүзілу теориясы мен сұйықтардың толқындық қозғалысының теориясы жатады. Гидроаэромеханиканың техникалық қолданылу саласын *гидравлика* және қолданбалық *газ динамикасы*, ал Гидроаэромеханика заңдарын климат пен ауа райына қолдану мәселесімен **метеорология** айналысады.

Гидроаэромеханиканың бірінші негізгі мәселесі – сұйықтар мен газдарда қозғалатын қатты денелерге және оның бөліктеріне әсер ететін күштерді анықтау және денелердің өте тиімді пішіндерін табу болып табылады.

ГИДРОДИНАМИКА (*гидро... + динамика*) – *гидромеханиканың* сығылмайтын сұйықтың қозғалыс заңдарын және олардың қатты денелермен өзара әсерлесуін зерттейтін саласы. Гидродинамика идеал сұйықтардың (тұтқырлық кедергісі ескерілмейтін) және тұтқыр сұйықтардың гидродинамикаларына ажыратылған. Гидродинамика сұйықтың жалпы қасиеттеріне механиканың негізгі заңдары мен тәсілдерін қолдана отырып сұйық алып жатқан **тұтас органның** кез келген нүктесінің жылдамдығы, қысымы тәрізді құраушылары анықталады. Гидродинамиканың негізгі тәсілдері жылдамдығы дыбыс жылдамдығынан (шамамен 330 м/сек \approx 1200 км/сағ) төмен газ қасиеттерін зерттеуге де пайдаланылады.

Сүзілу теориясы, сұйықтар қозғалысының толқындық теориясы, *кавитация* теориясы, глиссирлер (сырғанау) теориясы гидродинамиканың құраушы салалары болып табылады. Кемелер теориясының негізі болатын жүзбелі денелердің тепе-теңдігі *гидростатикада* қарастырылады. Магнит өрісі қатысатын электрөткізгіш сұйықтардың қозғалысын *магниттік гидродинамика* зерттейді. Гидродинамиканың әдістері гидравлика, гидрология, гидротехника, гидротурбиналар, сорғылар, құбырлардың есеп-қисаптары мәселелерін шешеді.

Гидродинамика теориясының тұтастық және аққыштық, сонымен қатар тұтқыр сығылмайтын сұйықтар қозғалысын сипаттау үшін үздіксіздік теңдеуі және **масса мен қозғалыс мөлшерінің сақталу заңдарының** сұйықтардың қарапайым көлеміне қолданудың салдары болатын *Навье-Стокс теңдеулері* пайдаланылады.

Турбуленттік ағыс кезінде сұйық немесе газ бөлшектері ретсіз қозғалатындықтан, оның түрлі қабаттары үнемі араласуда болады. *Турбуленттік ағыстың* жылдамдығы тез өзгертін толықсымалы шама болса, *ламинарлық ағыстың* көрші қабаттары бір-бірімен араласпайтын кез келген көлденең қимасындағы жылдамдығы сол қиманың ортасынан шетіне қарай біртіндеп кемитін болады. *Шекаралық қабат* деп аталатын (сұйық немесе газ ағысы ішіне орналасқан дене төңірегінде пайда болатын) жұқа қабатта жылдамдық нөлден бастап ағыс

жылдамдығына дейінгі шамаға артады. Шекаралық қабаттан тысқары ағысты *идеал сұйық* ағыс ретінде қарастыруға болады.

Гидродинамиканың эксперименттік тәсілдерінің қатарына сұйық қозғалысы мен оған шекаралас орналасқан қатты дене маңындағы ағысты кішірейтілген масштабта жасауға негізделген **моделдеу** тәсілдері жатады. Гидродинамика корабльдер мен ұшақтарды жобалауда, техникалық күрделі есептеулерде, мұхиттар мен теңіздердегі су мен атмосферадағы ауаның қозғалысын, өзендердің ағысын зерттегенде, т.б. жобалау және есептеу жұмыстарында кеңінен қолданылады.

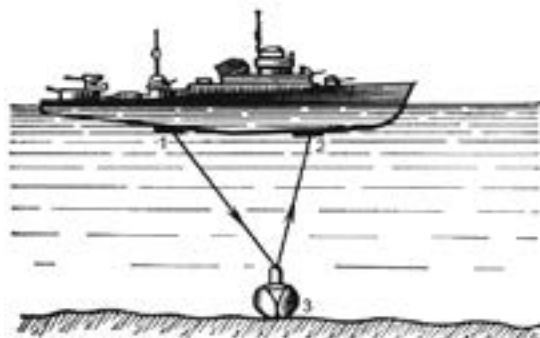
ГИДРОДИНАМИКАЛЫҚ КЕДЕРГІ, **гидравликалық кедергі** – денені орағытып ағып өтетін сұйықтың немесе құбырлар, арналар қабырғаларының, т.б. әсерінен сұйық тарапынан қозғалысқа келтірілетін кедергі. Қозғалмайтын денені сұйық (газ) орағытып ағып өткен кезде немесе керісінше, дене ақпайтын (яғни қозғалмайтын) ортада қозғалғанда гидродинамикалық кедергі пайда болады. Бұл кедергі сұйықтың (немесе газдың) қозғалу (ағысына) бағытына қарсы бағытталады. Гидродинамикалық кедергіні анықтау *гидроаэромеханиканың* негізгі мәселелерінің бірі. Осы мәселені шашу ұшу аппараттарының, теңіз және өзен кемелерінің қозғалтқыштарының тарту күшін, олардың қозғалыс жылдамдықтарын, энергетикалық қондырғылардың талап ететін қажетті қуаттарын анықтауға мүмкіндік жасайды.

Егер кез келген пішінді дене бірқалыпты шексіз үйкелісі болмайтын сұйықта қозғалатын болса, онда дененің артында (соңында) сұйық ағын қосылатын болады, осы жағдайда қысым кедергісі болмайды (нөлге тең болады) (**Даламбер – Эйлер парадоксы**). Дене тұтқыр сұйықта қозғалатын болса, онда дененің соңында **сұйықтың құйындары пайда болады**, осы құйын сұйықтың (газдың) дене соңында қосылуына мүмкіндік бермейтіндіктен, қысымның кедергісі нөлге тең болмайды. Қозғалыстағы дененің кинетикалық энергиясының бір бөлігі дене соңында пайда болған құйындарды өзінен аластау үшін жұмсалады, осы энергия қайтымсыз түрде жылуға айналып кетеді. Дене ауыр сұйықтардың бетімен қозғалған кезде әлгі сұйықтың бетінде қосымша түрде **толқындық кедергі** туады. Дененің ауада және басқа газдардағы қозғалысы кезінде туындайтын гидродинамикалық кедергі – **аэродинамикалық кедергі** деп аталған. Сұйықтардың құбырлар ішіндегі, арналардағы қозғалыстары кезінде пайда болатын гидродинамикалық кедергі – **гидравликалық кедергі** деп аталған.

Гидродинамикалық кедергілерді анықтау әртүрлі гидротехникалық құрылыстар жобалау мен салуда да ескерілетін мәселе болып табылады.

ГИДРОЛОКАЦИЯ (грекше «гидро – су» + латынша «локация – орналастыру») – су астындағы нысандардың (объектілердің) олардан таралатын дыбыстық

сигналдарының (пассивті локация) немесе арнайы таратылатын дыбыс сигналдарының (активті локация) нысандардан (объектілерден) шағылысуы немесе шашырауы бойынша олардың орнын анықтау. Гидролокация су астындағы көрінбейтін бөгеттерді, балық аулауда топталған балық шоғырын анықтауда, мұхит зерттеуде (океанологияда) оның физикалық қасиеттерін зерттеу, теңіз түбінің картасын жасауда, суға батып кеткен кемелерді іздеп табуда, нысананың координаттарын анықтауда маңызы зор.



Гидролокатордың жұмыс принципі: 1 – сәулелатқыш; 2 – қабылдағыш; 3 – шағылыстырғыш дене

ГИДРОМЕХАНИКА – механиканың сығылмайтын сұйықтардың қозғалысы мен тепе-теңдігін зерттейтін саласы. Бұл сәйкес түрде *гидродинамика* және *гидростатикаға* ажыратылған. Көп жағдайда «Гидромеханика» ғылыми атауымен тұтастай *гидроаэромеханиканы* түсінеміз.

ГИДРОСТАТИКА (гидро... + *статика*) – *гидроаэромеханиканың* сұйықтардың тепе-теңдігін және тынышталған (тынық) сұйыққа батырылған денеге осы сұйықтар тарапынан болатын ықпалдарды зерттейтін саласы. Гидростатикада және жалпы **сұйықтар механикасында** сұйықтардың **молекулалық құрылысы ескерілмейді**. Гидростатиканың негізгі мәселелерінің бірі – сұйықтардағы қысымдардың таралуын зерттеу – қысымдардың таралуын біле отырып гидростатика заңдары негізінде тыныштықтағы сұйықтар тарапынан батырылған денелерге (мысалы, сүңгуір қайықтарға, бөгет қабырғаларға, ыдыс түбіне) әсер ететін күштерді анықтауға болады. Дербес жағдайда денелердің сұйықтың бетінде немесе оның ішінде **жүзу шартын**, сонымен бірге кеме жасау ісінде ерекше маңызы болатын денелердің қандай шарттар кезінде **орнықты болатынын анықтауға болады**. Гидравликалық престің, гидравликалық аккумулятордың, сұйықтық манометрдің, сифонның, т.б. аспаптардың әсерлері гидростатиканың заңдарына, атап айтқанда, *Паскаль заңына* негізделген. Гидростатиканың негізгі заңдарының бірі – *Архимед заңы* сұйықтарға немесе газға батырылған денеге әсер ететін **ығыстыру күштерінің** шамасын анықтайды.

ГИДРОСТАТИКАЛЫҚ ПАРАДОКС (грекше «парадохос – күтпеген, ғажайып») – ыдысқа құйылған сұйық салмағының ыдыстың түбіне түсіретін қысым күшіне тең болмай өзгеше болу ерекшелігі. Ернеуіне қарай кеңейтіліп, түп жағы

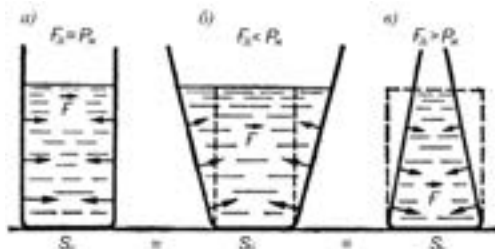
тарылған ыдыстардағы сұйықтың ыдыс түбіне түсіретін қысым күші сұйықтың салмағынан кем, ал ернеуіне қарай тарылған, түп жағы кеңейген ыдыстағы сұйықтың ыдыс түбіне түсіретін қысым күші сұйықтың салмағынан артық болады. Цилиндр пішінді ернеуі мен түбінің аудандары тең болатын ыдыста сұйықтың салмағы мен ыдыстың түбіне түсірілетін қысым күші өзара тең болады.

Егер түптерінің аудандары өзара тең, пішіндері әртүрлі ыдыстарға биіктігі бірдей деңгейлі біртекті сұйық құйылса, сұйықтың салмағы әрқалай болуына қарамастан, барлық ыдыстардың түбіне түсірілетін қысымдар өзара тең, ал цилиндр пішінді ыдыстың түбіне түсірілетін қысым күші сұйықтың салмағына тең болады.

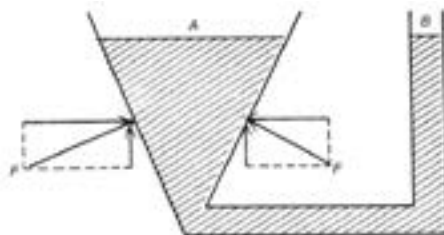
Мұның себебі: гидравликалық қысым күші (p) әрқашан ыдыстың қабырғасына тік бағытта (нормал, перпендикуляр) әсер ететіндіктен, ол күш ыдыстың көлбеу қабырғасына тік бағытталған құраушыға (p_1) болады, осы құраушы цилиндр пішінді ыдыстағыдан артық көлемді сұйықтың салмағының есесін қайтарады (компенсациялайды), ал жетіспей жатқан көлемдегі әлгі салмақтың да есесін қайтарады. Бұл парадоксты 1654 жылы француз математигі әрі физигі Блез **Паскаль** (1623 – 1662) ашқан.

ГИДРОФИЗИКА (грекше «гидро – су» + *физика*) – Жердің су қабығы гидросфера және онда өтетін физикалық үрдістер (процестер) туралы ғылым. Гидрофизика судың үш агрегаттық күйіндегі молекулалық құрылымын, әлгі күйлердің арасындағы ауысуларды, судың және мұздың механикалық және жылулық қасиеттерін, олардың акустикалық, оптикалық, электрлік сипаттамаларын, сулы ортаның әрқилы қозғалыстарын зерттейді. Гидрофизика геофизиканың саласы ретінде құрлық суының физикасына (немесе құрлық гидрологисына) және теңіз физикасына ажыратылған.

ГИДРОФИЛДІК ЖӘНЕ ГИДРОФОБТЫҚ (грекше «...фобос – қорқыныш» + «...филео – сүйемін») – жұғу құбылыстарында анықталатын және молекулааралық өзараәсерлесу күштері себеп болатын қатты дененің суға тектестігін сипаттайтын ұғымдар. Гидрофилдік пен гидрофобтық – заттардағы



a – ыдыстағы суды күштер сығымдайды; б – F күшінің құраушылары сұйықты қысады; в – F күшінің төмен бағытталған құраушылары ыдыстың түбіне әсер ететін күшті арттырады



A және B сұйықтың деңгейлері. F – ыдысқа әсер ететін күш

молекулалардың әртүрлі сұйықтармен өзараәсерлесулерінің сипаттамалары болатын **лиофилдік** [грекше «лио – босатамын, ерітемін»] дербес жағдайлары. Осы гидрофилдік пен гидрофобтықты су тамшыларының дененің тегіс бетінде ағулары бойынша, яғни олардың жұғулары бойынша ажыратуға болады. Тамшылар гидрофилдік бетте тұтастай ақса, гидрофобтық бетте – ішінара ғана ағады, оған қоса тамшы беті мен қатты дененің арасындағы бұрышына дененің гидрофобтығына қаншалықты тәуелді болады (қ. Жұзұ).

ГИЛЬБЕРТ (Гб, Gb) – магниттікқозғаушы күштер немесе магниттік потенциалдар айырымының СГС және СГСМ бірліктер жүйелеріндегі бірліктері. Ағылшын физигі Уильям **Гильберттің** (1544 – 1603) құрметіне аталған. $1 \text{ Гб} = 10/4\pi \text{ А} \approx 0,796 \text{ А}$.

ГИПЕР... (грекше «гипер – үсті, жоғары, аса») – үстінде деген мағына беретін, сөздің алғашқы бөлігіне қосылатын қосымша. Мысалы, *гипердыбыс*.

ГИПЕРДЫБЫС (*гипер... + дыбыс*) – жиілігі 10^9 -нен $10^{12} - 10^{13}$ Гц-ке дейінгі аралықта болатын серпімді толқындардың жоғары жиілікті бөлігі. Гипердыбыс физикалық табиғаты бойынша ультрадыбыстан айырмашылығы жоқ (мұның жиілігі $2 \cdot 10^4$ -нен 10^9 -іне дейінгі Гц болады). Бірақ та жиілігінің жоғары болуына байланысты, ультрадыбыс аймағының толқын ұзындығынан мұның толқын ұзындығы едәуір қысқа. Сол себепті гипердыбыстық ортаның *квазибөлшектерімен* – өткізгіштік электрондармен, жылулық *фонондармен*, *магнондармен*, т.б. өзараәсерлесуі маңызды болады. Гипердыбыс көп жағдайда квазибөлшектердің ағыны – *фонондар* ретінде қабылданады.

Гипердыбыстың жиілік аймағы дециметрлік, сантиметрлік және миллиметрлік диапазондардағы электрмагниттік толқындардың жиіліктерімен сәйкес келеді. Бірақ та толқын ұзындығы молекулалардың *еркін жол ұзындығынан* артық серпімді толқындар ғана газ тәрізді ортада тарай алады. Жиілігі 10^9 Гц қалыпты атмосфералық қысымда және бөлме температурасына тең ауада гипердыбыстың толқын ұзындығы $3,4 \cdot 10^{-5}$ см-ге сәйкес болмақ, яғни бұл әлгіндей жағдайлардағыдай молекулалардың еркін жол ұзындығымен шамалас. Бірақ та серпімді толқындардың толқын ұзындықтары газдағы бөлшектердің еркін жолының ұзындығынан айтарлықтай артық немесе сұйықтарда және қатты денелерде атомаралық арақашықтықтардан артық болғанда ғана орталарда тарай алады. Сондықтан **гипердыбыс газдарда (дербес жағдайда ауада) қалыпты атмосфералық қысымда тарай алмайды**. Гипердыбыстың сұйықтардағы өшуі өте үлкен, сол себепті, таралу қашықтығы алыс болмайды. Гипердыбыс қатты денелерде – монокристалдарда салыстырмалы түрде төменгі температураларда жақсы таралады.

Жылулық текті және жасанды қоздырылу табиғатты гипердыбыстар бар. Кристалдық торларды құрайтын атомдардың немесе иондардың жылулық тербелістерін барлық бағыттарға таралатын әрқилы жиілікті бойлық және көлденең жазық серпімді толқындар жиынтығын – **жылулық шу ретінде қарастыруға болады**. $10^9 - 10^{13}$ Гц жиіліктегі осы толқындар жылулық текті гипердыбыс немесе жылулық *фонондар* деп аталған. Кристалдардағы жылулық фонондардың жиіліктері кең алқапты болса, жасанды түрде шығарылған когерентті гипердыбыстың жиілігі белгілі бір жиіліктің тар аймағын алып жатады. Гипердыбысты шығару мен қабылдау ультрадыбыстағыдай *пьезоэлектрді және магнетрикцияны* пайдалануға негізделген.

ГИПЕРДЫБЫСТЫҚ АҒЫН – газдардағы бөлшектердің жылдамдықтары осы ортадағы дыбыстың таралу жылдамдығынан әлденеше рет (әдетте 5 реттен астам) асатын шапшаңдықпен ағатын газ ағыны.

ГИПЕРЗАРЯД (Y) (грекше «гипер – жоғары, үсті, асқан») – *адрондардың* изотоптық **мультиплетіндегі** (көп еселігіндегі) бөлшектердің екі еселенген орташа электр зарядына тең сипаттамасы. Мультиплет бөлшектерінің электр заряды (Q) **Гелл-Манн – Нишиджима формуласымен** анықталады: $Q = I_3 + Y/2$ (мұндағы I_3 – бөлшектердің изотоптық спинінің үшінші проекциясы). Гиперзаряд адронның өзгедей кванттық сандарымен өрнектеледі (бариондық заряд, ғажайыптық, «таңданарлық», «сұлулық»).

ГИПЕРОНДАР (грекше «гипер – артық, жоғары») – *нуклон* массасынан артық және тұрақты болу уақыты («өмір сүру» ұзақтығы) ұзақ (ядролық масштаб бойынша) тұрақсыз *қарапайым бөлшектер*; *адрондарға* жатады және *бариондар* болып табылады. Гиперондарға ерекше кванттық сан – *гажаптылық* (S) тән және K -мезондармен және бірқатар резонанстармен бірге *гажап бөлшектер* тобын құрады. Бөлшектердің жаңа сипаттамасы – ғажаптылықты 1953 жылы американ физигі Мюррей **Гелл-Манн** (1929 жылы туған) және 1954 жылы оған тәуелсіз түрде жапон физигі Кацухико **Нишимиджима** (1926 жылы туған) енгізген.

Алғаш ашылған гиперон лямда (Λ) гиперон 1947 жылы ғарыштық сәулелердің құрамынан табылған. Гиперондардың бірнеше типтері белгілі: лямда (Λ), массасы $m \approx 1116$ МэВ, сигма ($\Sigma^-, \Sigma^+, \Sigma^0$) $m \approx 1190$ МэВ, кси (Ξ^-, Ξ^0) $m \approx 1320$ МэВ және омега (Ω^-) $m \approx 1670$ МэВ; бұлардың барлығының антибөлшектері бар.

Шапшаң бөлшектердің ядролармен өзараәсерлесуі кезінде *гиперядро* деп аталған жүйе пайда болады, ядроның нуклондарының бірі лямда гиперонмен алмасқан. Гиперондардың қасиеттері бөлшектердің *кварктік* моделі бойынша түсіндіріледі. Осы модельге сәйкес гиперондар өзгедей бариондар секілді **үш**

кварктен құрылған, сонымен бірге гиперондардың құрамына міндетті түрде ғажаптылықты тасушы **S-кварк** енетін болады.

ГИПЕРӨТКІЗГІШТІК (грекше «гипер... – аса, үстінде) – бірқатар металдардың **абсолют нөл температураға** жуықтаған кезінде пайда болатын өте жоғары өткізгіштігі.

ГИПЕРЯДРО – құрамына *нуклондармен* бірге *гиперондар* енетін ядроға ұқсас жүйе. Алғашқы лямда-гиперядронды 1952 жылы поляк физиктері Мариан **Даныш** (1909 – 1983) пен Ежи **Пневский** (1913 – 1989) ядролық фотографиялық эмульсия арқылы ашқан. Лямда-гиперядро жоғары энергиялы бөлшектердің ядро нуклондарымен өзараэсерлесуі немесе ядроның баяу **K⁻-мезондарды қармау** кезінде пайда болады. Осының нәтижесінде жүйені ядромен байланыстыратын баяу лямда-гиперон туындайды.

ГИРО... (грекше – айналамын, шырайналдыру) – күрделі сөздің айналмалы қозғалысқа қатыстылығын білдіретін алғашқы бөлігі; мысалы, г и р о с к о п.

ГИРОТРОПТЫ ОРТА (грекше «гиро – дөңгелек, айналамын» + «тропос – бұрылу, бағыт») – тұрақты магнит өрісі түсірілген кезде электрмагниттік толқындар өткенде магниттеуші вектордың (магниттік заттарда) немесе полярланудың (өткізгіш заттарда) айналуына байланысты жасанды *анизотропия* пайда болатын орта. Гиротропты орта – **анизотропты ортаның** дербес жағдайы. Магниттелген **ферриттер, плазма, ерекше әйнек** (қорғасын араласқан), т.б. **гиротропты ортаға жатады**. Электрмагниттік толқындар гиротропты ортадан өткен кезде гирромагниттік эффектілер (*Фарадей эффектісі, Коттон-Мутон эффектісі, ферромагниттік резонанс*) байқалады.

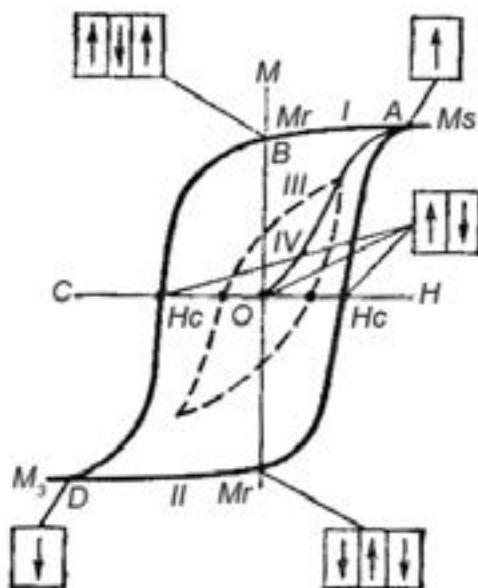
Асажоғары жиіліктегі магниттелген ферриттердің гиротроптық қасиеттеріне магниттеуші вектордың прецессиялық қозғалысы себеп болған. Гиротропты орта электроникада әрқилы аспаптар жасау үшін пайдаланылады. Магниттелген ферриттер асажоғары жиілікті вентилендер, т.б. жасауда, электрондық плазма вакуумда магнетрондық типті аспаптар жасауға, жартылайөткізгіштік плазма – өлшеуіш аспаптар жасауға қолданылады.

ГИСТЕРЕЗИС (грекше «гистерезис – кешігу, қалып қою») – дене күйін (мысалы, магниттелуін) сипаттайтын физикалық шаманың сыртқы жағдайды (мысалы, магнит өрісін) сипаттайтын физикалық шамаларға бір мәнді емес тәуелділікте болу құбылысы. Гистерезис дененің күйі тек берілген уақыт сәтінде ғана емес, сонымен қатар бұрын өткен уақыт сәтіндегі сыртқы жағдайлармен де анықталады. Шамалардың бір мәнді емес тәуелділігі кез келген үрдістерде байқалады, себебі дене күйінің өзгеруі үшін әрқашан белгілі бір уақытты (релаксация уақытын) қажет

етеді және дененің «сезінуі» (реакциясы) оны тудырушы себептерден кешігеді. Осы кешігу сыртқы жағдай қаншалықты баяу өзгертін болса, соншалықты аз болады. Бірақ та кейбір үрдістер үшін кешігу баяу өзгергенімен сыртқы жағдай кемімейді. Осындай жағдайларда шамалардың бір мәнді емес тәуелділігі *гистерезистік тәуелділік*, ал құбылыстың өзі *гистерезис* деп аталған. Гистерезис әрқилы физикалық үрдістер кезінде әртүрлі заттарда кездеседі. *Магниттік гистерезистің, сегнетэлектрлік гистерезистің және серпінді гистерезистердің* маңызы зор.

Магниттік гистерезис магниттік реттелген заттарда, мысалы, ферромагнетиктерде байқалады. Әдетте ферромагнетик *домендерге* – біртекті өз еркімен (спонтанды) магниттелу аймағына бөлінеді, бұлардың магниттелуі J_s (бірлік көлемнің магниттік моменті M_s) бірдей, бірақ J_s векторының бағыты әртүрлі. Сыртқы магнит өрісінің әсерімен өріс бойынша магниттелген домендердің саны және өлшемдері өзге домендер есебінен артатын болады. Одан басқа, жеке домендердің векторлары J_s өріс бойынша бұрылатын болады.

Сызбада гистерезисі болатын ферромагнетик үлгінің магниттелу және магнитсіздену қисықтары (**гистерезис тұзағы**) кескінделген. Жеткілікті мөлшерде күшті магниттік өрісте үлгі қаныққанша магниттеледі (А нүктесі). Сонымен бірге үлгі қанығып магниттелген M_s өріс бойынша бағытталған бір доменнен құралады. Сыртқы магнит өрісінің кернеулігі H кеміген кезде магниттік моменттің мәні (M) I қисық сызық бойынша басымдылықпен өріске қарсы бағытталған магниттік моменті бар доменнің пайда болуы және өсуі есебінен кемиді. Домендердің өсуі домен қабырғаларының қозғалысымен байланысты. Бұл қозғалыс үлгіде әрқилы ақаулардың (қосындылардың, біртексіздік, т.б.) болуынан секірісті өтеді, осының салдарынан доменнің қабырғаларында кідірілетін болады; оны орнынан жылжыту үшін магниттік



Магниттік гистерезис болатын кездегі ферромагнетиктің магниттелу және магнитсіздену қисық сызықтары: H – магнит өрісінің кернеулігі; M – үлгінің магниттелушілігі; H_c – коэрцитивтік өріс; M_r – қалдық магниттелушілік; M_s – қанығу магниттелушілік. Үзік-үзік сызықтармен гистерезистің шекті емес тұзағы көрсетілген. Үлгінің тұзақтың кейбір нүктелері үшін домендік құрылымы сұлба түрінде көрсетілген. Бірлік көлем үшін $M_s = J_s$

өріс айтарлықтай күшейтіледі. Сондықтан, кернеулік H нөлге дейін кемітілген кезде үлгіде **қалдық магниттелу** деп аталатын магниттелу M_r (B нүктесі) сақталатын болады. Үлгі **коэрцитивті өріс** H_c (C нүктесінде) аталатын қарсы бағытталған жеткілікті шамадағы күшті өрісте магнитсізденеді. Кері бағыттағы магнит өрісін әрі қарай арттырған кезде үлгі өрістің бойымен **қаныққанша** D нүктесі) қайтадан магниттеледі. Үлгінің ($D \rightarrow A$) қайтадан магниттелуі II қисық сызық бойынша өтеді. Сонымен, үлгінің магниттелуінің өзгерісін сипаттайтын өрістің циклдік өзгерісі кезінде қисық сызық магниттік **гистерезистің тұзағын** түзеді. Егер кернеулік өрісі H қанығуға жетпейтін шекте циклдік өзгеріске ұшыратылса, онда магниттік гистерезистің шекті емес тұзағы пайда болады (III қисық сызық). Кернеулік өрістің H амплитудасын нөлге дейін өзгерте отырып, үлгіні толықтай магнитсіздендіруге болады (O нүктесіне келу). Үлгіні магниттеу O нүктесінен бастап IV қисық сызық бойынша өтеді.

Магниттік гистерезистің түрі және тұзақтың өлшемдері H_c кернеуліктің мәні әртүрлі ферромагнетиктер үшін кең алқапта өзгертін болады. Мысалы, таза темірде $H_c = 1 \text{ Э}$ (Эрстед), магнито корытпасында $H_c = 580 \text{ Э}$. Магниттік гистерезистің пішініне материалды өңдеудің әсері үлкен, ақаулар саны өзгертін болады.

Магниттік гистерезис тұзағының ауданы өрістің бір цикл кезіндегі өзгеріске шығындалатын энергияға пропорционал болады. Бұл энергия ең соңында үлгіні қоздыруға жұмсалады. Энергияның осы шығыны **гистерезистік шығын** деп аталған. Гистерезиске энергия шығындау қажет болмайтын жағдайда (мысалы, трансформаторлардың өзектерінде, электр машиналардың статорларында және роторларында) H_c мәні аз және тұзақ ауданы кіші магниттік-жұмсақ материалдар қолданылады. Тұрақты магниттер жасау үшін **коэрцитивтік күші** үлкен магниттік қатаң материалдар қолданылады.

Айнымалы магниттік өрістің жиіліктерінің артуына байланысты (уақыт бірлігіндегі қайталап магниттелу циклдерінің саны) гистерезистік шығындарға қосымша **құйынды токқа** және **магниттік тұтқырлыққа** байланысты шығындар да қосылады. Гистерезистің тұзақтарының сәйкес аудандары ұлғаяды. Осындай тұзақ кейде жоғарыда сипатталған **статикалық тұзақтан** өзгеше **динамикалық тұзақ** деп атаған.

Ферромагнетиктердің басқадай көптеген қасиеттері магниттелуге байланысты, мысалы, электрлік кедергі, механикалық деформация. Магниттелудің өзгерісі осы қасиеттердің өзгерістерін тудырады. Сәйкес түрде, мысалы, **гальванимагниттік гистерезис**, **магнитострикциялық гистерезис** байқалады.

Сегнетэлектрлік гистерезис – электрлік сегнетэлектриктің электрлік полярлануының (P) электр өрісіне бір мәнді болмайтын тәуелділігі.

Серпімді гистерезис – серпімді дененің деформациясының уақыттық дамуының кернеулерден кешігуі, қатты денелердегі ішкі кедергілердің білінуінің бір түрі болып табылады. Серпімді гистерезистің табиғатын түсіндіру үшін **релаксация теориясы, дислокациялар теориясы** пайдаланылады.

Диэлектрлік гистерезис – сегнетэлектриктің диэлектрлік полярлануларының сыртқы электр өрісінің кернеулігіне бірімәнді болмайтын тәуелділігі.

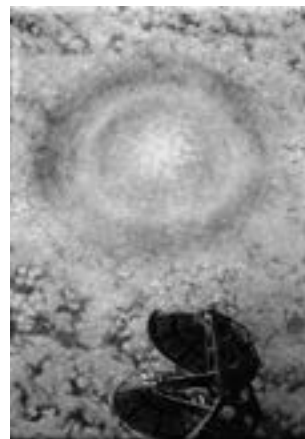
Магниттік гистерезис – магнетиктің магниттелуінің сыртқы магнит өрісінің кернеулігіне бірімәнді болмайтын тәуелділігі.

Серпімді гистерезис – серпімді дене деформациясының уақыт бойынша дамуының сырттан түсірілген (ықпал етуші) механикалық кернеуден кешігуі, сондай-ақ деформация мен кернеудің арасындағы тәуелділіктің бірімәнді болмауы.

ГИСТЕРЕЗИСТІК ҚҰБЫЛЫС, электрондық аспаптардағы – электрондық аспаптың кез келген сипаттамасының оны анықтайтын шамалардың біріне бірімәнді емес тәуелділікпен өрнектелуі. Өндірілетін (шығарылатын) қуаттың шағылыстырғыш клистрондағы кернеуге бірімәнді емес тәуелділікте пайда болуы әлгі шағылыстырғыштың **электрондық гистерезисі** – гистерезистік құбылысқа мысал болады. Электрондық гистерезис кернеудің бір мәндерінде қуат шығаруды азайтуы мүмкін және кернеудің өзге мәндерінде қуаттың шығуы секірісті пайда болуына әкеп соқтырады.

ГИСТЕРЕЗИСТІК ШЫҒЫНДАР (w_0) – магниттік материалды толық бір циклде осы материалдың бірлік көлемінде шығындалатын энергиясы; жалпы жағдайда магниттік гистерезистің тұзағының ауданымен өрнектеледі. Әдетте гистерезистік шығын қаншалықты аз болса, магниттік материалдың сапасы соншалықты жоғары болады. Мысалы, жоғары сапалы пермаллойдың гистерезистік шығыны $(4-50) \cdot 10^{-7}$ Дж/см³ индукцияның максимал мәні кезінде [0,5 Тл (Тесла)].

ГЛОРИЯ (латынша – тәж, әшекей) – бақылаушының көлеңкесінің немесе оған жақын орналасқан заттар көлеңкелерінің төңірегінде пайда болатын бір немесе бірнеше түрлі түсті дөңгелектер (сақиналар); бақылаушының көлеңкесінің бұлтқа немесе тұман қабатына түсуі қажет. Глория көбінесе аспанда ұшақтың төмендегі бұлтқа түскен көлеңкесінің айналасынан байқалады. Глорияға ұқсас құбылысты таулы аймақта кісінің көлеңкесінің төңірегінен де байқауға болады. Бұл құбылыс тауда Күн дискісі көкжиектен жаңадан көтерілген кезде жарық сәуленің көкжиекке параллель



бағытта таралатын жағдайда кісінің көлеңкесі біраз қашықтықтағы тұманға немесе бұлтқа түскен кездері байқалады. Тұман мен бұлтқа дейінгі қашықтық артқан сайын көлеңкенің өлшемі ұлғая түседі, түрлі түсті реңмен көрінетін болады. Бұл құбылыс алғаш рет Германияның Брокен деген қаласының маңайында байқалған. Сол себепті бұл құбылыс **Брокен елесі** деп аталып кеткен. Осы құбылысты альпинистер Кавказ, Памир тауларынан да байқаған.

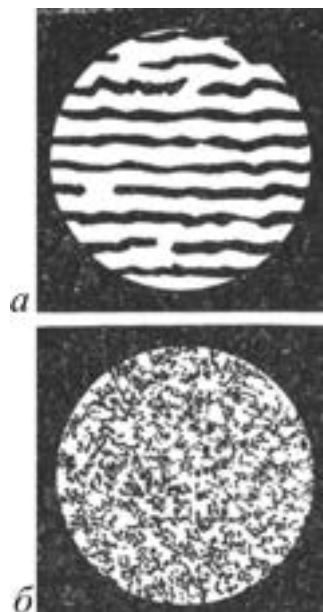
Глория құбылысы Күн сәулесінің *дифракциялық* құбылысының нәтижесі болып табылады. Күн сәулесі тұманның немесе бұлттың су тамшыларына белгілі бір бұрышпен жанай түскенде (әлгі тамшылардың ішінен шағылысып өздерінің тамшыларға түскен бағыттарына параллель дерлік бағытта кері қайтады да дифракциялық кескін суретті тудыратын болады. Сол себепті глория «**антитәж**» деп те аталады.

ГЛЮБОЛ – глюондардан құралған құрама бөлшек.

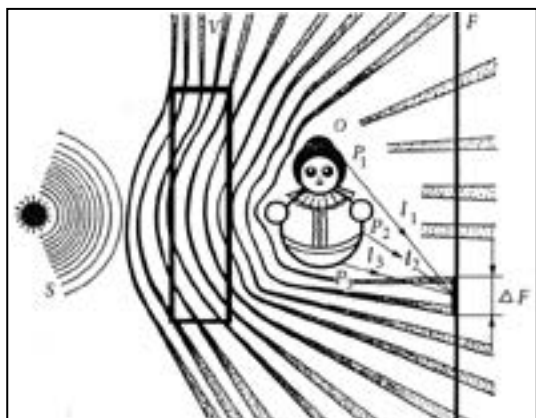
ГЛЮОНДАР (ағылшынша «glue – желім») – спині 1 және тыныштық массасы нөл (яғни тыныштықта массасы болмайтын) болатын *кварктер* арасында күшті өзараәсерлесулерді тасымалдағыш болып табылатын **болжалды электрлік бейтарап бөлшектер**. Күшті өзараәсерлесудің осы заманғы теориясында – *кванттық хромодинамикада* «түс» кванттық сипаттамасын иемденген **сегіз глюон бар** деп жорамалданған. Кварктер арасында глюондар алмасу кварктердің «түстерін» өзгертеді, бірақ та өзге кванттық сандарды (**электр зарядын, ғажаптықты, таңырқарлықты, сұлулықты**) өзгеріссіз қалдырады, яғни кварктік типті «хошиісті» сақтайды. Глюондар «түске» ие болғандықтан, бұлар глюондар (глюондық өрісті) тудырып әрі жұтып, бірімен-бірі тікелей өзараәсерлесе алады. Глюондар ғылыми тәжірибе жүзінде онша серпімді емес үрдістерде білінеді. Тыныштықтағы **протонның барлық энергиясының 50%-ы глюондар үлесіне тиесілі**. «Түстерді» ұстау салдарынан глюондар бос күйінде кездеспейді, мысалы, *мезондарды* құратын кварк пен *антикварктің* аннигиляциясы кезінде туатын глюон адрондық ағынға айналады. Глюондар бос күйінде бола алмайды.

ГОЛДСТОУНДЫҚ БОЗОН – массасы нөл және спині нөл болжалдық бөлшек. 1961 жылы американи физигі Джеффри **Голдстоун** (1933 – ?) ұсынған. Бұл бозон айныған төменгі (вакуумдық) энергетикалық күйлердің үздіксіз жиынтығын қамтыған теория бойынша, симметрияның өздігінен бұзылуы кезінде кванттық өріс жүйесінде қоздыру кванты ретінде пайда болады. Голдстоундық бозондардың пайда болуы және жұтылуы осы жиынтық күйлердің арасындағы ауысулармен қабаттасып өтеді. Сол себепті әртүрлі вакуумдық күйлер голдстоундық бозондардың санымен ерекшеленеді.

ГОЛОГРАММА (грекше «холос – түгел, барлығы» + «грамма – сызық, жазу») – голографиялық әдіспен жарық сәуле сезгіш материалға (немесе басқадай ортаға) жазып алынған толқындық өрістің интерференциялық кескін суреті; нысанның көлемдік суреті туралы ақпараты бар және қайта жаңғырту (қалпына келтіру) кезінде әлгі сурет қайтадан жаңғыртылып пайда болады. Голограммаға ақпарат жазу үшін ортаның оптикалық тығыздығы (**амплитудалық голограмма**), немесе сыну көрсеткіші немесе ортаның қалыңдығы (**фазалық голограмма**), немесе ортаның оптикалық екі сипаттамасы да (**амплитудалық-фазалық голограмма**) өзгертілу арқылы жүзеге асырылады. Ақпарат тасығыштың жұқа қабатына интерференция-



*a – қарапайым голограмма;
b – күрделі голограмма*



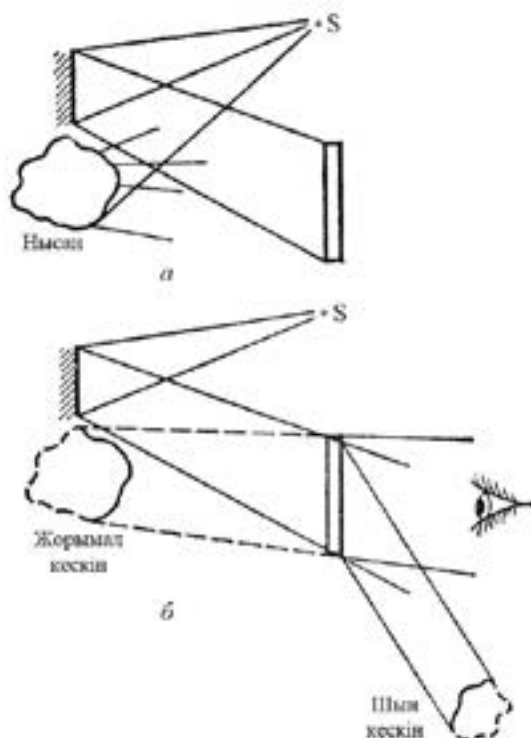
Көлемдік голограмма шығару

лық жолақ жүйесі түрінде жазылған голограмма екі өлшемді деп, ал интерференциялық бет жүйесі түрінде жазылғаны – үш өлшемді голограмма деп аталған. Нысанның кескіні голограмманы сүзіп өтетін жарық сәуле немесе шағылған сәуле арқылы қайтадан жаңғыртылады (қалпына келтіріледі), яғни кескін суреті пайда болады.

ГОЛОГРАФИЯ, оп т и к а л ы қ (грекше «холос – түгел, толық» + «графия – жазамын») – ғылыми-техникалық **толқындық өрістерді жазу, қайтадан жаңғыртып көрсету** және түрлендірумен және осылардың негізінде голографиялық құрылғылар жасаумен айналысатын бағыт. Голографиялық әдістер әр қилы физикалық табиғатты [мысалы, электрмагниттік (көрінетін, инфрақызыл, радио және басқа диапазонды) акустикалық, электрондық толқындық өрістерді, радиоголографиялық, т.б.] толқындық өрістерді жазып алуға, қайтадан көрсетуге және түрлендіруге мүмкіндік береді. Оптикалық голография нысан шашыратқан толқындық өрісті жазу және көрсету тәсілімен нысанның (объектінің) **көлемді кескінін** шығару үшін жарық сәуленің *интерференциясын* пайдалануға негізделген. Нысанды жарық сәуле көзімен (**заттық**

толқын деп аталған толқынмен) және онымен когерентті толқынмен (**тірек толқын** деп аталған толқынмен) сәулелендірген кезде нысаннан шағылған толқыннан пайда болған **интерференциялық кескін суретті** тіркеу арқылы нысанның толқындық өрісін жазу іске асырылады. Нысанның толқындық өрісін қайта жаңғырту жарық сәуле сезгіш материал тіркеген интерференциялық кескін суретке тірек толқынның *дифракциясы* арқылы жүзеге асырылады.

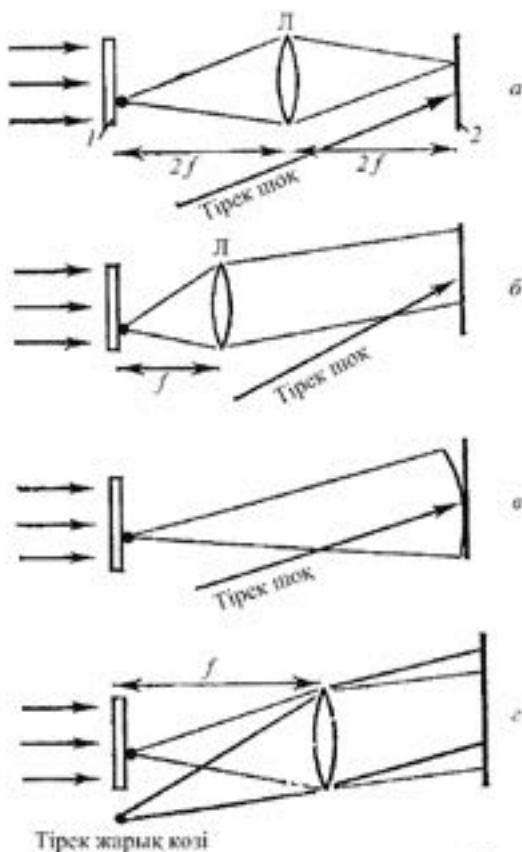
Голография алғашында электрондық микроскопты кемелдендіру тұрғысында болжанған идея болды. Оған монохроматты өте күшті жарық көзі қажет еді. Сол себепті ол іс жүзінде бірден қолдау таппады. *Лазердің* пайда болуына байланысты голографияны физикада, оптикада, радиотехникада, т.б. техника салаларында кеңінен пайдалануға мүмкіндік туды. Нысанның кәдімгі фотографиялық кескінін шығару жарықтың **сфералық толқын шебінің** жан-жаққа таралуына негізделген. Әр нүктенің жарық сәулелерін шағылдыру ерекшеліктері әртүрлі, сондықтан жарық сезгіш қабатқа түсетін сәуленің қарқындылығы да түрліше. Көлемдік денелерден шағылған жарық **фотопластинкаға жазық кескін болып түсірілгенімен**, оның сапасы төмен, сурет нысанға дәл үйлесімді болмайды. Оған себеп, фотопластинкаға тек шағылған сәуле қарқындылығы, яғни электрмагниттік толқындардың амплитудасы ғана әсер етеді. Шағылдырушы беттің қасиеттеріне сәйкес жарық толқынының *амплитудасы* мен *фазасы* өзгереді. Егер кәдімгі фотографияда денеден шағылып шашыраған сәуле толқындарының амплитудасы ғана пайдаланылса, голографияда оған қоса толқындардың фазалық өзгерісі де тіркеледі. Сол себепті фотопластинкаға нысаннан шағылған фазасы мен амплитудасы өзгерген сәуле (**сигналдық толқын**) түсіруге қоса оған фазасы мен амплитудасы тұрақты лазерлік сәуле (тірек толқын) түсіріледі (1-сұлба). Сигналдық толқын мен тірек толқынның өзараәсерлесуінен фотопластинкада



1-сызба. Голограмма алу (а) және толқын шебін қалпына келтіру (б) сұлбасы. Үзік сызықпен айналар көрсетілген.

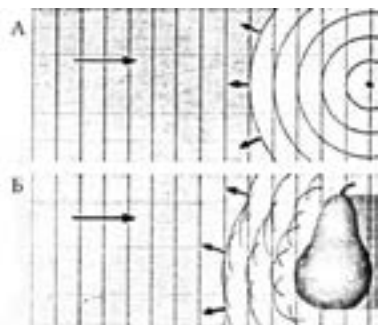
интерференциялық бейне сурет пайда болады. Өңделген фотопластинка *голограмма* деп аталған. Қарапайым жағдайда, (мысалы, сызықты дене) голограмма күңгірт (көмескі) және жарық жолақтардан түзіледі. Нысанның сырт пішіні күрделі болса, голограммадағы интерференциялық сурет те күрделенеді. Голограммаға жазылған нысандарды жай көзбен не *микроскоппен* ажырату мүмкін емес. Дене кеңістіктегі кескінін қайтадан жаңғыртып шығару үшін голограммаға диапозитив секілді **тірек сәуле** түсірілуі қажет. Бұл сәуленің толқындық сипаттамалары голограмма түсірілген сәуленің қасиеттерімен бірдей болуы шарт. Дененің кескіні жарықтандыратын сәулеге белгілі бір бұрышпен көрінеді (*2-сұлба*). Ол кескінге кез келген бағытта қарауға болады. Бақылаушы адам **дененің кеңістіктегі кескінін байқайды**. Егер суретке түсірер мезетте **денелердің біреуі екіншісін қалқалаған болса**, онда голограммаға өзгедей бір бұрышпен қарап, **әлгі қалқаланып көрінбей қалған дененің кескінін байқауға болады**.

Голографияның басқадай өзіне тән ерекшелігі – **кескін голограмманың әрбір нүктесіне түгелдей жазылады** (түсіріледі). Мысалы, тұтас голограмманы бірнешеге бөліп, әрқайсысын жеке-жеке тірек толқынмен сәулелендірсе, әр бөлік голограммадағы бүтін суретті көрсетеді. Оған себеп, голограмманың әр нүктесіне нысанның бүкіл нүктесінен шағылған толқындар әсер етеді. Голографияның екінші бір ерекшелігі – **нысанның тек позитивтік кескіні ғана шығады**. Егер голограмма жанаспа әдісі бойынша басқа фотопластинкаға көшірілсе, оны сәулелендіргенде бастапқы голограммадағыдан өзгеріссіз кескін пайда болады. **Фотопластинкаға бірнеше нысанның суретін бірінен соң бірін түсіріп**, олардың әрқайсысын бір-біріне кедергісіз жекелей кескіндеу голографияны келешекте **кине-**



2-сызба. Әртүрлі голограммалар сұлбалары: а – фокусталған кескін шығару; б – Фраунгофер голограммасы; в – Френель голограммасы; г – Фурье голограммасы. 1 – зат; 2 – фотопластинка; Л – линза; f – линзаның фокус қашықтығы.

Голография жарықтың толқындық шебін түрлендіруге негізделген. Жарқырайтын нүкте сфералық толқын тудырады (А), заттың беті күрделі пішінді (В) толқындық шеп шығарады. Бір көзден таралатын екі жазық толқын фотопластинкаға түскенде қара және ақ жолақтардан (В) түзілген кәдімгі интерференциялық сурет түсіреді – осы сурет қарапайым голограмма болады. Жазық және күрделі толқындар (Г) интерференцияланған кезде әлгі сурет өзгеше болып байқалады.



матографияда қолдануға мүмкіндік тұғызады.

Сәулелендіруші тірек толқынның ұзындығын өзгерту арқылы голограммалық кескіндердің пайда болу қашықтықтарын өзгертуге болады. Бұл



ерекшелік – *радиотолқын, инфрақызыл, ультракүлгін және рентген сәулелері* арқылы жазылып алынған **голограммалық суретті көрінетін кескінге айналдыруға мүмкіндік беретін бірден-бір тәсіл**. Голограмманы сәулелендіру кезінде толқынның тек ұзындығы ғана емес, **толқын шебін** де өзгертуге болады. Мысалы, голограммаға сфералық шашыранды толқын түсіріп, нысанның ұлғайтылған кескінін шығаруға болады. **Голографиялық микроскоп** осы қасиетке негізделіп жасалған. Бұл микроскоп арқылы (ұлғайту коэффициенті $10^7 - 10^8$ мөлшерінде) тірі организмдердің, заттардың ішкі құрылымын зерттеу мүмкіндігі бар.

1948 жылы ағылшын физигі Деннис **Габор** (1900 – 1979) голографияның негізін қалап ең алғашқы голограмманы да ойлап тапқан болатын. 1962 – 63 жылдары американдық физиктер Э.Лейт пен Ю.Упатниекс жарық сәуле көзі ретінде лазерді қолданып, көлбеу тірек ағынды голографиялық сұлба жасаған. Орыс физигі Юрий **Денисюк** (1927 – 2006) **үш қабатты көлемдік** (үш өлшемді ортаға жазылған) **голограмма** шығарған. Голографиялық әдістер акустикалық өрістерді (*голография акустикалық*) және электрмагниттік өрістерді (радиодиапазондағы) көрінетін кескіндерге айналдыру үшін де пайдаланылуда.

Голографиялық әдіс тек қана электрмагниттік сәулелерге ғана емес, **дыбыстық толқындарға да тән қасиет**. Мысалы, жарық сәуле өтпейтін сұйық ішіндегі көзден таса дененің голографиялық кескінін анықтауға болады. Ол үшін денеге дыбыс генераторларымен әсер етіледі. Сонда сұйық бетінде дыбыстық голограмма пайда болады. Оны көру үшін лазермен сәулелендіру қажет. **Тірі организмдердің ішкі құрылымдарын зерттеуде дыбыстық голограмма арқылы көрудің маңызы**

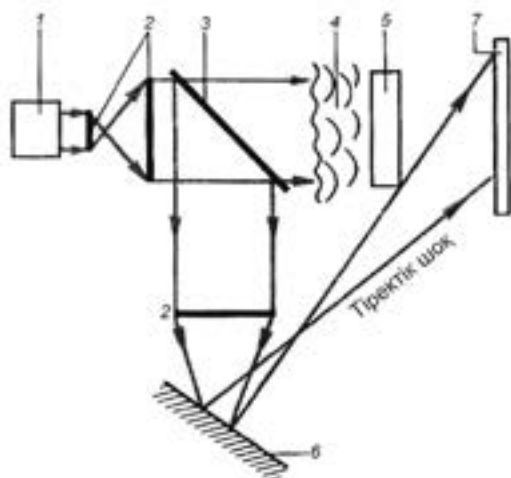
өте зор. Голографияны белгілі бір затты не оның бөліктерін голограммалары бойынша басқа денелердің арасынан дәл «іздеп» табу үшін қолдануға болады. Бұл әдіс криминалистикада (мысалы, қылмыскердің саусақ таңбаларын басқалардан ажыратуға), өшірілген әріптерді, сөздерді, суреттерді айқындауға, т.б. қолданылады.

Голографиялық кино – түрлі түсті стереоскоптық кинематографтың голографиялық әдістер мен құралдар арқылы қозғалмалы нысандарды жарық сезгіш материалға түсіру және олардың кескіндерін қайтадан жаңғыртып көрсету жүзеге асырылатын түрі.

ГОЛОГРАФИЯ, акустикалық – дыбыстық өрістерді жазудың, жаңғыртудың және түрлендірудің интерференциялық әдісі. Акустикалық голография шағылысқан және шашыраған өрістердің амплитудалық-фазалық құрылымдарын, акустикалық сигналдарды кеңістіктік-уақыттық өңдеу, акустикалық антенналардың бағыт алуының сипаттамаларын өлшеу үшін *дыбыстықвизияда* (дыбыс арқылы көруде) пайдаланылады. Акустикалық голографияның негізгі принципі оптикалық *голографияға* ұқсас: ең алдымен тірек және зат шашыратқан екі толқынның (өрістің) интерференциялық құрылым (кескін сурет) тіркеледі, сонан соң кескін сурет (акустикалық голограмма) алынысымен ол сурет қалпына келтіріледі немесе әлгі зат шашыратқан өрістің суреті заттан біраз қашықтықта пайда болады.

Жоғары жиілікті ультрадыбыстық-жиіліктердің акустикалық голография ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында, мысалы, биологиялық зерттеулер үшін **акустикалық микроскопияда**, ішкі органдардың құрылымдары туралы ақпараттар алу үшін медициналық диагностикалық құрылғыларда, материалдардың ішкі ақауларының кескіндерін алу үшін *дефектоскопияда* қолданылады.

ГОЛОГРАФИЯЛЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАР – голографиялық әдістер негізінде заттың толқындық өрісін жазу және қайта жаңғыртып қалпына келтіруді жүзеге асыратын құрылғылар. Бұл құрылғылар *интерферометр*, **голографиялық микроскоп**, **голографиялық жадқа сақтағыш құрылғы**, голографиялық коррелятор, голографиялық оптикалық элемент-



Голографиялық құрылғы. Голографиялық интерферометрдің сұлбасы: 1 – сәуле көзі; 2 – оптикалық бөліктер; 3 – жарық бөлгіш; 4 – шашыратқыш; 5 – зат; 6 – айна; 7 – голограмма жазуға арналған орта

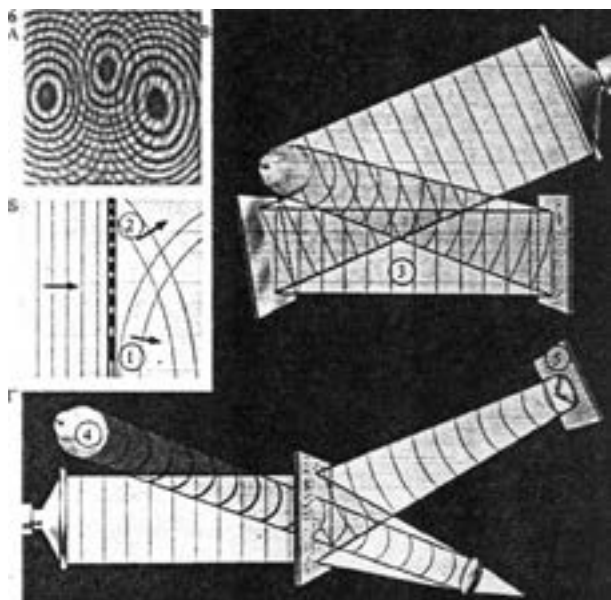
тер, голографиялық кино және телевизия құрылғылары, т.б. түрлерге бөлінеді. Голографиялық интерферометрде жарық сәуле бөлгіш голограммамен ауыстырылған, заттың салыстырмалы толқындық шебін жазып алуға мүмкіндік береді. Бұл интерферометр заттардың өзгерістерін тіркеуге арналған (мысалы, деформациясын, сыну көрсеткішінің өзгерісін, т.б.). Сонымен қатар күрделі мөлдір және шағылыстырғыш нысандарды да (объектілерді де) тіркей алады, интерференциялық толқындарды зерттеуге арналған.

Голографиялық интерферометр – жарық бөлгіш голограммамен алмастырылған интерферометр; бұл құрылғы заттың салыстырылатын толқындық шептерін жазып алуға мүмкіндік жасайды. Осы интерферометр затта пайда болатын өзгерістерді (мысалы, деформацияны, сыну көрсеткіштің өзгерісін т.б.), сонымен қатар мөлдір және күрделі пішінді шағылыстырғыш нысандарды (объектілерді) тіркеуге

интерференциялық толқындарды зерттеуге арналған.

Голографиялық жадқа сақтағыш құрылғылар – ақпараттарды сақтауға, бұларды енгізуді және шығаруды голографиялық әдістермен (оптикалық жадқа сақтау құрылғыларымен) жүзеге асыратын құрылғылар.

Голографиялық микроскоп – қайталанбалы импульстік сәуелік лазерді пайдалану кезінде динамикалық нысандар туралы ақпараттарды жазуға арналған құрылғы. Бұл линзасыз және аралас-құралас (комбинациялы) микроскоптарға ажыратылған. Линзасыз голографиялық микроскоптағы толқын ұзындықтары мен толқын шептерінің қисықтығы әртүрлі мәнді ұлғайту толқындарды жазу және жаңғырту кезінде



Голограммдан (А) лазерлік шоқ өткен кезде екі толқындық шеп (Б): шын кескін шығаратын тоғысатын (1), және жорымал кескіннен шығатын шашыраған толқындық шеп пайда болады. Голограмманы (В) жазу кезінде лазерлік жарық заттан шағылып, фотопластинкаға түседі. Лазер шоғының бір бөлігі айнадан шағылып, фотопластинкаға түседі – осы шоқ тірек шоғы (3) болады. Голограмманы лазерлік шоқпен сәулелеген кезде кескін (Г) қалпына келтіріледі (яғни жаңғыртылып көрінетін болады). Бақылаушы заттың (4) үшөлшемді жорымал кескінін байқайтын болады. Шын кескін фотопластинкаға (5) тіркеледі.

голографиялық микроскоптағы ұлғайту толқындарын жазу және жаңғырту кезіндегі толқын ұзындықтары мен толқын шептерінің қисықтығы әртүрлі мәндерін пайдалану арқылы жүзеге асырылады. Аралас-құралас голографиялық микроскопта айғақтығы жоғары және үлкен көлемді кескін шығару үшін кәдімгі микроскоп қолданылады.

Голографиялық коррелятор – бейнелерді кірістік және эталондық бейнелермен салыстыру үшін оптикалық бейне анықтауышта пайдаланылады.

Голографиялық оптикалық бөліктер – толқындық өрістерді әрқилы өзгерістерге ұшырататын голограммалар (фокустауыш, диафрагмалау, шағылыстыру, сүзу, полярландыру, т.б.) болып табылады. Әдеттегі линзалар мен айналар арқылы оптикалық бөліктердің қажетті сипаттамаларын алу қиын болатын жағдайларда қолданылады.

ГОМОАУЫСУ (грекше «гомос – тең, бірдей, ортақ» + ауысу), гетероауысудан өзгешелігі – әртүрлі типті өткізгіштің екі аймағының бір ғана жартылайөткізгіште немесе легирлеуіш қоспасының шоғырлануымен (концентрациясымен) жанасуы. Екі жанасушы аймақтың біреуі **донорлармен легирленген**, p – n -ауысуға, ал екіншісі **акцепторлармен легирленген** (яғни акцепторлар қосылған) n^+ – n -ауысуға ажыратылған (екі аймақ та донорлық қоспамен, бірақ әртүрлі дәрежеде легирленген), [+ белгілі көп дәрежеде легирленгендікті аңғартаын белгі] және p^+ – p -ауысуы (екі аймақ та акцепторлық қоспамен легирленген).

ГОМОГЕНДІ ЖҮЙЕ (грекше «гомогенес – біртекті») – қасиеттері (химиялық құрамы, тығыздығы, қысымы, т.б.) кеңістікте үздіксіз өзгеретін *термодинамикалық жүйе*. Газ қоспалары, сұйықтар немесе қатты ерітінділер және басқа жүйелер – гомогенді жүйелер болады. Гомогенді жүйелер физикалық біртекті және біртекті емес жүйелерге ажыратылады. Біртекті гомогенді жүйелерде осы жүйенің әртүрлі бөліктерінің қасиеттері бірдей, ал біртекті емес жүйелердің қасиеттері – әртүрлі болады. Біртекті емес гомогенді жүйедегі қасиеттердің үздіксіз өзгеруіне орай гетерогенді жүйедегіден айырмашылығы болады. Бұл жүйеде – бірінен-бірін шектеп ажыратушы беттер жоқ, сол себепті мұнда шектейтін ажыратқыш беті болатын бөлік жоқ, олай болса ең болмағанда бір қасиеті өзгеретіндей секіріс те болмайды. Тартылыс өрісіндегі газ – физикалық біртекті емес гомогенді жүйеге мысал болады, оның тығыздығы биіктікке көтерілген сайын үздіксіз өзгеретін болады.

ГОМОГЕНДІ РЕАКТОР (грекше «гомогенес – біртекті» + латынша «ре... – қайталау + акцио-эсер») – нейтрондар үшін біртекті орта болатын, *ядролық отын* (уран, плутоний) мен баяулатқыш (су, ауыр су, т.б.) гомогенді қоспа түзетін

ядролық реактор. Қоспа ядролық отын мен баяулатқыштың сұйық ерітіндісі немесе нейтрондардың еркін жолының ұзындығымен салыстырғанда жеткілікті мөлшердегі кіші өлшемді бөлшектердің қалқымалы ортасы түрінде болады. Бұл реакторда арнайы жылу тасығыштар пайдаланылмайды. Бұл реактор негізінен физикалық зерттеулерде қолданылады. Гомогенді реактор жасаудың техникалық күрделілігі оның кеңінен тарауына кедергі болуына қарамастан арзанға түсетіндігі, активті зонасын тазалаудың оңайлығы және пайдалы әсер коэффициентінің жоғарылығы гомогенді реактордың пайдалануын жеңілдеткен.

ГРАВИТАЦИЯ (латынша «гравитас – ауырлық») – *тартылыс* дегенмен ұғымдас атау.

ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ КОЛЛАПС (латынша «коллапус – құлап түскен») – ғарыштық нысанның (объектінің) өлшемдерін едәуір кішірейтуге әкеп соғатын әлгі нысанның меншікті тартылыс күшінің әсерінен гидродинамикалық сығымдалуы. Гравитациялық коллапстың дамуы үшін қысым күштері не мүлдем болмауы, немесе ,ең болмағанда гравитациялық күштерге қарсыласуға жеткіліксіз болуы қажет. Гравитациялық коллапс жұлдыздардың екі шекті эволюциялық (даму) кезеңінде пайда болады. Біріншіден, жұлдыздардың тууы олардың пайда болатын гравитациялық коллапсты газ–тозаң бұлттардан басталған, екіншіден, кейбір жұлдыздар гравитациялық коллапс арқылы *нейтрондық жұлдыз* күйіне немесе қара апанға ауысып өздерінің соңғы эволюциясын аяқтайды.

Нейтрондық жұлдыздар мен қара апандардың пайда болуы кезіндегі гравитациялық коллапстың басталуына атомдық ядроларын оларды құраушы нуклондарға диссоциялаудың және (немесе) электрондық нейтриноны шығару тәсілімен энергияны қарқынды шығындаумен қабаттасу салдарынан жұлдыздардың тепе-теңдік орнықтылығының жоғалтылуы түрткі болған.

Гравитациялық коллапс жұлдыздар эволюциясының басталуы және аяқталуы туралы сигнал беретін күрделі үрдіс (процесс) болып табылады.

ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ҚАРМАУ, т а р т ы л ы с т ы ң р е л ь т и в т і к т е о р и я с ы н д а ғ ы – таза гравитациялық эффектілер бойынша шексіздіктен ұшып келетін бөлшектерді тарту орталықтарының қармау құбылысы.

Ньютондық тартылыс теориясында екі дененің таза гравитациялық қармалу мәселесі мүмкін емес. Шексіздіктен ұшып келетін бөлшектің толық энергиясы теріс емес болатындықтан, тартушы орталыққа қатысты парабола немесе гипербола бойынша қозғалады да, қайтадан шексіздікке ұшып кетеді.

Жалпы, салыстырмалық теориясында егер тартушы орталық *қара апан* болса, гравитациялық қармау мүмкін болады. Осы жағдайда, егер бөлшектің траекто-

риясы қара апанға жеткілікті жақын келетін болса, бөлшек гравитациялық қармауға шалдығады да қара апанға құлап түседі.

ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ МАССА, а у ы р м а с с а – дене қасиеттерін тартылыс көзі ретінде сипаттайтын физикалық шама; инертті (әрекетсіз) массаға тең.

ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ӨЗАРАӘСЕРЛЕСУ, қарапайым бөлшектердің – барлық белгілі іргелі өзараәсерлесулердің ең әлсізі. Бұл өзараәсерлесудің білінуі оның қашықтан әсер ету сипатына және макроскоптық масштабтарда гравитациялық эффектілердің когерентті күшейтілуіне байланысты. Макроүрдістердегі (макропроцестердегі) гравитациялық өзараәсерлесу эффектісі гравитациялық тұрақты шамамен – $G \approx 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3 \text{ г}^{-1} \text{ с}^{-2}$ сипатталады. Релятивтік емес (салыстырмалы емес) жағдайда екі бөлшектің гравитациялық өзараәсерлесуінің потенциалдық энергиясы (U) олардың массаларымен (m_1 және m_2) және бұлардың арақашықтығымен (r) Ньютонның бүкіләлемдік тартылыс заңы бойынша анықталады: $U = G m_1 m_2 / r$. Қарапайым бөлшектердің гравитациялық өзара әсерлесуін анықтау үшін осы заңды қолданатын болсақ, мысалы, арақашықтығы $r = 10^{-13}$ см екі протонның гравитациялық өзараәсерлесуі үшін $U \approx 1,7 \cdot 10^{-42}$ эрг $\approx 10^{-36}$ МэВ, бұл шама әлгі екі қарапайым бөлшектің электрстатикалық (кулондық) өзараәсерлесуінен 10 еседей аз. Сондықтан қарапайым бөлшектер үшін гравитациялық өзараәсерлесу тәжірибелерде ескерілмейді. Гравитациялық өзараәсерлесудің релятивтік классикалық теориясы **Эйнштейннің жалпы салыстырмалық теориясы** болып табылады, әлсіз гравитациялық өріс шегінде (релятивтік емес жағдайда) Ньютонның тартылыс теориясына ауысады. Өте күшті гравитациялық өрісте күшті электромагниттік өрістердегідей жұптардың пайда болу үрдістеріне (процестеріне) ұқсас бөлшектердің пайда болу кванттық үрдісінің жүзеге асырылуы мүмкін. Осы үрдістердің теориялық сипатталуы жалпы салыстырмалық теория негізінде қарастырылады.

ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ СӘУЛЕ – кеңістікте жарық жылдамдығымен таралатын толқын түріндегі электромагниттік сәулеге ұқсас еркін (өзін тудыратын көзбен байланыспаған) гравитациялық өріс. Бұл сәуле массалардың (денелердің) бірқалыпты емес (бірқалыпсыз) қозғалысы кезінде пайда болады. Гравитациялық толқындардың болуы Эйнштейннің жалпы салыстырмалық теориясынан туындайды. Гравитациялық сәуле ғылыми тәжірибе жүзінде анықталмаған, оған заттармен өзара әсерлесуі барынша әлсіз болуы себеп болған.

ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ СӘУЛЕ ШЫҒАРУ – айнымалы үдемелі қозғалатын денелердің (массалы) гравитациялық толқындар шығаруы. 1916 жылы Альберт **Эйнштейн** (1879 – 1955) тұжырымдаған жалпы салыстырмалық теориясы

(тартылыстың релятивтік теориясы) вакуумда жарық жылдамдығымен таралатын гравитациялық толқындық сипаты болатын гравитациялық өріс ұйытқуының болатынын алдын ала болжаған. Әлсіз ұйытқу кезінде гравитациялық сәуле шығару полярлану күйіндегі екі толқынды анықтайтын екі тәуелсіз құраушысы болатын көлденең толқындық сипатта болады. Гравитациялық толқын энергия мен импульс тасиды. Бұлар денелерге ықпал ете отырып олардың бөліктерін салыстырмалы түрде ығыстырады (денелерді деформациялайды). Гравитациялық сәуле шығаруды анықтау осы жайтқа негізделген. Бірақ осы кезге дейін гравитациялық сәуле табылған жоқ, оған себеп қарқындылығы өте аз болуы және олардың заттармен әлсіз әсерлесуі себеп болатын секілді.

ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ТОЛҚЫНДАР – үдемелі қозғалыстағы массалар тарататын (шығаратын), өзін таратушы көзден «ажырайтын» және де кеңістікте электрмагниттік сәулеге ұқсас жарық жылдамдығымен таралатын айнымалы гравитациялық өріс.

ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ТҰРАҚТЫ – Ньютонның тартылыс заңына енетін іргелі физикалық тұрақты (констант) шама (G): $F = G \frac{mM}{r^2}$, мұндағы m және M – біріне-бірі тартылатын денелердің (материалдық нүктелердің) массалары, r – тартылысатын денелердің арақашықтығы, F – тартылыс күші, $G = 6,6720 (41) \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-2}$ (1980). Гравитациялық тұрақтының өте дәл мәні динамикалық әдіспен – иірілмелі таразының тербеліс периодының өзгеруі бойынша анықталады.

ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ЫҒЫСУ – электрмагниттік сәуленің гравитациялық өрісте таралуы кезіндегі жиілігінің өзгеруі. *Қызыл ығысу* деген мақаланы қараңыз.

ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ЭНЕРГИЯ, к л а с с и к а л ы қ ф и з и к а д а ғы – денелер (бөлшектер) жүйелерінің өзара тартылысына байланысты пайда болатын *потенциалдық энергия*. Мұның екі дене үшін абсолюттік мәні осы **денелер массаларының көбейтіндісіне тура пропорционал және денелер арасындағы арақашықтыққа кері пропорционал болады**. Гравитациялық энергияның нөлі ретінде оның бір-бірінен шексіз алыс қашықтықтағы, яғни денелер үшін, олардың арасында гравитациялық өзараәсерлесуі жоқ кезіндегі мәні алынған. Денелер жақындаған кезде тартылыс күші тартылыстың потенциалдық энергиясы яғни гравитациялық энергия есебінен жұмыс жасайды. Осы себепті шекті қашықтықта орналасқан кез келген денелер жүйелері үшін гравитациялық энергия **теріс** болады. Оқшауланған денелер жүйелері үшін гравитациялық энергия **байланыс энергиясы** болып табылады.

Оқшауланған денелер жүйелерінің **толық энергиясы**, олардың **кинетикалық және потенциалдық энергияларының қосындысына тең**, уақыт бойынша

сақталады. Орташа гравитациялық энергия абсолюттік шамасы бойынша олардың орташа кинетикалық энергиясынан екі есе артық. Сол себепті осындай жүйенің толық энергиясы теріс және гравитациялық энергияның жартысына тең болады. Толық энергиясы оң, яғни кинетикалық энергиясы гравитациялық энергиядан артық жүйе орнықты бола алмайды.

ГРАВИТОН – гравитациялық өрістің кванты. Жалпы салыстырмалық теория бойынша гравитациялық өрістің ұйытқулары вакуумда гравитациялық толқындар түрінде таралады. Электрмагниттік өрістің кванты – фотон ұғымына әкеп соқтыратын осы өрісті кванттауға ұқсас гравитациялық толқындар өрісін кванттау гравитациялық өрістің кванты – гравитон ұғымына әкеледі. Гравитонның энергиялары мен импульстерінің қосындысы гравитациялық толқындардың энергиясы мен импульсін анықтайды. Спині 1-ге тең фотоннан гравитонның айырмашылығы оның спині 2-ге тең (h бірліктерімен), бұл жайт гравитациялық өзараәсерлесудің тензорлық сипатын бейнелейді. **Гравитонның тыныштықтағы массасының нөлге тең болуы қажет**, ал жылдамдығы – бос-тықта жарық жылдамдығына тең. Бөлшектердің және антибөлшектердің аннигиляциясы және жұптардың тууы, мысалы, $e^+ + e^- \leftrightarrow g + g$ кезінде гравитондардың (g) пайда болуы және жойылуы мүмкін. Бірақ мұның ықтималдығы туу үрдісі фотондардың туу ықтималдығынан $10^{30} - 10^{40}$ есе кем. Сондықтан апаттық ғарыштық құбылыстар кезінде жоғары энергиялы гравитондардың шығаруы аз болмақ. Гравитациялық өзараәсерлесу өте әлсіз болғандықтан гравитондарды анықтау мүмкіндігі әзірше ғылыми тәжірибелерден сырт қалуда.

ГРАД (гон) – тікбұрыштың $1/100$ үлесіне тең жазық бұрыш, g белгісімен белгіленген, $1^g = 0,0157$ радиан = $0,900^\circ$ (бұрыштық градус), $1^\circ = 1,111^g$.

ГРАДИЕНТ (латынша «градиентис – жүретін, адымдайтын») – векторлық талдаудың скаляр өріске векторлық өрісті салыстыратын негізгі амалдарының бірі. grad векторы өрістің әрбір нүктесіндегі бағытты көрсетеді; grad векторы өрістің әлгі бағыттағы арту жылдамдығына тең.

ГРАДУС (латынша – адым, баспалдақ, дәреже), температуралық – әртүрлі температуралық межелерге (шкалаларға) сәйкес болатын әртүрлі температуралық бірліктердің жалпылама атауы. Градус межелері Кельвин межесі немесе кельвин (K), Цельсий градусы ($^\circ\text{C}$), Реомюр градусы ($^\circ\text{R}$), Фаренгейт градусы ($^\circ\text{F}$), Ранкин градусы ($^\circ\text{Ra}$) деп бірнешеге ажыратылған. $1\text{K} = 1^\circ\text{C} = 0,8^\circ\text{R} = 1,8^\circ\text{F} = 1,8^\circ\text{Ra}$. Кельвин – Халықаралық бірліктер жүйесінің (СИ) негізі бірліктерінің бірі.

ГРАДУС, бұрыштық – тікбұрыштың $1/90$ үлесіне тең жазық бұрыштың бірлігі, $^\circ$ белгісімен белгіленген. $1^\circ = 60' = 3600''$, мұндағы –' бұрыштық минут, –''

бұрыштың секунд. Градуспен шеңбер доғасы да өлшенеді (толық шеңбер 360° -қа тең).

ГРАММ (латынша және грекше «грамма – салмақтың кіші өлшеуіші») – СГС жүйесінде массаның негізгі бірлігі, Халықаралық *бірліктер жүйесінде (СИ)* үлестік бірлік (0,001 кг), ең таза химиялық судың ең тығыз температурасында (жуық шамамен 4°C -та) 1 см^3 көлемдегі массасы (0,2% дәлдікпен) 1 граммға тең.

...**ГРАММА** (грекше белгі – әріп, жазу) – күрделі сөздің жазу, графиктік бейнелеу деген ұғым беретін соңғы бөлігі.

Голограмма – заттық және тірек толқындарының қабаттасулары нәтижесінде пайда болатын және фотоматериалға түсірілетін интерференциялық сурет.

Дебайграмма – Дебай-Шеррер әдісі бойынша түсірілген поликристалдың рентгенграммасы. Бұл әдісті 1916 жылы голланд физигі Петер **Дебай** (1884 – 1966) мен швейцар физигі Пауль **Шеррер** (1890 – 1970) бірлесіп ұсынған.

Диаграмма – әртүрлі мәнді шамалардың арасындағы қатынасты көрнекі көрсететін графиктік кескін.

Диффрактграмма – диффрактметрде фотоэлектрлік немесе иондандыру детекторымен тіркелген дебайграмма.

Интерферрограмма – интерферометрде сәуле жолдарының айырымын жатық (бірте-бірте) өзгерту тәсілімен алынған зертелмекші электромагниттік сәулелердің қарқындылығының кез келген тәсілмен тіркелген модуляциясы.

Лауэграмма – үздіксіз спектрлі болатын рентгендік сәулелер арқылы қозғалмайтын монокристалдың дифракциялық кескіні. Неміс физигі Макс **Лауэнің** (1879 – 1960) құрметіне аталған. Ол 1912 жылы рентгендік сәуленің кристалдардағы интерференциялық теориясын тұжырымдаған. Оның ұсынысы бойынша сол жылы оның отандас физиктері Вальтер **Фридрих** (1883 – 1968) пен Пауль **Книппинг** (1883–1935) кристалдарды дифракциялық тор ретінде пайдаланып рентгендік сәулелердің интерференциясын тәжірибе жүзінде дәлелдеген.

Рентгенграмма – рентгендік сәулелермен нысанды (объектіні) сәулелеу нәтижесінде пайда болған әлгі нысанның кескінін жарық сезгіш материалға түсіру (тіркеу).

Электронграмма – зертелмекші зат шашыратқан электрондар тудыратын кескін.

Эпиграмма – кристалл мен рентген түтігінің арасында фотоленка орналасатын кезде түсірілетін лауэграмма.

ГРАММ-АТОМ – әрбір химиялық элементтегі зат мөлшерінің бірлігі. 1 грамм-атом – сан жүзінде заттың *атомдық массасына* тең граммен өлшенген массасы.

Мысалы, оттектің (атомдық массасы 16) грамм-атомы 16 г, уранның (атомдық массасы 238,03) грамм-атомы 238,03 г. т.б. Барлық элементтердің грамм-атомындағы атомдар саны өзара бірдей және ол *Авогадро санына* тең, яғни $N_A = 6,022045 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹. Қазір қолданыстан шығып қалған. Мұның орнына *моль* бірлігі пайдаланылады.

ГРАММ-МОЛЕКУЛА, моль – жай немесе күрделі заттың молекулалық массасына теңбе-тең алынған **грамм саны**. Мысалы, күкірт қышқылының молекулалық массасы 98,078, ал грамм-молекуласы 98,078 г-ға тең. Бүкіл заттың грамм-молекуласында $6,02252 \cdot 10^{23}$ (грамм-молекуласында $6,022045 \cdot 10^{23}$) молекула болады.

ГРЭЙ (Гр, Gy) – иондауыш сәуленің және *керманың* жұтылған дозасының Халықаралық *бірліктер жүйесіндегі (СИ) бірлігі*. Ағылшын ғалымы А.Грэйдің құрметіне аталған. 1 Гр массалы 1 кг затқа 1 Дж кез келген иондауыш сәуле берілген кездегі сәуле дозасына тең. $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 104 \text{ эрг/г} = 102 \text{ рад}$.

ГРЮНАЙЗЕН ЗАҢЫ – қатты дененің (тұрақты көлемі кезінде) жылулық ұлғаю коэффициентінің (α) жылусыйымдылыққа (C_v) қатынасының температураға тәуелді болмайтындығын анықтаған заң. Жай кристалдық торлары болатын (көпшілік элементтер және бірқатар қосылыстар, мысалы галогенидтер үшін) кристалдар үшін: $\alpha/C_v = \theta_D V d\theta_D/dp$, мұндағы θ_D – Дебай температурасы, V – дененің көлемі, p – қысым.

Бұл заңды 1908 жылы неміс физигі Эдвард **Грюнайзен** (1877 – 1949) эмпириялық жолмен анықтаған.

ГУК ЗАҢЫ – серпімді ортадағы *кернеулер* мен аздаған *деформациялар* арасындағы **сызықтық тәуелділікті өрнектейтін** негізгі заңы. Бұл заңды 1660 жылы ағылшын физигі Роберт **Гук** (1635–1703) l ұзындықты және көлденең қимасы S шыбықты (стерженді) созған кезде шыбықтың Δl ұзаруы созушы F -күшке пропорционал болатынын айғақтаған, яғни $\Delta l = kF$, мұндағы $k = l/ES$ (E – Юнг модулі). Гук заңын $\sigma = E\varepsilon$ түрінде өрнектеуге болады, мұндағы $\sigma = F/S$ – көлденең қимадағы қалыпты кернеу, $\varepsilon = \Delta l/l$ – шыбықтың салыстырмалы ұзаруы. Ығысу кезінде жанама кернеу τ ығысу деформациясына γ пропорционал болады. Яғни $\tau = G\gamma$, мұндағы G – ығысу модулі.

Гук заңы сәл деформация кезінде көптеген қатты денелер үшін дұрыс болады және серпімділік теориясы үшін негізгі физикалық заң болып табылады.

ГЮЙГЕНС – ФРЕНЕЛЬ ПРИНЦИПІ – толқындардың, әсіресе жарық толқындарының таралу есебін жуықтап шешу туралы әдісі. Бұл принципті 1678

жылы голланд физигі әрі астрономы Христиан Гюйгенс (1629–1695) енгізген. Бұл әдіске сәйкес қарастырылып отырған сәттегі толқын келіп жеткен беттің әрбір нүктесі қарапайым толқындардың орталығы болады және ол осы толқындардың сыртқы қоршаушы беті келесі уақыт сәтіндегі толқындық беті болады (1-сызба). Кері бағыттағы қарапайым толқынлар (үзік-үзік сызықты) ескерілмейді. Осы принцип бір көлемде, кез келген нүктеде жүзеге асатын бүкіл толқындық үрдістің (процестің) әсерлерін анықтау мәселесін қалауымызша алынған толқындық беттің берілген нүктеге тигізетін әсерін есептеуге әкеп соқтырып жеңілдететін болады. Гюйгенс принципі *геометриялық оптика* заңдарымен сәйкес келгенімен, *дифракция* құбылысын түсіндіре алмайды.

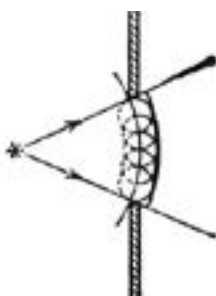
1815 жылы француз физигі Жан Френель (1788 – 1827) қарапайым толқындардың *когеренттілігі* және толқындар *интерференциясы* туралы түсінік енгізе отырып Гюйгенс принципін толықтырған,

бұл жайт Гюйгенс – Френель принципі негізінде көптеген дифракциялық құбылыстарды (толқындар дифракциясын, жарық дифракциясын) қарастыруға мүмкіндік ашты.

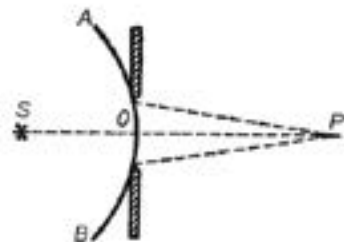
Зоналар тәсілі деп аталатын бұл көрнекі тәсіл толқындық бетті

шағын (кішкене) аймақтарға (Френель зоналарына) бөлген. Сол аймақтардан таралған қарапайым толқындар интерференциясына олардың амплитудалары мен фазалары қатысады.

Гюйгенс – Френель принципіне сәйкес кез келген P нүктесіндегі толқындық ұйытқуды бір толқындық беттің кез келген әрбір бөлігі тарататын екінші реттік қарапайым толқындардың интерференциясы ретінде қарастыруға болады (2-сызба). Осындай бет сызбада нүктелік S көзден таралатын сфералық (AOB) толқындық бет болып табылады. Егер кез келген бөгеттермен шектелген толқындардың таралуы қарастырылатын болса (мысалы, сызбада көрсетілген мөлдір емес экранның саңылауынан), онда толқындық бетті бөгеттің шетімен жанасатындай болып таңдалуы қажет. Барлық нүктелері бірдей фазада тербелетін бет – **толқындық бет** немесе **толқындық шеп** (фронт) деп аталған. Гюйгенс – Френель принципі жарық дифракциясының көптеген түрлерін жуықтап түсіндіруге мүмкіндік береді.



1-сызба.
Толқындық бет



2-сызба. S – нүктелік толқын көзі; AOB – сфералық бет; P – нүкте



ҒАЖАП БӨЛШЕКТЕР – ғажаптылығының (S) *кванттық саны* нөл болмайтын («кәдімгі», «ғажап емес» бөлшектерден айырмашылығы, мысалы, π -мезондар, нуклондар үшін $S = 0$) *адрондар* және өзгедей ерекше сипаттамалары – «таңырқарлық», «сұлулық» нөлдік мәнді болатын адрондар. Ғажап бөлшектерге K -мезондар, *гиперондар*, кейбір *резонанстар* жатады. Бүкіл ғажап бөлшектер тұрақсыз. Ғажап бөлшектер *күшті өзараәсерлесу* нәтижесінде өте тез ($\sim 10^{-23}$ секундтай уақытта) ыдырап кетеді; ғажаптылық өнімдерінің қосындысы олардың бастапқы ыдырайтын бөлшектерінің ғажаптылықтарының қосындысына тең. Өзгедей ғажап бөлшектер **квазитұрақты** және *әлсіз өзараәсерлесу* нәтижесінде салыстырмалы түрде ғажаптығы аз бөлшекке, «ғажап емес» бөлшекке және (немесе) *лептондарға* баяу ($\sim 10^{-8} - 10^{-10}$ сек уақытта) ыдырайды, осы жағдайда ыдырау өнімдерінің ғажаптылық қосындысы модулі бойынша бастапқы бөлшектің ғажаптылығынан 1-ге кем болады. Ғажап бөлшектер жоғары ықтималдықпен «кәдімгі» адрондардың күшті өзараәсерлесуі кезіндегі соқтығысулардан туындайды, бірақ бұлар міндетті түрде жұптар болып (немесе одан да көп мөлшерде) пайда болады, олардың қосынды ғажаптылығы нөлге тең болуы керек. Ғажап бөлшектер «кәдімгі» бөлшектерге әлсіз өзараәсерлесу есебінен, өте аз ықтималдықпен туындайды. Бөлшектердің тәртібіндегі осы «ғажаптылығы» олардың **ғажап** деп аталуына себеп болған.

ҒАЖАПТЫЛЫҚ (S) – *адрондардың* (бариондар, мезондар және резонанстар) өздік өзгеше ерекшеліктерінің сипаттамасы болып табылатын «таңырқарлық» (C) және «сұлулық» (b) сандарымен қатар барлық қосылғыштарының қосындысы болатын *кванттық сан*. Барлық адрондардың белгілі бір бүтін санды (нөлдік, оң немесе теріс) мәндері (S) болады, сонымен қатар $|S| \leq 3$. *Антибөлшектердің* «таңырқарлық» ғажаптылығымен салыстырылғанда қарама-қарсы таңбалы болады. $S \neq 0$ (ғажаптылығы нөлге тең емес, бірақ та $C=0$ және $b=0$) адрондар *ғажап бөлшектер* деп аталған (күшті өзараәсерлесуші бөлшектерге – *фотонға, лептонға* $S=0$ мәні берілген). Күшті және электрмагниттік өзараәсерлесуге тән үрдістерде (процестерде) ғажаптылық сақталған, яғни бастапқы және соңғы бөлшектердің

қосынды ғажаптылығы бірдей. Әлсіз өзараәсерлесу үрдістерінде (*зарядталған ток* есебінен өтетін) ғажаптылықтың бұзылуы мүмкін, сонымен қатар бастапқы және соңғы бөлшектердің қосынды ғажаптылығы $|\Delta S|=1$ болады. Осы кездегі түсінік бойынша кейбір адрондардың $S \neq 0$ болмауы, олардың құрамына бір немесе бірнеше ғажайып *кварктердің* енуіне байланысты болады.

Ғажаптылықтың кванттық саны (С) π -мезондардың нуклондармен және нуклондардың нуклондармен соқтығысулары кезінде К-мезондар мен гиперондардың жеке-жеке пайда болмау (тыйым салу) фактілерін түсіндіру үшін енгізілген болатын; *К-мезонның және гиперонның* соқтығысу үрдістерінде (процестерінде) тек бірлесіп тууын бақылау құраушылар жұбына шамалары бойынша тең, бірақ мәндер таңбасы бойынша қарама-қарсы таңба меншіктелген кванттық сандармен түсіндіру мүмкін болды. Осы сандар *ғажаптылық* деп аталып кеткен және ғажаптылық күшті өзараәсерлесуде сақталып қалған. Ғажаптылықтың өзгедей кванттық сандармен байланысы **Гелл-Манн – Нишиджиманың** жалпыланған формуласымен өрнектелген. Қазіргі кезге дейін белгілі бөлшектердің ғажаптылығы (S) 3-тен аспайды. Күшті өзараәсерлесуге қатысатын бөлшектердің ғажаптылығы мен олардың электр зарядының (Q) арасындағы байланыс мынадай: $Q = I_3 + \frac{1}{2}(S+B)$, мұндағы I_3 – изотоптық спиннің үшінші проекциясы, B – бариондық заряд. Бұл қатыс **Гелл-Манн – Нишиджима формуласы** деп аталған.

S = -3	S = -2	S = -1	S = 0	S = 1	S = 2	S = 3
Ω^-	Ξ^-, Ξ^0	$\Lambda, \Sigma^+, \Sigma^0, \Sigma^-, K^-, K^0$	$p, n, \pi^+, \pi^0, \pi^-, \eta$	$\Lambda, \Sigma_0^+, \Sigma^0, \Sigma^-, K^+, K^0$	Ξ^-, Ξ^0	Ω^-

Күшті және электромагниттік өзараәсерлерге қатысатын бөлшектердің толық ғажаптылығы өзгермейді. Ал әлсіз әсерлесуге қатысқанда олардың ғажаптылығы өзгеруі мүмкін. Сонымен, ғажаптылық – жалпы алғанда жуық шамадағы **кванттық сан** болып табылады.

ҒАЛАМ – бізді қоршаған бүкіл материалдық әлемнің бақыланатын бөлігі. Ғаламда өлшемдері мен массаларының айырмашылықтары болатын сан алуан нысандар (объектілер) тегі – қарапайым бөлшектерден, атомдардан және молекулалардан бастап, көлемі әралуан ғаламшарлар, жұлдыздар, галактикалар, галактика шоғырлары және дисперстік заттар (газдар мен шаң-тозаңдарға), солармен қоса әр текті физикалық өрістер (гравитациялық, электромагниттік, т.б.) кездеседі. Ғаламның кеңістік пен уақыт бойынша шеті де, шегі де жоқ. Ғаламды зерттеумен тікелей шұғылданатын ғылым – **астрономия**.

Егер ХХ ғасырға дейін Ғалам туралы ілім Ньютонның *бүкіләлемдік тартылыс заңы* мен **евклидтік геометрияға** негізделсе, қазіргі заманның ғаламтану ғылымы

өзінің теориялық тұжырымына Эйнштейннің жалпы салыстырмалық теориясы мен евклидтік емес геометрияны басшылыққа алған. Ғалам – кеңістік тұрғысынан да, уақыт тұрғысынан да шексіз, оның әу баста басталған басы болмаған, ең соңында ақыры да болмайды. Ғалам мәңгі.

ҒАЛАМДЫҚ ЭФИР (грекше «эфир – бастапқы нағыз материалдық элемент») – өткен XVIII–XIX ғасырлардың ғылымы жарықтың немесе жалпы электромагниттік өзараәсерлесулерді тасымалдайтын барлық нәрселердің ішіне енеді деп болжанған жарық эфирі. Алғашқы кезде эфир серпімді денеге ұқсас механикалық орта ретінде түсіндірілген болатын. Жарық толқындарының таралуы дыбыстық серпімді ортадағы таралуға ұқсастырылды, ал электр және магнит өрістері эфирдің механикалық керілуіне теңестірілді. Механикалық эфир болжалы үлкен қиындыққа кездесті. Жарық толқындарының көлденең толқын болуы эфирдің абсолют қатты дененің қасиеті – болмауын, сонымен қатар аспан денелерінің қозғалысына эфирдің ешқандай кедергісі болмауы талап етілді. Эфирді механикалық түсіндіру қиын болғандықтан XIX ғасырдың соңына қарай оның механикалық моделін жасаудан бас тартуға әкеп соқтырды.

1887 жылы А.Майкельсон мен Э.Морли (1838 – 1923) эфирді анықтау үшін қарапайым құрылғы жасаған. Бұл құрылғыда жарық шоғы айнадан шағылысқан соң перпендикуляр екі шоққа ажыратылып соңынан қайтадан біріккен. Бұл сәулелердің жолдары бірінен бірі шамалы өзгеше болған, бұлар бірінің үстіне бірі қабаттасып түскенде интерференциялық сурет пайда болған. Майкельсон мен Морли осы сәулелердің қозғалысын бір бағытта, сонан соң аспапты бұрып тік бұрыш жасайтын бағытта қайтадан бақылау жүргізген. Егер жарық эфирде қозғалатын болса, ол жарық Жердің қозғалыс бағытында және ол қозғалысқа перпендикуляр бағытта әртүрлі жол жүрмек болатын. Егер де жол әртүрлі болатын болса, аспапты бұл интерференциялық суреттен өзгешелік байқалатын болмақшы. Осы тәжірибеде және мұнан кейінгі жүргізілген тәжірибелерде әлгіндей жағдай кездеспеген.

Майкельсон – Морли тәжірибесінен эфирдің болмайтыны біржолата айғақталған. Осы жайт Ғаламда абсолюттік қозғалысты өлшеуге арналған санақ жүйесіне байланыстырылатын ешқандай материалдық нысанның (объектінің) жоқтығын білдіреді.

Қазіргі кездегі көзқарас бойынша физикалық вакуум кәдімгі материалдық ортаның кейбір қасиеттеріне ие. Бірақ оны эфирмен шатастырмау керек, ол эфирден принципті түрде өзгеше, өйткені электромагниттік өріс арнайы тасығышты қажет етпейтін тәуелсіз нысан (объект).

ҒАРЫШ – Ғалам деген ұғыммен мағыналас атау. Жер атмосферасынан тысқары кеңістік; Жер төңірегіндегі планетааралық, жұлдызаралық, галактикааралық кеңістік және онда кездесетін бүкіл нысандар түгелдей ғарыштық аймаққа тиеселі.

ҒАРЫШТЫҚ ЖЫЛДАМДЫҚТАР – дененің Жер бетінен ұшып шығып **Жердің жасанды серігіне** айналуы үшін, Жерден тысқары **ғарыштық кеңістікке** ұшып шығу және Күн жүйесінен тысқары ұшып кетуге қажет болатын жылдамдықтар. Дененің Жер бетінен ұшып шығып, Жердің жасанды серігіне айналуға қажет жылдамдықты **ғарыштық бірінші жылдамдық** деп, жер бетінен Жердің жасанды серігі орбитасына шығып, Жердің тарту күшін жеңіп, одан тысқары әрі қарай, ғарыштық кеңістікке ұшуына қажет жылдамдықты – **ғарыштық екінші жылдамдық** деп, ал Күн жүйесінен тысқары жұлдызаралық кеңістікке ұшып кету үшін Жердің және Күннің тарту күштерін жеңіп шығатын жылдамдықты – **ғарыштық үшінші жылдамдық** деп атаған.

Ғарыштық бірінші жылдамдық – ғарыштық аппараттың Жердің гравитациялық өрісінде Жердің жасанды серігіне айналатын ең аз жылдамдық. Бұл жылдамдық $v_1 = \sqrt{GM} / r$ формуласымен есептеліп анықталады, мұндағы $GM = 398603 \text{ км/сек}^2$ (G – гравитациялық тұрақты, M – Жердің массасы). Ғарыштық бірінші жылдамдық – **д ө н г е л е к** жылдамдық деп аталған. Ғарыштық бірінші жылдамдықтың мәні $v_1 = 7,91 \text{ км/сек}$.

Ғарыштық екінші жылдамдық – ғарыштық аппараттың Жердің әсер ету аймағынан шығып **Күннің жасанды серігіне айналуына қажетті ең аз жылдамдық**. Мұнымен қатар басқаша атаулар да қолданылады; қашықтау жылдамдығы, шығып кету жылдамдығы, сондай-ақ **п а р а б о л а л ы қ** жылдамдық, себебі ғарыштық аппарат v_{II} жылдамдық басталар алдында параболалық траектория бойынша қозғалып Жерден қашықтайтын болады. параболалық жылдамдықтан кем жылдамдық **э л л и п с т і к** жылдамдық, ал одан артық жылдамдық – **г и п е р б о л а л ы қ** жылдамдық деп аталған. Ғарыштық екінші жылдамдық $v_{II} = \sqrt{GM} / r$ формуласы бойынша анықталады, ол жылдамдық $v_{II} = 11,186 \text{ км/сек}$.

Ғарыштық үшінші жылдамдық – Жерден ұшырылған ғарыштық аппараттың Күннің тарту күшін жеңіп **Күн жүйесінен тысқары шығып кетуге қажет ең аз жылдамдық**. Бұл жылдамдық ғарыштық аппараттың Жердің әсер ету шекарасы аймағына жеткенде Күнге қатысты параболалық жылдамдыққа ие болуы шарт. Сол себепті $v_{III} = 16,67 \text{ км/сек}$ -қа тең болады.

ҒАРЫШТЫҚ ПЛАЗМА – ғарыштық кеңістіктегі және ғарыштық нысандардағы (объектілердегі): жұлдыздардағы, жұлдыздар атмосферасындағы, галактикалық тұмандықтардағы, т.б. плазма. **Плазмалық күй** – ғаламдық заттарда ең көп таралған күй. Жер төңірегіндегі ғарыштық кеңістіктегі 350 км биіктіктегі тығыздығы (n) жуық шамамен $\sim 10^5 \text{ см}^{-3}$ -ке тең болатын ғарыштық плазманы; Жердің **радиациялық белдеуінің** және **магнитсферасының** плазмасын ($n \sim 10^7 \text{ см}^{-3}$), Жердің бірнеше радиусына тең болатын биіктікке дейін созылып жатқан

(бөлшектерінің тығыздығы $\sim 10^2 \text{ см}^{-3}$ -ке тең деп сипатталатын) плазмасфераны – **ионсфера плазмасы** ретінде қарастыруға болады. Күннен жан-жаққа радиал бағытта таралатын Күн плазмасының (*Күн желінің*) тығыздығы $\sim 1 - 10 \text{ см}^{-3}$ -ке тең. Ғарыштық плазманың ең аз тығыздығы жұлдызаралық және галактикааралық кеңістіктерде ($n \approx 10^{-3} - 10^{-4} \text{ см}^{-3}$) кездеседі. Мұндай ғарыштық плазмаларда, әдетте, термодинамикалық тепе-теңдік (дербес жағдайда электрондық және иондық құраушы бөліктер аралығында) болмайды. Тез өтетін үрдістердегі (процестердегі) мысалы, *соққы толқындардағы* плазма соққылаусыз өтеді. Күнді және жұлдызды сырт жағынан ортасына қарай тығыздығы біртіндеп артатын (*тәж, хромсфера, фотосфера*, конвекциялы аймақ, ядро) ғарыштық ұйысқан алып плазма ретінде қарастыруға болады. **Ғарыштық плазма идеал газ** болып табылады.

ҒАРЫШТЫҚ СӘУЛЕЛЕР – Жерге үнемі ғарыш кеңістігінің әр тарапынан келіп тұратын, басым бөлігін жуықтап алғанда изотропиялық қасиетті *протондар* құраған жоғары энергиялы *қарапайым бөлшектердің*, сонымен бірге протондардың Жер атмосферасында ауадағы атомдар ядроларымен өзараэсерлесуі нәтижесінде пайда болатын, іс жүзінде барлық белгілі қарапайым бөлшектер кездесетін **екінші реттік сәулелердің ағыны**.

Ғарыштық сәулелер негізінен Күн жүйесінен тысқары кеңістіктен келеді. Бұлардың арасында **алғашқы реттік ғарыштық сәулелердің** энергиясы 10^{21} эВ-қа дейін жететін жоғары энергиялы – Күннен тысқары галактикалық ғарыштық сәулелер және Күннің ғарыштық сәулелері (энергиясы 10^{10} эВ-тан аз орташа энергиялы сәулелер) болады. Күн активтілігі артқанда ғарыштық сәулелердің осы бөлігінің үлесі де едәуір артады. Аса жоғары энергиялы бөлшектер Біздің Галактикамыздан тыс кеңістіктен (металактикадан) де келуі ықтимал. **Ғарыштық сәулелердің ауаны иондайтынын** алғаш рет 1912 ж. австриялық физик Виктор Франс Гесс (1883 – 1964) байқаған. Жер бетінен биіктеген сайын ауаның иондалу дәрежесі артатындықтан Гесс бұл сәулелерді ғарыштан келеді деп жорамалдаған. Магнит өрісінде орналасқан *Вильсон камерасындағы* ғарыштық сәулелердің ізін зерттеудің [1923 ж. америка физигі Р.Милликен (1868 – 1953); 1927 ж. кеңес физиктері Д.Скобельцын (1892–1990) және 1935 ж. С.Вернов (1910 – 1982)] нәтижесінде ғарыштық сәулелердің зарядты бөлшектерден (көбінесе протондардан) құралғандығы анықталған. Жер бетінен шамамен 30 км биіктікке көтерілген ядролық фотоэмульсияда сутектен басқа ауыр элемент ядроларының да іздері байқалған. Ғарыштық сәулелерді әрі қарай зерттеу кезінде *позитрон, мюон, пи-мезон, К-мезон, Л-гиперон* т.б. көптеген бөлшектер табылды.

Жер бетіндегі 1 см^2 ауданға 1 секунд уақытта жуық шамамен ғарыштық сәуле ағынынан 1 бөлшек келеді екен. Бастапқы **ғарыштық сәулелердің құрамында 90%-дай протондар, 7%-ға жуық α -бөлшектер** және аз ғана мөлшерде (1%) ауыр

элементтер ядролары бар. Ғарыштық сәулелер құрамында **электрондар мен позитрондар** (~1%), сондай-ақ жоғары энергиялы (100 МэВ-тан жоғары) фотондар (~0,01%) да бар. Үлесі аз болғанмен фотондар (γ -кванттар) ғарыштық сәуле көздерін анықтауда елеулі орын алады. Өйткені **фотондар магнит өрісінде өзінің бағытын өзгертпейді**. Жер магнитсферасындағы радиациялық белдеулердің пайда болуында ғарыштық сәулелердің әсерлері мол.

Күн бетінде байқалатын хромосфералық атқылау кезінде ғарыштық сәулелердің қарқындылығы қысқа мерзімді болса да артады. Кейбір хромосфералық атқылау кезінде ғарыштық сәулелердің Күннен келетін бөлігі галактикалық сәулелерден едәуір артып кетеді (мыс., 1956 ж. 23 ақпанда байқалған атқылауда 300 есеге дейін артқан).

Сәуле ағынының өзгерісін зерттеу **геомагниттік ұйтқу, полярлық жарқыл** сияқты көптеген геофизикалық құбылыстарды түсіндіруде маңызды болады. Галактикалық ғарыштық сәулелер қарқындылығындағы периодтық өзгерістері негізінен **Күн активтілігінің 11 жылдық цикліне сәйкес келеді**. Бұл модуляция галактикалық ғарыштық сәулелердің Күннен таралатын магниттік плазма ағынына «ілесуі» (*Күн желі*) және одан шашырауы салдарынан туындайды.

Ғарыштық сәулелерді зерттеуде екі түрлі **ғарыштық физикалық және ядролық физикалық бағыт** айқын бөлініп шықты. Алғашқы ғарыштық сәулелердің табиғатын, олардың пайда болуын, құрамын, энергетикалық спектрлерін, уақыттық өзгерістерін, ғарыштық сәулелердің әртүрлі құбылыстарының сипаттамаларымен байланыстарын зерттеумен т.б. айналысады. Екінші бағытта жоғары энергиялы ғарыштық сәулелердің заттармен өзараәсерлесулерін, қарапайым бөлшектердің атмосферада пайда болуы және олардың қасиеттері зерттеледі. Осы көзқарас жоғары энергиялы бөлшектер физикасымен тығыз байланысты болады. Атап айтсақ екінші реттік ғарыштық сәулелерді зерттеу **позитрон (1932), мюон (1937), π -(1947) және К-мезондарды, Λ -гиперонды ашуға әкеп соқтырды**.

Осы кездегі түсінік бойынша ауыр ядролармен «байытылған» ғарыштық сәулелер жеңіл ядролармен салыстырғанда сәуле көздерінде эффектілі түрде үдетілуінің салдары болып табылады. **Жеңіл ядролы литийдің, бериллийдің, бордың көп таралу себебі ауыр ядролардың жұлдызаралық орта атомдарының ядроларымен соқтығысуы кезінде ыдырауының нәтижесі**. Ғарыштық сәулелердің жұлдызаралық ортадағы (тығыздығы ~3 г/см²) Галактикадағы «өмір сүру» уақыты ~3·10⁻⁷ жыл шамасында болады. Ғарыштық сәулелер құрамында **электрондар** да (1%) кездеседі. Осы жайт **ғарыштық радиосәулелердің синхротрондық табиғаты болатыны** туралы болжалды растайды.

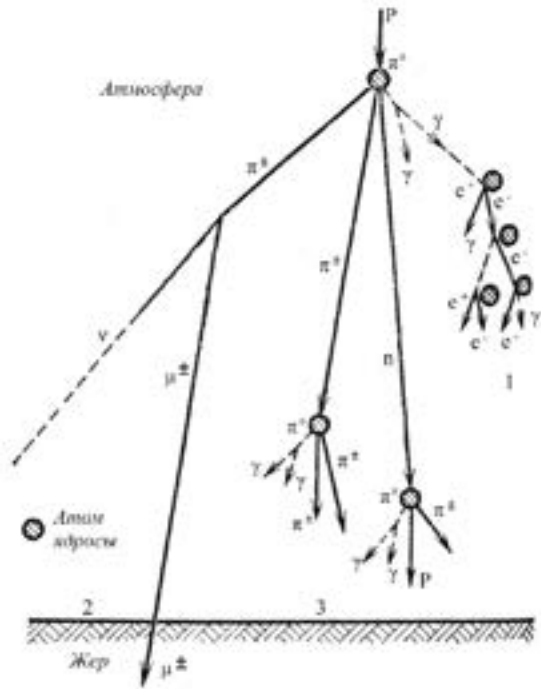
Ғарыштық сәулелер Жердің магнит өрісіне енгенде олар *Лоренц күшінің* ықпал етуі нәтижесінде бастапқы бағыттарынан ауытқиды. Белгілі бір табалдырықты энер-

гиялы бөлшектер ғана Жердің айналасына енеді. Осы эффект **геомагниттік кырқылу** деп аталған.

Ғарыштық сәулелердің жоғары энергиялы протондар мен және басқа ядролар Жер атмосферасына енгенде ауа атомдарының ядроларымен (негізінен азот пен оттегінің) соқтығысады. **Өзараәсерлесудің нәтижесінде ядролар ыдырап бірнеше қарапайым тұрақсыз бөлшектер түзіледі.** Атмосфераның қалың қабатының төменгі бөлігінде **екінші реттік сәулелер пайда болады.** Осы сәулелер ядролық-активті, мюондық және электрондық-фотондық құраушылары болатын сәулелерге ажыратылған. Алғашқы реттік бөлшектер ауа атомдары ядроларымен өзараәсерлесуі кезінде белгілі қарапайым бөлшектердің барлығы туындайды, олардың арасында π -мезондардың (зарядты және бейтарап) маңызы үлкен. π -мезондарға

(оң және теріс) ыдырап үлгермеген *нуклондар* екінші реттік ядролық-активті құраушыларды түзеді. π -мезондар (оң және теріс) ыдырағанда мюондық және нейтронолық құраушылар пайда болады. Электрондық-фотондық құраушылар π^0 -мезондардың (нөл-пи-мезондар) ыдырауының нәтижесінде түзіледі.

Күннің ғарыштық сәулелерінің Галактикалық ғарыштық сәулелерден айырмашылығы ол Күннің хромосфералық оталуы кезінен кейін пайда болады. Күннің ғарыштық сәулесінің бөлшектерінің энергиясы Галактикалардың сәулелерінің энергияларынан аз болады. Күннің ғарыштық сәулесінің «жасы» бірнеше тәулікке созылады. Ғарыштық сәулелердің жасы $\sim 3 \cdot 10^{-7}$ жылға тең. Күннің ғарыштық сәулелері ағынының артуы **ионсферада қосымша иондалуды тудырады**, осы жайт **қысқа толқынды радиобайланысқа бөгеуіл келтіреді** және ол байланысты «үзіп» тастайтын болады. Күннің осы сәулесі ғарыштық ұшулар үшін де қауіпті болады.



Ғарыштық сәулелердің Жер атмосферасымен өзараәсерлесу сұлбасы: жоғары энергиялы (p) алғашқы реттік ядро (әдетте протон) атмосфералық азоттың немесе оттектің ядроларын қиратады, осының нәтижесінде екінші реттік бөлшектер тасқыны пайда болады, осы тасқын шартты түрде үш құраушыға: электрондық-фотонды (1), мю-мезонды (2) және нуклонды (3) құраушыға ажыратылады



ДАҚ, к а т о д т ы қ – *солғын разрядтың* доғалық разрядқа ауысуы негізінде катодтың бетінде пайда болатын жарқырауық дақ.

Д’АЛАМБЕР ПРИНЦИПИ (латынша «принсипиум – бастамасы, негізі») – динамиканың негізгі принциптерінің бірі, бұл принцип бойынша, егер механикалық жүйенің нүктелеріне әсер етуші берілген (активті) күштерге және байланыстарға әсер етуші реакцияларға инерциялық күштер қосылатын болса, онда күштердің теңгерілген жүйесі пайда болады. 1743 жылы француз математигі Жан Д’Аламбер (1717–1783) ұсынған. Бұл принцип $F_i + N_i + J_i = 0$ өрнегі түрінде жазылады, мұндағы F_i – i нүктесіне әсер етуші активті күш, N_i – байланыс нүктесіне түсірілген реакция, J_i – инерция күш.

Д’АЛАМБЕР-ЛАГРАНЖ ПРИНЦИПИ – механиканың негізгі принциптерінің бірі, динамика мен статиканың есептерін шешудің жалпы әдісін қалыптастыратын принцип; **мүмкін болатын орын ауыстыру принципі** мен *Д’Аламбер принципі*н біріктірген. Егер механикалық жүйенің нүктелеріне әсер етуші активті күштерді F_i инерция күшімен J_i біріктіресе, онда Д’Аламбер-Лагранж принципіне сәйкес идеал байланысы болатын механикалық жүйенің қозғалысы кезінде әрбір уақыт мезетінде активті күштердің қарапайым жұмыстарының δA_i^a және инерцияның қарапайым жұмыстарының δA_i^u кез келген мүмкін болатын орын ауыстыру жүйелерінің қосындысы нөлге тең болады. Д’Аламбер-Лагранж принципі математикалық формула түрінде мынадай теңдікпен өрнектеледі:

$$\Sigma(\delta A_i^a + \delta A_i^u) = 0 \text{ немесе } \Sigma(F_i \cos \alpha_i + J_i \cos \beta_i) \delta s_i = 0.$$

Мұндағы δs_i – жүйенің мүмкін болатын орын ауыстыру нүктесінің шамасы, α_i және β_i – сәйкес күштермен және мүмкін болатын орын ауыстыру бағыттарының арасындағы бұрыштар, $J_i = -m_i w_i$ – инерция күштері, мұндағы m_i – жүйе нүктелерінің массалары, w_i – олардың үдеулері. Д’Аламбер-Лагранж принципінің артықшылығы идеал байланысы болатын жүйенің қозғалысын теңдеуге белгісіз реакция байланысын ендірмей-ақ зерттеуге мүмкіндік туғызған.

Д’АЛАМБЕР-ЭЙЛЕР ПАРАДОКСЫ (грекше «парадохос – күтпеген, ғажап») – гидродинамиканың тұтқырлығынан құйындатылудан және жылдамдық-

тың беттік үзілістерінен айырылған дененің шексіз сұйық ішіндегі бірқалыпты және түзусызықты қозғалысы кезінде сұйық тарапынан дене қозғалысына ықпал ететін кедергілердің қорытқы күші нөлге тең болады делінетін ережесі [1744 жылы француз математигі Жан Д'Аламбер (1717–1783) және 1745 жылы швейцар математигі Леонард Эйлер (1707–1783) тұжырымдаған]. Кедергінің физикалық тұрғыда болмауының себебі аталған шарттар кезінде қозғалыстағы дененің соңында сұйық ағынының тұйықталуы керек деп түсіндірілген.

Шындығында дене сұйықта немесе газда қозғалған кезде әрқашан кедергіге ұшырайды. Шындық жағдай мен Д'Аламбер-Эйлер парадоксының арасындағы қайшылық нақты ортада парадокс дәлелдемесіне негіз болған жорамалдардың орындалмауымен түсіндіріледі. Дененің сұйықтағы қозғалысы кезінде әрқашан сұйықтың тұтқырлығы әсер етеді, құйындар (әсіресе дененің соңғы жағында) түзілетін болады және жылдамдықтардың үзілістері пайда болады. Осы **термодинамикалық қайтымсыз үрдістер** дененің қозғалысына сұйық тарапынан кедергі келтіреді.

ДАЛЬТОН ЗАҢДАРЫ – газдар қоспасының қасиеттері бағынатын физикалық заңдылықтар. 1) Тұрақты температурада сұйық бетіндегі бірнеше газ қоспасының ерігіштігі берілген сұйықтағы газ қоспасы компоненттерінің әрқайсысы үлестік (парциал) қысымға пропорционал; газдар қоспасы ерігенде әрбір газ өзі туғызатын үлестік қысымына пропорционал ериді. Бұл заңға ерігіштіктері нашар және еріткішпен химиялық әрекеттеспейтін газдар ғана бағынады. 2) Бір-бірімен химиялық әрекеттеспейтін идеал газдар қоспасының қысымы, үлестік (жеке) қысымдардың қосындысына тең. Бұл заңды 1801 жылы ағылшын химигі әрі физигі Джон Дальтон (1766 – 1844) ашқан.

ДЕБАЙ (D, D) – электрлік дипольдік моменттің жүйеден тыс өлшеу бірлігі. Бұл атау голланд физигі Петер Дебайдың (1884 – 1966) құрметіне аталған. $1 \text{ Д} = 1 \cdot 10^{-18} \text{ СГС бірлігі} = 3,33564 \cdot 10^{-30} \text{ Кл} \cdot \text{м}$.

ДЕБАЙ ЗАҢЫ, ж ы л у с ы й ы м д ы л ы қ т ы ң – төменгі температурадағы кристалдың жылу сыйымдылығының (C) абсолют температураның (T) үшінші дәрежесіне (кубына) пропорционал өзгеретіндігін айқындайтын заң: $c = \frac{2\pi^2 k}{5(\hbar u)^3} (kT)^3 V$, мұндағы k – Больцман тұрақтысы, V – көлем, \hbar – Планк тұрақтысы, u – дыбыстың орташа жылдамдығы. Бұл заңды 1912 жылы теория жүзінде голланд физигі П. Дебай қорытып шығарған. Бұл заң қарапайым кристалдық торы болатын қатты дене құрамындағы бөлшектердің жылулық тербелістерін олардың акустикалық тербелістерімен байланыстырады. Температура абсолют нөлге жақындағанда, қатты денелердің барлығының да жылу сыйымдылығы нөлге жуықтайды.

Қатты денелердің өте төменгі температурадағы жылусыйымдылығының өзгеру заңдылығы *кванттық механика* негізінде түсіндірілген.

ДЕБАЙ ТЕМПЕРАТУРАСЫ – қатты дененің $k\theta_D = \hbar\omega_D$ қатынасымен анықталатын сипаттамалық температурасы [мұндағы $\omega_D = \bar{\nu}(6\pi^2n)^{1/3}$ – кристалдық тордың серпімді тербелістерінің шектік жиілігі, n – көлем бірлігіндегі атомдар саны, $\bar{\nu}$ – қатты денедегі дыбыстың орташа жылдамдығы], кейде *дебайлық жиілік* деп те аталады. $T \gg \theta_D$ (классикалық аймақ) болған кезде қатты дененің жылусыйымдылығы **Дюлонг мен Пти заңымен** сипатталады; $T \ll \theta_D$ (кванттық аймақ) болған кезде – Дебайдың сыйымдылық заңы орындалады. Дебай температурасы кристалдың серпімділік тұрақтыларына тәуелді.

ДЕБАЙ – ШЕРРЕР ӘДІСІ – рентгендік сәулелердің *дифракциясы* арқылы поликристалл заттарды зерттеу әдісі. 1916 жылы голланд физигі Петер **Дебай** (1884 – 1966) мен швейцар физигі Пауль **Шеррер** (1890 – 1970) ұсынған. Бұл әдіс қарапайым кристалдық ұялардың өлшемдері мен пішіндерін, ұсақ кристалдардың өлшемдері мен кеңістіктік бағдарлануын, деформациялар мен кернеулерді анықтау, сондай-ақ поликристалл нысандарды (объектілерді) фазалық талдау үшін пайдаланылады.

ДЕВИАЦИЯ (латынша – ауытқу) – 1. Компас тілінің магниттік меридианнан ауытқуы. 2. Нүкте қозғалысының есептелген траекториядан (бағыттан) ауытқуы. 3. Жиіліктік модуляция кезіндегі жиіліктің орташа мәннен ауытқуы.

ДЕЙТЕРИЙ (латынша «дейтериум – екінші», D, ^2H), ауыр сутек – массалық саны 2-ге тең сутектің тұрақты изотопы. 1932 жылы америка физигі әрі химигі Гарольд **Юри** (1893 – 1981) ашқан. Дейтерийдің атом ядросында бір протон, бір нейтрон болады, атомдық массасы 2,0147411. Дейтерий сұйық сутекті *құраушыларына ажырату* арқылы алынады. Сутектің де, дейтерийдің де табиғаттағы негізгі қоры – су ($\text{H}_2\text{O} : \text{D}_2\text{O} - 5000 : 1$).

ДЕЙТРОН – сутектің ауыр изотопы – *дейтерийдің* ядросы. Дейтрон бәр нейтрон, бір протоннан құралған, массалық саны 2-ге, массасы 2,01423 атомдық масса бірлігіне, нейтронның *байланыс энергиясы* 2,23 (4) МэВ-қа, *спині* 1-ге (\hbar бірлігінде), *магниттік моменти* 0,857348(9) ядролық магнетонға тең. Ол ^2H , D немесе d таңбасымен белгіленеді. Дейтрон құрамында 2 нуклон (1 протон және 1 нейтрон) ғана болғандықтан, оны зерттеу арқылы *ядролық күштің* табиғаты туралы мәліметтер алынады. Дейтрондағы нуклондардың спиндері параллель бағытталған. Дейтрон ядролық физикада әрі атқылайтын бөлшек ретінде, әрі нысана ретінде кеңінен қолданылады.

ДЕМБЕР ЭФФЕКТИСІ (латынша «эффектус – орындау, әсер») – біртекті жартылайөткізгіштерді бірқалыпсыз жарықтау кезінде электр өрісі мен

электрқозғаушы күштің пайда болуы. Дербес жағдайда жартылайөткізгіш жарықты күшті жұтқан кезде осы өткізгіштің жарықталған және жарықталмаған беттері арасында электрқозғаушы күш пайда болады (диффузиялық фотоэлектрлік қозғаушы күш). Бұл құбылысты 1931 жылы неміс физигі Х. Дембер (1882 – 1943) ашқан. Жартылайөткізгіш бірқалыпсыз жарықталған кезде тепе-теңсіз *электрондар мен кемтіктердің* шоғырлануының градиенті пайда болып жарықталған учаскеден жарықталмаған учаскеге қарай әлгі электрондар мен кемтіктер диффузияланады. Электрондар мен кемтіктердің диффузиялық коэффициенттері әртүрлі болатындықтан, үлгіде *электр өрісі* пайда болады. Дембер эффектісінің фотоэлектрлік қозғаушы күші аз болғандықтан іс жүзінде қолданылмайды.

ДЕНЕ – өлшемдері молекула құрайтын макроскопиялық жүйелерді құраушылардың арасындағы қашықтықтардан едәуір артық болатын макроскопиялық жүйе.

Абсолют қара дене – өзіне түскен электромагниттік толқындарды толық жұтатын дене.

Абсолют қатты дене – кез келген екі нүктесінің қашықтықтары тұрақты болатын дене.

Аморфты дене – микробөлшектерінің құраушылары дұрыс болмай және периодсыз орналасқан дене.

Анизотропты дене – қасиеттері әр тараптағы бағыттары бойынша әр қилы болатын дене.

Боз дене – жұту коэффициенті бірден кіші әрі сәуленің толқын ұзындығына және абсолют температураға тәуелді болмайтын дене.

Жұмыстық дене – жылу машиналарында жұмыс жасату үшін пайдаланылатын термодинамикалық жүйе.

Изотропты дене – қасиеттері бүкіл бағыттар бойынша бірдей болатын дене.

Кристалдық дене – құрылымы алыс реттілікпен сипатталатын қатты дене.

Қатты дене – заттарды құраушы атомдардың тепе-теңдік жағдайларында шағын тербелістер түрінде болатын тұрақты пішіндерімен және жылулық қозғалыстарымен сипатталатын агрегаттық күй.

Сұр дене – жұту коэффициенті 1-ден кіші және сәуленің толқын ұзындығына тәуелді болатын дене.

ДЕНЕ КООРДИНАТТАРЫ (латынша «ко – бірлескен» + «ординатус – реттелген) – нақты денелер *материалдық нүкте* ретінде қарастырылғанда оның кез келген уақыттағы жазықтығы немесе кеңістіктегі қалпын (орнын) анықтайтын сандар. Координаттарды анықтау үшін ең алдымен **санақ денесі** таңдалып, оған

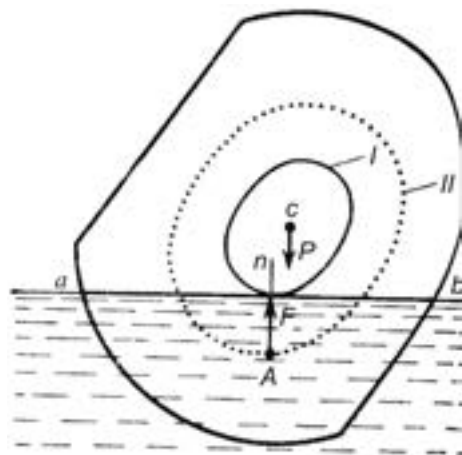
координаттар жүйесі байланыстырылады. Механикада көбінесе **санақ денесі** ретінде Жер шары алынады да, оған тікбұрышты декарттық координаттар жүйесі байланыстырылады. Материалдық нүктенің кез келген уақыттағы қалпын анықтау үшін уақыттық санақтың бас нүктесінің берілуі қажет.

Координаттар жүйесі, онымен байланысқан санақ денесі және дене қозғалысына қатысты қарастырылатын уақыттық санақтың бас нүктесі **санақ жүйесін** құрады.

Дене қозғалысының траекториясы, жүрілген жол мен орын ауыстыру санақ жүйесін таңдауға әуелді. Басқаша айтқанда **механикалық қозғалыс – салыстырмалы қозғалыс**.

ДЕНЕЛЕРДІҢ ЖҮЗУІ – сұйыққа (немесе газға) жартылай не толық батырылған катты дененің тепе-теңдік күйі. Денелердің сұйықта жүзу теориясының негізгі мәселесі – сұйыққа батырылған дененің тепе-теңдік жағдайын анықтау және тепе-теңдіктің орнықтылық шартын түсіндіру.

Денелердің жүзуінің қарапайым шарты **Архимед заңы** бойынша анықталады. Егер дене сұйыққа жүк ватерсызығы ab жазықтығына дейін батырылған болса (сызбаға қараңыз), онда денеге әлгі жазықтыққа перпендикуляр бағытта ортадан (A) өтетін бағытта ығыстырушы күш (F) әсер етеді, бұл күш ауырлық күшке (P) тең болады. Тепе-теңдік жағдайда F және P күштері бір түзудің бойымен әсер етеді. Егер дене тепе-теңдік күйден ауытқитын болса, онда денеге F және P күштер жұбы әсер етді. Осы күштер денені тепе-теңдік жағдайға келтіруге әрекеттенетін



Сұйыққа батырылған [жүк ватерсызығына (ab) дейін] денеге ықпал етуші күштер.

болса, тепе-теңдік орнықты, ал қарама-қарсы жағдайда – орнықсыз болады. Тепе-теңдіктің орнықтылығын метаорнықтылықтың қалпына қарап та анықтауға болады.

ДЕНЕНІҢ ЕРКІН ТҮСУІ – Жердің тарту күші өрісінде дененің бастапқы жылдамдықсыз қозғалысы. Дене Жер радиусымен қарайлас биіктен еркін түскенде, ауырлық күшінің шамасы берілген географиялық ендік үшін тұрақты шама деп есептеледі. Дененің еркін түсуі Жердің ортасына дейінгі қашықтыққа байланысты болатын тартылыс күші және ортаның кедергі (ауаның немесе судың) күшінің әсерінен болады. Дененің еркін түсуіне Жер бетіне қатысты оның тәуліктік айналасының бұрыштық жылдамдығының ($\omega \approx 0,0000729$ рад/сек) әсері болады.

Егер Жердің дәл сфера еместігі және Жердің айналу әсері (ω -нің аз шама екендігі), сонымен бірге ауаның кедергісі ескерілмесе, еркін түсу кезін шамалы биіктен (дененің еркін түсу жылдамдығы аз болса) немесе өте жоғары биіктен (жолдың негізгі бөлігі ауасыз кеңістікте өтсе), онда еркін түсетін дененің ауырлық ортасы түзу сызықты бағытпен Жердің ортасына қарай бағытталады. Жердің радиусымен (R) салыстырғанда жер бетінен есептегенде дененің аласа биіктіктен (h) еркін түсуі кезіндегі ауырлық күштің r -ге тәуелділігі ескерілмесе және дененің ауырлық күшінің ортасы (орталығы) тұрақты үдеумен g_0 (тартылыс күшінің үдеуі) қозғалады әрі мына заң бойынша артатын жылдамдықпен қозғалады деп есептеуге болады:

$v = \sqrt{2g_0x}$ (1), мұндағы x – бастапқы жағдайдан бастап есептелген жол. Дененің үлкен биіктіктен (h) еркін түсуі кезінде тартылыс күшінің $r = R+h - x$ қашықтыққа тәуелділігін ескеру қажет. Сол себепті еркін түсетін дененің ауырлық ортасының үдеуі мына заң бойынша: $w = g_0 R^2/r$, ал жылдамдық мына заң бойынша өзгереді:

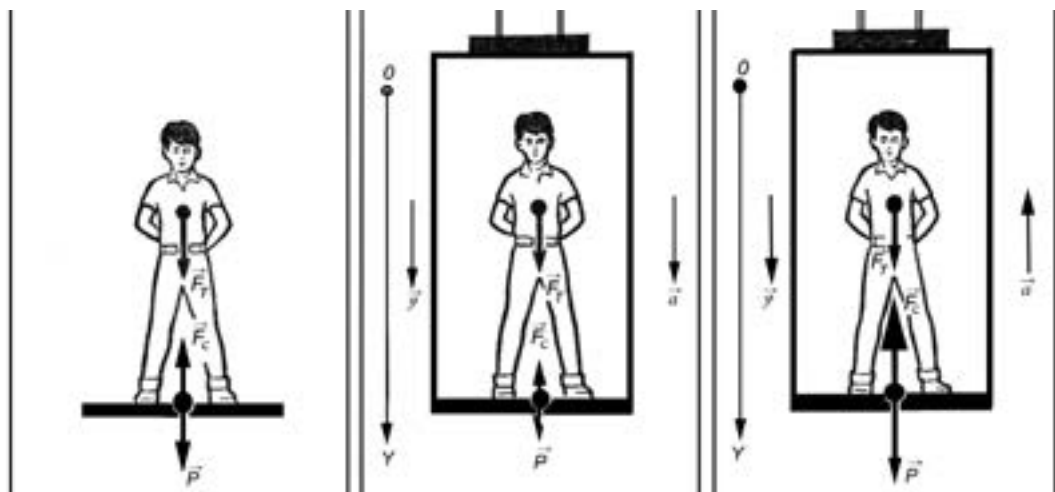
$$v = \sqrt{\frac{2g_0x}{(1+h/R)/[1+(h-x)/R]}}$$

Жердің айналуының негізгі әсері дененің еркін түсуіне – тартылыс күшіне ауыспалы инерция күшін қосу арқылы ескеріледі. Осы екі күштің қосындысы тік бағытпен бағытталған ауырлық күшіне (P) тең болады, бұл күш дененің салмағына тең, осы күштің әсерінен дененің еркін түсуі жүзеге асады. Еркін түсу үдеуінің (ауырлық күш үдеуі) g қосымша әсері инерциялық *кориолис күшін* енгізу арқылы ескеріледі.

ДЕНЕНІҢ САЛМАҒЫ – жер бетіне жақын орналасқан денеге әсер ететін ауырлық күштің сан жүзіндегі шамасы. Массы m дененің салмағы $F_\omega = mg$ болсын. Егер дене жер бетінде тыныш орналасқан болса, F_ω салмақ күшінің қорытқы күші F_κ тартылыс күші тудыратын F_G күш пен жер бетінің дене салмағына қарсы әсер ететін реакция күшінің F қосындыларына тең болады, яғни $F_\kappa = F_G + F$ (1). Ньютонның үшінші заңы бойынша осы реакция күші m массалы дененің Жерге әсер ететін F_ω күшке қарама-қарсы бағытта әсер етеді және әлгі күшке тең болады. Сол себепті $F = F_\omega$. Осы өрнекті (1) теңдіктегі өз орнына қоятын болсақ, $F_\kappa = F_G + F_\omega$, бұдан $F_\omega = F_G - F_\kappa$ (2).

m массалы дене жер бетінде тыныштықта болғандықтан, F_κ күш нөлге тең болады, яғни $F_\omega = F_G$ немесе $F_\omega = mg$, осы соңғы өрнек жер бетінде орналасқан m массалы дененің салмағы болып табылады.

Енді дене жатқан тірек жазықтық a үдеумен төмен қарай қозғалады дейік. Осыған ұқсас жайт лифтінің төмен қарай түсуі кезінде байқалады. Сонда әлгі дененің салмағы $F_\kappa - ma$ өрнегіне тең болмақ, осы өрнектен $F_\kappa = ma$ өрнегі шығады.



F_{κ} өрнегінің мәнін (2) теңдіктегі өз орнына қойылатын болса, $F_{\omega} = F_G - ma$ немесе $F_{\omega} = m(g-a)$ өрнегі пайда болады. Егер үдеу (a) төмен қарай бағытталған болса, лифт төмен түсе бастаған кезде лифтідегі адамның салмағы кему бастайды. Егер лифт жоғары қарай үдей қозғалатын болса, a үдеудің таңбасын қарама-қарсы өзгерту қажет, сонда лифтідегі адамның салмағы $F_{\omega} = m(g+a)$ өрнегімен анықтала-тын болады. Лифт төмен қарай еркін түсетін $a = g$ жағдайда адамның салмағы $F_{\omega} = -m(g-a)$ -ға тең, $a = g$ болғандықтан, $(g - a)$ мүше нөлге тең болады, олай болса, лифтідегі адамның салмағы да нөлге тең болмақ. Осы жайт *салмақсыздық* деп аталған.

Ғарыштық ұшу кемелеріндегі және ғарыштық стансаларда пайда болатын салмақсыздық күйдің құпиясы осындай.

Егер де лифт еркін түсу үдеуінен (g) артық үдеумен (x) төмен құлдилаытын болса, жағдай күрт өзгереді болады. Лифтегі адам төбесімен лифтің төбесіне қысылатынын болжау оңай. Осы жағдайда адам лифт төбесіне аяғымен тік тұрғаны жөн болмақ.

Салмақсыздық күй ұшақтың немесе ғарыштық кеменің еркін түсу үдеуімен қозғалысы кезінде жылдамдықтың бағытына және қозғалысының жылдамдығына тәуелсіз түрде пайда болады. Жер атмосферасынан тысқары кеңістікте ғарыштық кеменің қозғалтқышының жұмысы тоқтатылған кезде ғарыштық кемеге тек бүкіләлемдік тартылыс күші ғана әсер етеді. Осы күштің әсерінен ғарыштық кеме және ондағы барлық заттар бірдей үдеумен қозғалатын болады, сондықтан ғарыштық кемеді с а л м а қ с ы з д ы қ күй байқалады.

Егер дене мен тірек жоғары қарай үдемелі қозғалатын болса, дененің салмағы оған әсер ететін ауырлық күштен артық болады. Осы жағдайда дене салмағының

модулі $P = m(g+a)$ теңдігіне тең. Сонымен, тірек пен ілгектің үдемелі қозғалысы тудыратын дене салмағының артуы асқын салмақ деп аталған. Ғарышкер ғарыштық кеме орбитаға ұшып шығар кезде және Жерге қайтып оралар кездегі төмен құлдилап қалың атмосфера қабатына енген кезде асқын салмақтың әсеріне ұшырайды.

ДЕНСИТОМЕТРИЯ (латынша «денсус – тығыз, қою» + грекше «метрия – өлшеймін») – айғақталған фотографиялық қабаттардағы жарықтың жұтылуы мен шашырауын өлшеуге арналған әдістер жиынтығы.

ДЕҢГЕЙ – бір нәрсенің биіктігі мен аласалығының аңғартатын шама. Физика пәнінде көбінесе энергияға қатысты пайдаланылатын ұғым.

Акцепторлық деңгей – жартылайөткізгіштерде акцепторлық қоспалардың болуына байланысты пайда болатын энергия деңгейі.

Донорлық деңгей – жартылайөткізгіштерде донорлық қоспалардың болуына байланысты пайда болатын энергия деңгейі.

Дыбыстық қаттылық деңгейі – жиілігі 1000 Гц таза дыбыстық қысымның (децибел өлшеміндегі) деңгейі.

Ферми деңгейі – абсолюттік нөл температура маңындағы фермиондардың орналасқан ең жоғарғы энергиялық деңгейі. Италиян физигі Энрико **Фермидің** (1901 – 1954) құрметіне аталған.

Энергиялар деңгейі – кванттық жүйе энергиясының мүмкін болатын мәндері.

Энергияның айныған деңгейі – кванттық жүйенің айну күйіне сәйкес болатын энергия деңгейі.

ДЕҢГЕЙ ТОЛЫМДЫЛЫҒЫ – белгілі бір энергетикалық күйлердегі (берілген энергетикалық күй кезіндегі) заттардың бірлік көлеміндегі бөлшектердің саны. Қалыпты жағдайлардағы (жылулық тепе-теңдік кезінде) көп энергиялы деңгейлер толымдылығында төменде орналасқан деңгейлердің толымдылығы аз болады (*Больцман үлестірілуі, Бозе – Эйнштейн үлестірілуі, Ферми – Дирак үлестірілуі*). Заттардың тепе-теңсіз күйлерінде **кванттық электроника құрылғыларында** электромагниттік толқындардың тудырылуының және күшейтілуінің қажетті шарты болып табылатын толымдылық *инверсиясының* болуы мүмкін. Бөлшектердің энергиялар бойынша үлестірілу инверсиясы *толтыру* арқылы жүзеге асырылады.

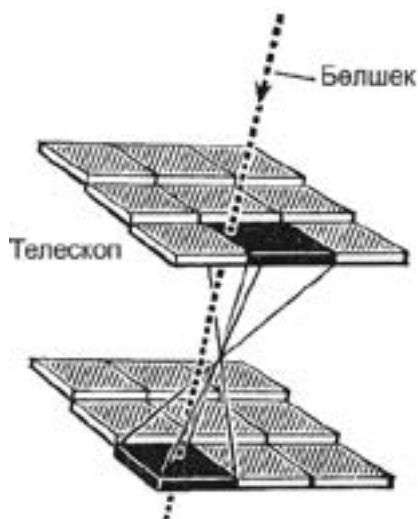
ДЕРБЕС РАЗРЯД – газдағы өз әсерін ұстап тұру үшін сыртқы иондауышты қажет етпейтін электр разряд. Бұл разряд электродтарда жеткілікті жоғары кернеу пайда болған соң басталған разряд өзін демеп ұстап тұруға қажет иондар мен электрондарды тудырған соң пайда болады.

ДЕТЕКТИРЛЕУ (латынша «детектио – ашу, табу») – 1) нәтижесінде, әдетте өзге тербеліс жиілігі (едәуір төменгі) алынатын электрлік тербелістерді түрлендіру.

Тербелістердің қандай параметрлерінің модуляциялануына тәуелді детектирлеу амплитудалық, жиіліктік, фазалық, т.б. түрлерге ажыратылады. Көпшілік жағдайларда детектирлеу біржақты немесе сызықтық емес өткізгіштік (диодтар, транзисторлар т.б.) электрондық аспаптар арқылы жүзеге асырылады; 2) айнымалы электр тогынан бір бағыттағы толқыма ток шығару.

Электрлік тербелістерді детектирлеуді жүзеге асыратын аспап детектор деп аталған.

ДЕТЕКТОРЛАР (латынша – ашқыш), бөлшектердің – *қарапайым бөлшектерді* (протондарды, нейтрондарды, электрондарды, мезондарды, т.с.с.), **атомдық ядроларды** (дейтрондарды, α -бөлшектерді, т.б.), сондай-ақ **рентгендік және γ -кванттарды** тіркеуге арналған аспаптар мен құрылғылар. Бұлар электрондық (детектор аумағына бөлшектер немесе кванттар енгенде электрлік импульс тудыратын) және тректік детекторларға (тек бөлшектердің детектор аумағынан өту сәтімен қатар оларды тіркеумен және олардың іздерін – тректерін) көрсететін детекторларға ажыратылған. Бұлардың жұмыс істеу принципі **зарядты бөлшектердің** қарастырылатын ортаның **атомдарымен әсерлесуіне негізделген**. Зарядты бөлшектердің кинетикалық энергиясы атомдарды *иондауға* немесе *қоздыруға* және *Черенковтық сәуле* шығаруға жұмсалады. Сондықтан заттарда пайда болған иондар мен *фотондардың* санына қарай осы зат арқылы өткен зарядты бөлшектің табиғаты мен энергиясын анықтауға болады. Детекторлар

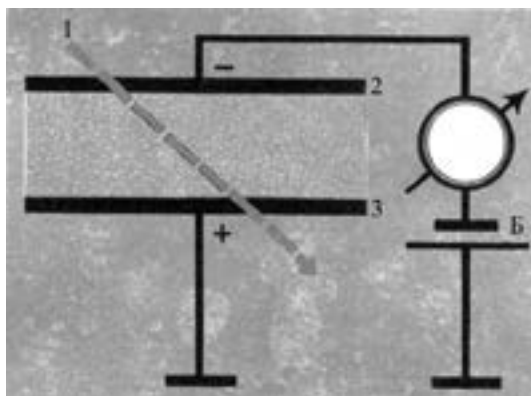


Телескоптық санауышты құрайтын бөлшектер траекторияларына көлденең орналастырылған импульстік екі детектор арқылы шапшаң бөлшектердің өтуі.

арқылы бейтарап бөлшектер де (олардың ортамен әсерлесуінен туған зарядты бөлшектер бойынша) зерттеледі. Бірлік уақыт ішінде есепке алынатын бөлшектердің ең көп саны детектордың ажырату мүмкіндігі деп аталады. Детекторлар жұмыс істеу принципі бойынша 4 топқа жіктелген.

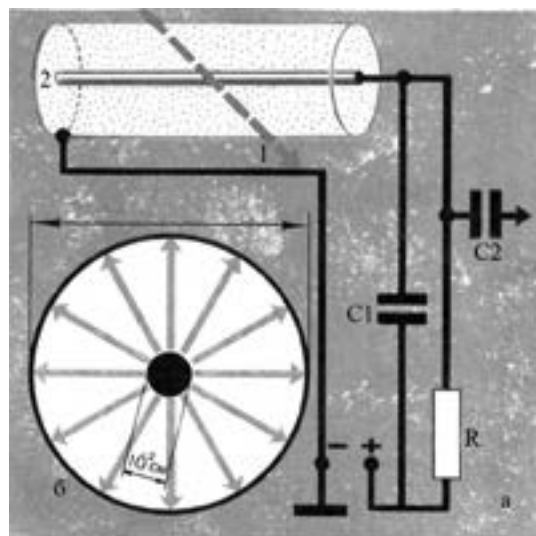
Иондауыш детекторлар электрондық детекторлар қатарына жатады. Бұлардың әсерлері тіркелетін бөлшектердің атомдары мен молекулаларын иондауға негізделген. Егер бөлшектің электр заряды болмаса (нейтрондар, γ -кванттар), онда иондауды екінші реттік зарядты бөлшектердің тебіліс протондары, электрондары және позитрондары тудырады. 1908 жылы ағылшын физигі Эрнест **Резерфорд** (1871 – 1937) қолданған алғашқы

детектор иондауыш камера болған. Бұл камераға газ толтырылып, электродтар орнатылған. Электродқа кернеу түсіріледі. **Зарядталған бөлшектер** камера аумағынан өткен кезде, **газды иондайды**; пайда болған иондар және электрондар электродтарға шоғырланады, осыдан камера тізбегінде ток туады. Иондауыш камера жеке бөлшектерді (ток импульсін), сонымен қатар олардың интегралдық ағындарын да тіркей алады. Электрондардың электродтарға шоғырлануы иондардың шоғырлануынан $10^3 - 10^4$ есе кем болады, сол себепті жеке бөлшектерді тіркеу үшін сигналдың электрондық құраушысы (компоненті) пайдаланылады.



Гейгер-Мюллер санауышы: с – корпус; 2 – қыл; C_1, C_2 – конденсаторлар; R – резистор

Иондауыш детекторлар газ арқылы өткен зарядты бөлшектердің иондалуы нәтижесінде пайда болатын газ разрядына негізделген. Бұларға *Гейгер – Мюллер санауышы*, пропорционал, өзін-өзі сөндіргіш, т.б. санауыштар жатады. Пропорционал санауыш өсіне жіңішке сым керілген металл цилиндрден жасалған. Цилиндрге теріс потенциал беріледі. Цилиндрден мұқият оқшауланған сым кедергі арқылы жермен қосылған болады. Зарядты бөлшектер газ арқылы өткенде оның атомдарын иондап, электрондар осыған сымға, ал оң иондар цилиндрге тартылады.



Иондау камерасы: 1, 2 – электродтар; 3 – бөлшектердің тректері

Санауышқа берілген потенциалдар айырымы онша үлкен болмаса, бірақ барлық иондар электродқа жетіп үлгерсе, ондай санауыш иондау камерасы деп аталады. Егер цилиндрге берілген потенциалдар айырымы үлкен болса, онда пайда болған электрондардың кинетикалық энергиясы артып, жолында кездескен атомдарды иондайды. Екінші реттік электрондар одан әрі қарай өзге атомдарды иондап, иондар мен электрондар санын арттырады. Жұмыс істеу принципі осы құбылысқа негізделген санауыштар пропорционал санауыштар

уыштар деп аталған. Бұл санауыштар, көбінесе зарядты бөлшектердің табиғатын анықтау үшін пайдаланылады. Құрылысы жағынан осыларға ұқсас *Гейгер – Мюллер санауышы* да газдардың өздігінен разрядталуына негізделген. Бұл санауыштар, көбінесе, радиоактивті изотоптарды, олардан ұшып шыққан зарядты бөлшектер мен γ -сәулелер бойынша бақылауға қолданылады.

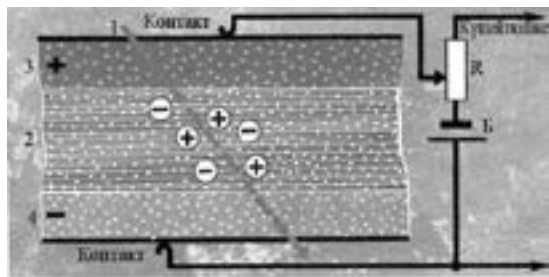
Сцинтилляциялық детекторлар зарядты бөлшектердің жарқырауын тудыратын сцинтилляторлардан, осы жарқылды тіркегіш бір немесе бірнеше *фотоэлектрондық көбейткіштен* (ФЭК) құралған. Уақыттық ажыратуы өте жоғары $\sim 10^{-9}$ секунд. Өлшемдері үлкен (өлшемі бірнеше m^3) сцинтилляциялық диодтар бар.

Сцинтилляциялық санауыштар екі бөліктен: сырттан келіп түсетін бөлшектің әсерінен люминесценцияланатын зат – сцинтиллятордан және фотоэлектрондық көбейткіштен (ФЭК) құралған. Сцинтилляторға түскен зарядты бөлшек оның молекулаларын қоздырады. Соның нәтижесінде одан *фотондар* ұшып шығатын болады. Осы әлсіз жарқылды XX ғасырдың басында-ақ жай көзбен бақылап санаған. Бұл жарқылдардың ұзақтығы сцинтиллятор жасалған заттың табиғатына орай 10^{-9} сек-тан 10^{-4} сек-қа дейін созылады. Сцинтилляторларда пайда болған фотон саны – зарядты бөлшектің шығындаған энергиясына пропорционал болады. Санауыштардың бұл қасиеті оларды бөлшектердің энергиясын өлшеуге де пайдалануға мүмкіндік берді. Сцинтиллятор ретінде көптеген органикалық және бейорганикалық заттар [NaJ (TI), LiJ (TI), стильбен т.б.] қолданылады. Бұл заттар мөлдір және бөлшектің оларға шығындаған энергиясының көбі фотонға айналатындай жағдайда болуы керек. Сондықтан сцинтиллятор кристалл түрінде де, сұйық түрінде де жасалады. Олардың ажырату мүмкіндігі жоғары (10^9 бөлшек /сек).

Черенковтық санауыштар. Зарядталған бөлшектер заттарда (радиаторда) жарықтың берілген ортадағы фазалық жылдамдығынан артық жылдамдықпен қозғала отырып, қозғалыс бағытымен арақатынасы белгіленген сәуле шығарады (таратады). Черенков санауышында жарықтың фотокатодқа келіп түсетін жалпы мөлшері, әдетте сцинтилляциялық детектормен салыстырғанда бірнеше ондаған есе кем болады, соған қарамастан радиатордан өткен бөлшектерді тіркеу үшін жеткілікті болады. Осы детекторларда жарықтың шығуы берілген ортадағы жылдамдығы жарықтың фазалық жылдамдығынан артық бөлшектер үшін мүмкін болатындықтан, бұл детекторлар берілген жылдамдықты бөлшектерді бөліп алу үшін пайдаланылады (табалдырықты детекторлар). Черенковтық санауыштарда жарықтың шығуы лезде жүзеге асатындықтан, оның рұқсат ететін уақыты 10^{-9} секундқа шамалас болады. Энергиясы $\sim 10^{11} - 10^{12}$ эВ зарядты бөлшектерді

тіркеу үшін қасиеттері кенет өзгеретін екі органың (әдетте газ–қатты дене) шекарасы арқылы өтетін тіркелуші бөлшектегі өтуі кезінде жарқыл пайда болатын детекторлар пайдаланылады.

Жартылайөткізгіштік детекторлар жұмыс принципі бойынша иондауыш детекторларға ұқсас, бұларда шапшаң бөлшектер үшін едәуір жоғары тежеуіштік қасиеті болатын қатты орта пайдаланылған. Бұл ортадан өткен бөлшектер **электронды-кемтіктік қосақтар** түзетін болады. Осы қосақтар электродтарға берілген кернеудің әсерінен сыртқы **тізбекте электр импульсін тудырады**. Зарядты ауыр бөлшектердің қатты денелердегі еркін жолының ұзындығы өте қысқа болатындықтан жартылайөткізгіштік детекторлардың өлшемдері өте шағын. Оның пайдалы қабатының қалыңдығы ондаған микрондай ғана болады. Мұның өзгедей детекторлардан артықшылығы бұларға **жоғары вольтті ток көзінің қажеті жоқ** және ол нүктелік детекторлар қызметін атқара алады. Ажырату уақыты аз ($\sim 10^{-9}$ секунд). Жартылайөткізгіштік детекторлардың **сенімділігі жоғары, магниттік өрістерде жұмыс істей алады**.



Жартылайөткізгіштік санауыш: (p – n ауыспалы): 1 – зарядты бөлшектер траекториялары; 2 – p – n-ауыспалы аймақ; 3 – p қабат; 4 – n қабат

Жеке бөлшектерді тіркейтін барлық импульстік детекторлардың жұмысы үшін (диэлектриктік детекторларды және кристалдық есептеуіштерді қосқанда) электрондық тіркеуіш аппаратуралардың маңызы зор. Бұлар детекторлардың негізгі бөліктері болып табылады, оларды **сигналдық датчик ретінде** қарастыруға болады.

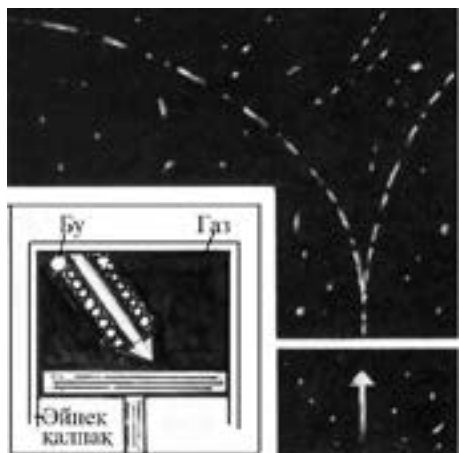
Бұл аппаратуралар сигнал амплитадасын күшейтумен және электрлік сигналдарды түрлендірумен қатар әртүрлі ядролық үрдістер үшін қажетті **логикалық амалдар** орындай алады.

Тректік детекторларға кеңістіктік жоғары ажыратушылық тән. Уақыттық ажыратқыштығы жоғары емес немесе іс жүзінде ажыратқыштығы жоқ. Осы кемшілікті бұлар «оқиғаның» төтенше толық және ұсақ-түйегіне дейін айғақтау арқылы есесін қайтарған, бұл бөлшектердің заттармен қарапайым өзараәсерлесуі, бөлшектердің ыдырауы, т.б. болуы мүмкін.

Қарапайым тректік детектор ядролық фотографиялық эмульсия болып табылады. Эмульсиядан зарядталған бөлшектер өткенде эмульсияда иондану құбылысы болып, онда **жасырын кескін орталығы** пайда болады. Эмульсия айғақталған соң зарядты бөлшектердің іздері металл күміс түйіршіктерінің

тізбегі түрінде байқалатын болады. Түйіршіктер өлшемдерінің кіші болуы кеңістіктік жоғары айырғыштық қасиетке ие етеді, эмульсиядағы іздерді егжей-тегжейлі зерттеу зарядты бөлшектердің массасын және олардың энергиясын анықтауға мүмкіндік жасайды. Кейде **тректер бойынша бөлшектердің «тууынан» бастап ыдырауына дейінгі барлық кезеңін бақылауға болады.**

Радиоактивтілікті және ғарыштық сәулелерді зерттеуде үлкен маңызы болған классикалық тректік детектор – Вильсон камерасы және оның түр өзгерісі болып табылатын диффузиялық камера болды. Газбен және спирттің немесе судың аса қаныққан буымен толтырылған камераға түскен иондауыш бөлшектердің іздері осы бөлшектер тудырған ұйытқы иондардың төңірегінде конденсацияланған бу тамшыларының пайда болуы салдарынан көрінетін болады. Тректерді тіркеу үшін Вильсон камерасы қажет уақыт



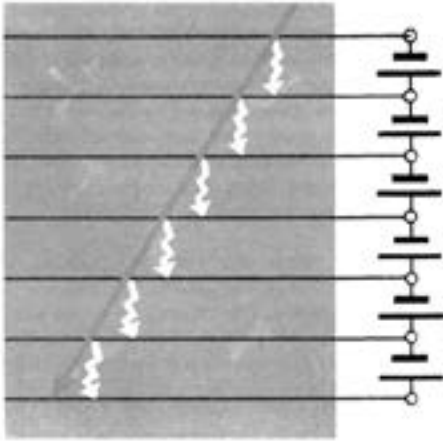
Вильсон камерасының сұлбасы

сәтінде импульстік жарықпен жарықталып суретке түсіріледі. Вильсон камерасын магнит өрісіне орналастырып, тректің ауытқуы арқылы бөлшектердің импульстерін және оның электр зарядын анықтауға болады. Вильсон камерасын **көпіршікті және ұшқынды** камералар бірте-бірте ығыстырып шығарды.

Көпіршікті камера – үдеткіштердегі ғылыми тәжірибелерде қолданылатын негізгі тректік детекторлардың бірі. Егер сұйық аса қызған күйге келтірілсе, онда ол белгілі бір уақыт қайнамай тұратын болады. Осындай **аса**

қызған сұйық арқылы иондауыш бөлшек ұшып өтетін болса, әлгі сұйық қайнай бастайды. Бу көпіршіктері ұлғаймай тұрғанда жарықталып суретке түсіріледі. Зарядталған бөлшектердің магнит өрісіндегі ауытқуын Вильсон камерасындағыдай өлшеу зарядты бөлшектің импульсімен заряд таңбасын анықтауға мүмкіндік береді. Көпіршікті камераның басты артықшылығы өзараэсерлесудің бір актісінде пайда болатын зарядты бөлшектердің кез келген санын іс жүзінде тіркеу кезіндегі эффективтілігі жоғары, бұрыштар мен импульстерді өлшеу дәлдігі жоғары, ауыр сұйықты камералар үшін – γ -кванттар үшін конверсиялық (айналу, өзгеру) қасиеті жоғары, кемістігі зерттелуші бөлшектер санының шектеулі (аз) болуы.

Ұшқынды камера. Зарядталған бөлшек газды иондайды және осы бөлшектер өткен сәтте олардың траекторияларының бойында электрондардан және иондардан түзілген баған пайда болады. Егер бөлшектер өткен соң ≤ 1 мкс



Ұшқындық камера сұлбасы

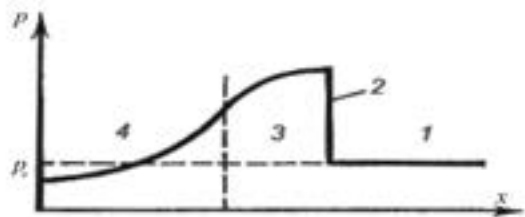
(микросекунд) уақыттан кейін камераның электродтарына жеткілікті мөлшерде жоғары кернеу берілсе, олардың арасында бөлшек өткен тұста ұшқындық тесу болады. Ұшқындық камераның кеңістіктік ажыратқыш қасиеті бар, сонымен бірге қарқындылығы $\sim 10^5$ еседен астам шоқтармен жұмыс жасайды әрі бүкіл бөлшектер тіркелмейді, ішінара таңдау арқылы тіркеледі. **Ұшқынды тіркеудің қарапайым тәсілі – суретке түсіру.** Электрондық есептеуіш машиналарды (ЭЕМ-ды) пайдалану фильмсіз ұшқынды камераны ендіруге жағдай жасаған. Онда ұшқындардың

координаттары ЭЕМ-ның жадына жазылып алынады да, бірден математикалық өңдеуге алынады.

Бөлшектердің траекторияларын есептеуіштердің телескопын құрайтын детекторлардың импульстік жүйелері арқылы да тіркеуге болады. Бөлшектердің өткендігі туралы дабыл беретін есептеуіштердің нөмірлері бойынша осы бөлшектердің траекторияларын анықтауға болады. Өлшеу дәлдігі қарайған бұрыштың шамасы бойынша анықталады (сызбаға қараңыз). Осыларды магнит өрісіне орналастырып зарядталған бөлшектердің импульстерін және олардың таңбаларын анықтауға болады. Мысалы, атом ядросының ыдыратылуы кезінде пайда болатын ауыр зарядты бөлшектердің іздерін кейбір кристалдар арқылы табу мүмкіндігі бар.

ДЕТОНАЦИЯ (французша «детонер – қопарылыс», латынша «детоно – күркіреймін») – қопарылғыш (жарылғыш) заттардың берілген заттағы дыбыстық жылдамдығынан артық тұрақты шапшаңдықпен таралатын химиялық түрлену үрдісі. Баяу диффузиялық және жылуөткізгіштік үрдістер себепші болған жанудан детонацияның айырмашылығы қуатты соққы толқынынан және оның шебінен кейін заттың химиялық түрлену зонасынан (детонациялық толқын) құралған кешен болып табылады.

Соққы толқын (сызбаға қараңыз) қопарылғыш затты сығады әрі қыз-



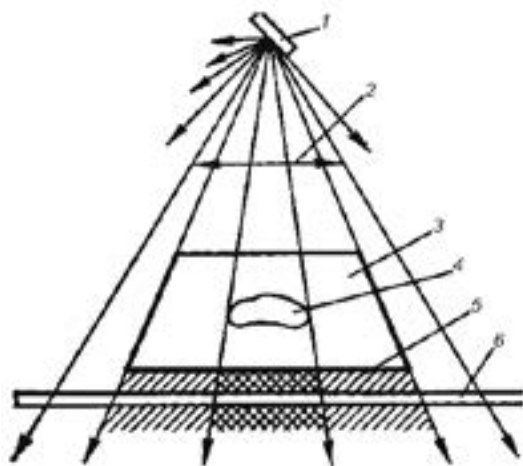
Детонациялық толқындағы қысымның (p) үлестірілуі (x – кеңістіктік координат): 1 – заттың бастапқы зонасы; 2 – толқын шебі; 3 – химиялық реакция зонасы; 4 – детонация өнімдерінің зонасы; p_0 – бастапқы қысым.

дырады, осының нәтижесінде қопарылғыш затта химиялық реакция туады, реакциядан бөлінген өнім көлемін күшті ұлғайтады, соның салдарынан қопарылыс туады. Екінші жағынан, химиялық реакцияның нәтижесінде бөлінетін энергия соққы толқынының сөнуіне жол бермей ұстайтын болады. Әрбір қопарылғыш заттың детонациялық толқынының таралу жылдамдығы тұрақты болады, ол 1 – 3 км/сек-қа жетеді; газда 8 – 9 км/сек; соққы толқынының шебіндегі қысым ~ 1 – 5 МПа (~10 – 50 атм) және ~ 10 ГПа (~ 10⁵ атм).

ДЕФЕКТОН – кванттық кристалдардағы ақаулардың тәртібін сипаттайтын квазибөлшек.

ДЕФЕКТОСКОП (латынша «дефектус – кемшілік» + грекше «скопео – қараймын») – материалдардағы, шала өнімдердегі және бұйымдардағы кемістіктерді (дефектілерді) (мысалы, макро- және микроқұрылымдағы, тұтастық немесе біртектілік сақталмаған, химиялық құрамы сәйкес келмейтін) табуға, бұзбай-қиратпай бақылауға арналған құрылғы. Дефектоскоп арқылы мүмкін болатын жарамсыз бұйымдар анықталады. Дефектоскоптардың рентгендік, ультрадыбыстық, инфрақызыл сәулелік, люминесценттік, индуктивтік, электронды-сәулелік түрлері бар.

ДЕФЕКТОСКОПИЯ (латынша «дефектус – кемшілік, ақау» + ... *скопия*) – материалдар мен бұйымдар ақауын оларды бүлдірмей анықтауға арналған әдістер жиынтығы. Бұл әдістің негізіне рентген, инфрақызыл, ультракүлгін, гамма-сәуле, радиотолқын, ультрадыбыс толқындары, магниттік және электрстатикалық өріс т.б. әсер етуші материалдың физикалық қасиеттерін зерттеу алынған. Рентгендік – дефектоскопия әдісі рентген сәулелерінің материалға жұтылу құбылысына негізделген. Материал ақауларынан (саңылау, қуыс, басқа материалдар қоспасы, т.б.) өткен рентген сәулелерінің қарқындылығы әртүрлі шамаға өзгереді. Осы өзгерісті тіркей отырып, ақаудың материал ішіндегі орнын анықтауға болады. Гамма-дефектоскопия жасанды радиоактивті изотоптардан (кобальт, иридий, т.б.) тара-



Рентгендік сәуле арқылы ақауды табу сұлбасы: 1 – рентгендік сәуле көзі; 2 – рентгендік сәуле шоғы; 3 – зат; 4 – заттың ішкі ақауы; 5 – заттың рентгендік бейнесі; 6 – рентгендік бейне тіркеуіші.

латын (шығатын) гамма-сәулелерінің материалдан өтуі кезінде әртүрлі дәрежеде жұтылуына негізделген. Металл емес материалдардың беттік ақауларын тексеруге сантиметрлік және миллиметрлік диапазондағы радиотолқындарды пайдаланатын дефектоскопия түрін радиодефектоскопия деп атайды. Қыздырылған заттардың сапасын тексеруде инфрақызыл сәулелердің материалдан шағылысуы, өтуі немесе одан таралатын сәулелерді тіркеу арқылы іске асырылатын инфрақызыл сәулелік дефектоскопия пайдаланылады. Ақау ерекшеліктеріне сәйкес материал бетіне зарядтар топтасуына негізделген электрстатикалық дефектоскопия да бар. Бұл тәсіл оқшаулау жұмысында жиі қолданылады. Капиллярлық күш әсерінен сұйықтың саңылаудан өту құбылысына негізделген капиллярлық дефектоскопия арқылы көзге көрінбейтін беттік ақауларды табуға болады. Магниттік дефектоскопия ферромагниттік металл және металл қорытпалардағы ақау маңында магнит өрісінің өзгеруіне негізделген. Ультрадыбыстық әдісте ультрадыбыстық тербеліс арқылы бұйымның біртектілігі тексеріледі, сондай-ақ қаңылтырдың, құбырдың қалыңдығы анықталады. Материалдардың беттік ақауларын бақылауға *лазер сәулесі* де пайдаланылады.

ДЕФОРМАЦИЯ (латынша «деформатио – бұрмалау») – кез келген нысанның сыртқы немесе ішкі күштер әсерлерінің нәтижесінде пайда болатын сырт пішінінің өзгерісі. Қатты денелер (кристалдар, аморфты, органикалық текті) сұйықтар, газдар, физикалық өрістер, т.б. деформацияға ұшырайды.

Механикалық деформация – денелердің немесе оның бөліктерінің пішіндері мен өлшемдерін өзгертуге әкеп соқтыратын және бөлшектер арасындағы өзара әсерлесу күштерін өзгертетін яғни *кернеулердің* пайда болуын тудыратын, материалдық ортаның (қатты, сұйық, газтәрізді) көптеген бөлшектерінің өзара орналасуын өзгерту. Бүкіл заттар деформацияланатын болады. Деформация жылулық ұлғаюдың, магнит немесе электр өрістерінің, сондай-ақ сыртқы механикалық күштер әсерлерінің салдары болады.

Егер қатты денелерде жүктеме алынып тасталған соң деформация жойылатын болса, бұл деформация серпімді, ал егер жүктеме алынған соң да деформация әсері жойылмайтын болса, ол деформация пластикалық деп, егер деформация әсері түгелдей жойылмайтын болса, онда ол серпімді пластикалық деп аталады. Егер де деформация шамасы айқын түрде уақытқа тәуелді болса, мысалы, жүктеме өзгермейтін кезде артатын (өсетін) болса, бірақ қайтымды болса, бұл – тұтқыр-серпімді деформация деп аталады. Бүкіл нақты қатты дене тіптен аз деформация кезінде азды-көпті пластикалық қасиетке ие. Кейбір жағдайларда, серпімділік теориясындағыдай пластикалық қасиетті ескермеуге де болады.

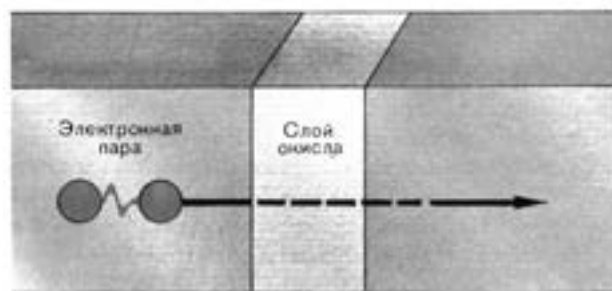
Пластикалық деформацияның табиғаты температураға, жүктеменің әсер ету ұзақтығына немесе деформация жылдамдығына тәуелді түрде әртүрлі бола алады.

Қарапайым деформацияға салыстырмалы ұзару және ығысу жатады. Шыбықтың (стерженнің) немесе ортаның материалдық талшығының ұзындығының ℓ_0 ұзындықтың өзгерісіне $\ell - \ell_0$ қатынасының бастапқы ұзындыққа ℓ_0 қатынасы салыстырмалы ұзару $\varepsilon = (\ell - \ell_0) / \ell_0$ деп аталған.

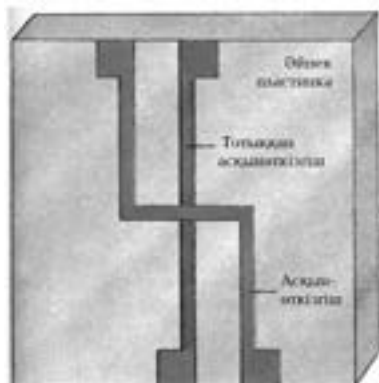
Деформацияны өлшеу (механикалық, электрлік, магниттік, т.б.) тікелей немесе жанама түрде дене нүктелерінің аралығын (оптикалық, пьезоэлектрлік, т.б.) өлшеуге негізделген.

ДЕЦИБЕЛ (дБ, dB) (латынша «десем – он» + *бел* – логарифмдік салыстырмалы шаманың бірлігі) – логарифмдік салыстырмалық шама бірлігі; $1 \text{ дБ} = 0,1 \text{ Б}$. Акустикада – дыбыстық қысым деңгейінің бірлігі; $1 \text{ дБ} - 20 \lg(p/p_0) = 1$ қатынасы орындалатын дыбыстық қысымның бірлігі (мұндағы p_0 – табалдырықтық дыбыс қысымы, $2 \cdot 10^{-5} \text{ Па} = \text{тең}$ деп есептеледі).

ДЖОЗЕФСОН ЭФФЕКТИСІ – екі асқынөткізгішті бөліп (ажыратып) тұратын жұқа диэлектрик қабат арқылы [Джозефсон жанаспасы (жапсары)] асқынөткізгіш токтың өтуі; 1962 жылы асқынөткізгіштік теория негізінде ағылшын физигі Брайон Джозефсон (1940 жылы туған) алдын ала болжаған, 1963 жылы ғылыми тәжірибе жүзінде анықталған. Өткізгіштік электрондар *туннельдік эффектiнiң* нәтижесінде диэлектрик (қалыңдығы $\sim 10 \text{ \AA} = 10^{-9} \text{ м}$) металл тотығының пленкасы арқылы өтеді. Егер де Джозефсон жанаспасынан (жапсарынан) өтетін токтың мәні жанаспаның **кризистік тогынан артпайтын болса**, онда жанаспада кернеудің түсуі болмайды (орнықты Джозефсон эффектісі). Егер жанаспа арқылы **кризистік токтан артық ток өткізілсе**, онда жанаспада кернеудің түсуі пайда болады және жанаспа *электрмагниттік толқын* (орнықты Джозефсон эффектісі) таратады (шығарады). **Тек айнымалы ток қана электрмагниттік толқын таратады** – дәл сондай ток жанаспада кернеудің (V) тұрақты түсуі кезінде Джозефсон



1-сызба. Асқынөткізгіш жұптың туннельденуі.



2-сызба. Джозефсон элементі.

жанаспасынан өтеді. Сәуленің жиілігі (ν) кернеумен (V) $\nu=2eV/h$ қатынасы арқылы байланысады, мұндағы e – электронның заряды, h – Планк тұрақтысы. Асқынөткізгіштік ток тудырушы жұпқа біріккен электрондар жанаспа арқылы өткен кезде асқынөткізгіштің негізгі күйіне қатысты артық $2 eV$ энергия алатын болады. Электрондар жұбының негізгі күйге қайтып оралуы үшін бірден-бір мүмкіншілік – кванттық электрмагниттік $h\nu = 2eV$ энергия шығаруы (таратуы) қажет. Джозефсон эффектісі асқынөткізгіштерде электрондық реттіліктің – фазалық когеренттіліктің болатынын аңғартады.

ДЖОУЛЬ (Дж, J) – жұмыстың, энергияның және жылу мөлшерінің Халықаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ) бірлігі. Ағылшын физигі Джеймс Джоульдің (1818 – 1889) құрметіне аталған. 1 Дж – 1 Н күш түскен нүктені күш әсер ететін бағытпен 1 м қашықтыққа жылжитқан кездегі істелетін жұмысқа тең. $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м} = 10^7 \text{ эрг} = 0,2388 \text{ кал}$.

ДЖОУЛЬ ЗАҢЫ – белгілі массалы идеал газдың ішкі энергиясының оның көлеміне тәуелді болмай, тек температураға ғана тәуелді болатынын айғақтайтын заң. Бұл заң идеал газ туралы **кинетикалық теория** түсініктерінен шығады: молекулалар арасында өзараәсерлесу болмайды (өзараәсерлесудің потенциалдық энергиясы нөлге тең), сондықтан молекулалардың арасындағы қашықтықтардың өзгеруі (көлемнің өзгеруі) ішкі энергияны өзгертпейді. Заң ағылшын физигі Джеймс Джоульдің (1818–1889) құрметіне аталған.

ДЖОУЛЬ-ЛЕНЦ ЗАҢЫ, кедергісі R болатын өткізгіштен t уақыт аралығында өткен I ток кезінде әлгі өткізгіште бөлінетін Q жылу мөлшерін анықтайды: $Q = a^2 R t$, мұндағы a – пропорционалдық коэффициент. Сонымен, Джоуль-Ленц заңы бойынша өткізгіштен бөлініп шығатын жылу мөлшері (Q) оның кедергісіне (R), ток өтетін уақытқа (t) және ток күшінің квадратына (I^2) пропорционал болады. Егер I ампермен, R оммен, t секундпен өлшенетін болса, онда $a = 0,239$ болғанда, жылу мөлшері (Q) – калориямен, ал $a=1$ болғанда Q – джоульмен өрнектеледі. Бұл заңды 1841 жылы ағылшын физигі Джеймс Джоуль (1818 – 1889) тұжырымдаған және 1842 жылы орыс физигі Эмилий Ленц (1804 – 1865) тәжірибе жүзінде дәлелдеген. Электрлік және жарықтандырғыш қондырғылардың, жылытқыш және қыздырғыш электр аспаптарының жұмысы осы заңға негізделген.

ДЖОУЛЬ-ТОМСОН ЭФФЕКТІСІ – газ температурасының адиабаттық дросселдеу – газдың тұрақты түрдегі қысым айырмашылығы әсерінен дроссель арқылы баяу ағуы – газ ағынына жергілікті бөгеуіл (мысалы, газ ағынына қойылған кеукеті бөгет) нәтижесінде өзгеруі. Бұл құбылысты 1852–62 жылдары ағылшын физиктері Джеймс Джоуль (1818 – 1889) мен Уильям Томсон (Кельвин)

(1824 – 1907) ашып, зерттеген. Дж. Джоуль мен У. Томсонның тәжірибелерінде газдың үздіксіз әрі тұрақты ағынында тізбектелген екі қималардағы температура (дроссельге дейінгі және одан кейінгі) өлшенген. Газдың дроссельдегі едәуір үйкелісі салдарынан газ ағынының жылдамдығы өте баяу болған және дроссельдеу кезінде ағынның кинетикалық энергиясы іс жүзінде өзгермеген. Құбыр және дроссельдің қабырғаларының жылуөткізгіштігі төмен болғандықтан газ бен сыртқы орта арасында жылуалмасу болмаған. Дроссельдегі қысым айырмашылығы ($\Delta p = p_1 - p_2$), атмосфералық қысымға тең, өлшенген температура айырымы $\Delta T = T_2 - T_1$ ауа үшін $-0,25^\circ\text{C}$ (тәжірибе бөлме температурасында орындалған) болған кезде CO_2 және H_2 үшін әлгі жағдайда ΔT сәйкес түрде $-1,25$ және $+0,02^\circ\text{C}$ -ке тең болған. Егер газ дроссельдеу кезінде салқындайтын ($\Delta T < 0$) болса, Джоуль-Томсон эффектісі оң деп, ал егер – қызатын ($\Delta T > 0$) болса, теріс деп атау қабылданған.

Заттар құрылысының молекулалық-кинетикалық теориясы бойынша Джоуль-Томсон эффектісі газда молекулааралық өзараәсерлесу күштерінің болатынының дәлелі болды (бұл тәжірибе осы күштерді анықтау үшін орындалған болатын). Шындығында, молекулалардың өзара тартылысы кезінде газдың *ішкі энергиясы* (U) өзіне молекулалардың өзараәсерлесуінің кинетикалық энергиясын да, әрі потенциалдық энергиясын да қосып алады. Газдың энергетикалық оқшаулану жағдайларында ұлғаюы оның ішкі энергиясын өзгертпейді, бірақ та молекулалардың өзараәсерлесуінің *потенциалдық энергиясын* арттырады (молекулалардың ара қашықтықтары артады). Молекулалардың жылулық қозғалысының баяулауының нәтижесінде ұлғаюшы газдың температурасы кемитін болады. Нақты үрдіс күрделірек, себебі газ сыртқы ортадан энергетикалық оқшауланбаған. Үрдіс сыртқы жұмысты жүзеге асырады (газдың келесі мөлшері алдыңғысын нығыздай түседі).

Молекуласы *материалдық нүкте* ретінде қарастырылатын, бір-бірімен өзараәсерлеспейтін *идеал газ* үшін Джоуль-Томсон эффектісі нөлге тең. Бір газдың өзі дроссельдеудің жағдайына тәуелді түрде қыза да және салқындай да алады.

ДИАМАГНЕТИЗМ (грекше «диа – алшақтау деген мағыналы қосымша» + *магнетизм*) – заттың өзіне әсер етуші сыртқы **магнит өрісінің бағытына қарсы бағытта магниттелу қасиеті**. Диамагнетизм бүкіл заттарға тән қасиет. Денеге магнит өрісі әсер еткен кезде оның әрбір атомының **электрондық қабықшасында электрмагниттік индукция** заңы бойынша дөңгелек индукциялы токтар, яғни электрондардың қосымша дөңгелек қозғалысы пайда болады. Осы токтар атомның әрқайсысында индукцияланған, *Ленц ережесіне* сәйкес сыртқы магнит өрісіне қарама-қарсы бағытталған магниттік момент туады.

Диамagnetизммен байланысты магниттелушілік әдетте онша күшті болмайды; ол ферромагнетизм, антиферромагнетизм немесе электрондық парамагнетизм тудыратын магниттелушіліктен едәуір аз болады. Нағыз диамagnetиттік заттардағы (диамagnetиктерде) атомдардың (молекулалардың) электрондық қабықшасында тұрақты магниттік момент болмайды. Осындай электрондардың магниттік моменттері сыртқы магнит өрісі әсер етпейтін жағдайда өзара есесі қайтарылған (компенсацияланған) болады. Дербес жағдайда бұл жайт электрондық қабықшалар түгелдей толтырылған атомдарда, иондарда және молекулаларда, мысалы, инертті газдар атомдарында, сутек молекулаларында, азотта байқалатын болады. Диамagnetиктің созылыңқы үлгісі біртекті магнит өрісінде күштік сызықтарға перпендикуляр бағытталады. Бұл үлгі біртекті магнит өрісінен осы өрістің кернеулігінің кему бағытына сәйкес ығыстырылып шығарылады. Атомдардың едәуір жоғары *энергетикалық деңгейлерін* қоздыруға жеткіліксіз температуралар кезінде, диамagnetизм іс жүзінде тұрақты (температураға тәуелсіз) болады.

Егер атомдар бір-бірінен оқшауланбаған және мысалы, молекулалар немесе кристалдар күшті өзараәсерлесетін болса, онда мұндай атомдарда электрондық қабықшалар деформацияланатын болады және де бақыланатын диамagnetизм оқшауланған атомдардағыдан аз болады.

Диамagnetизмнің **д и а м а г н и т т і к а л ғ ы р л ы ғ ы** өрістің кернеулігіне тәуелді болмайды. Кейде өте төменгі температура кезінде металдарда және жартылайөткізгіштерде ауық-ауық (тербелістік) өрістің кернеулігі бірте-бірте арттырылғанда диамagnetиттік алғырлықтың өзгерісі байқалады. Диамagnetиттік алғырлықтың ең үлкен абсолюттік шамасы асқынөткізгіштерде пайда болады. Олар үшін $\chi = -1/(4\pi)$, ал магниттік индукция нөлге тең, яғни магнит өрісі асқынөткізгішке ене алмайды. Асқынөткізгіштердің диамagnetизмін атомішілік емес, микроскопиялық беттік токтар тудырады.

ДИАМАГНЕТИК – сыртқы магнит өрісіне қарама-қарсы бағытта магниттелетін зат. Сыртқы магнит өрісі болмайтын жағдайда магнитсіз. Диамagnetиктерге инертті газдар, азот, сутек, кремний, фосфор, мырыш, алтын, сынап, висмут, графит, органикалық қосылыстар – нафталин, глицерин т.б. жатады. Сыртқы магнит өрісінің әсерінен диамagnetиктің әрбір атомы *магниттік моментке* ие болады (заттың әр молі – қосынды моменті M), бұл момент өрістің кернеулігіне (H) пропорционал және өріске қарсы бағытталған болады. Сол себепті диамagnetиктің *магниттік алғырлығы* $\chi = M/H$ әрқашан теріс және іс жүзінде магниттік өрістің кернеулігінің шамасына және температураға тәуелді болмайды.

ДИАФРАГМА (грекше – қалқа, шымылдық), оптикадағы – оптикалық жүйелердегі (телескоптарда, микроскоптарда, фотоаппараттарда, т.б.) жарық

шоғының көлденең қимасын шектейтін мөлдір емес қалқа. Линзалардың, призмалардың, айналардың, т.б. оптикалық бөлшектердің жақтаулары, көздің қарашығы, жарықталған заттың шекаралары, спектроскоптағы – саңылаулар *д и а ф р а г м а* бола алады. Диафрагманың өлшемдері мен қалпы жарықталудың және кескіндердің сапасын, айқындық алыстығын (кескінделетін кеңістіктің алыстығын) және оптикалық жүйенің айырғыштық қасиетін, көз шалымын (көру өрісін) анықтайды.

Оптикалық жүйеге түсетін жарық шоғын күшті шектейтін диафрагма *апертуралық* (саңылаулық) немесе әрекеттік диафрагма деп аталған. Оптикалық жүйенің әсер ететін саңылауын кішірейту (диафрагмалау) кескіннің сапасын жақсартады, себебі бұл жағдайда сәуле шоғындағы шеткері сәулелер жойылады. Диафрагмалау айқындық шегін (алыстығын) арттырады.

ДИНА (дин, dyn) (грекше «динамис – күш») – *бірліктердің СГС жүйесіндегі* күштің өлшеу бірлігі. 1 дина – массасы 1 *г* денеге 1 *см/сек²* үдеу беретін күшке тең. Күштің *Халықаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ)* өлшеу бірлігі *Ньютон (Н)*.
 $1 \text{ дин} = 1 \text{ г} \cdot \text{см/сек}^2 = 10^{-5} \text{ Н} = 1,02 \cdot 10^{-6} \text{ кг күш}$.

ДИНАМА – күш жұбынан және осы жұп жатқан жазықтыққа перпендикуляр күштен құралған күштер жүйесі.

ДИНАМИК (грекше «динамикос – күшті, динамис – күш») – электрлік тербелістерді дыбыстық тербелістерге түрлендіретін құрылғы.

ДИНАМИКА (грекше «динамикос – күш») – механиканың материалдық денелердің сыртқы күштердің әсерінен туындайтын қозғалысын зерттеуге арналған бөлімі. Динамиканың негізіне оның мәселелерін шешуге қажетті барлық теңдеулер мен теоремалар шығарылатын механиканың *Ньютон заңдары* алынған. *Н ь ю т о н н ы ң б і р і н ш і з а ң ы* (инерция заңы) бойынша: күш әсер етпеген жағдайда материалдық нүкте өзінің тыныштық күйін немесе бірқалыпты түзу сызықты қозғалысын сақтайды; бастапқы күйін өзгерту үшін оған тек күштің әсер етуі қажет. *Е к і н ш і з а ң б о й ы н ш а*: күш (F) әсер еткенде m массалы *материалдық нүктенің* алатын үдеуі (ω), әсер етуші күшке тура пропорционал және сол күш әсер еткен бағытпен бағыттас болады: $m\omega = F$ (1).

Осы заң динамиканың *н е г і з г і з а ң ы* болып табылады. *Ү ш і н ш і з а ң б о й ы н ш а* екі материалдық нүкте бір-біріне шама жағынан тең, бағыты бойынша қарама-қарсы күштермен әсер етеді. «**Әсер және қарсы әсер**» деп атаған бұл заң бір түзудің бойымен бағытталады және бір денеге бірнеше күш (1) әсер еткен кезде (1) теңдеудегі F осы күштердің *т е ң ә с е р л і к ү ш і* болып табылады. Осы нәтиже күш әсерінің тәуелсіздік заңынан туындайды. Бұл заң бойынша

денеге бірнеше күш әсер еткен кезде олардың тудыратын үдеуі оның әрқайсысы жеке-дара әсер еткен кездегідей үдеу тудырады.

Динамикада екі типтегі есептер қарастырылады. Бірінші типтегі есептерде дененің қозғалысын біле отырып, оған әсер ететін күштер анықталады. Мұндай есепке неміс астрономы Иоганн **Кеплер** (1571–1630) ашқан ғ а л а м ш а р л а р д ы ң қ о з ғ а л у з а ң д ы л ы қ т а р ы н а сүйене отырып, ағылшын физигі Исаак **Ньютонын** (1643 – 1727) б ү к і л ә л е м д і к т а р т ы л ы с з а ң ы н ашуы мысал бола алады. Техникада мұндай есептер дененің қозғалысын шектейтін басқа денелерге, яғни *механикалық байланыстарға* түсірілетін күштерді анықтауда кездеседі. Динамиканың негізгі есебі болып саналатын екінші типтегі есептерде денеге әсер етуші күштер бойынша дененің қозғалу заңдылығы анықталады. Мұндай есептерді шешкенде бастапқы шарттарды, яғни қозғалыстың басталар кезіндегі дененің орны мен жылдамдығын білу қажет. Осы есептер қатарына снарядтың зеңбірек окпанынан ұшып шығар кездегі жылдамдығы мен оған ұшу кезіндегі әсер ететін күштер (ауырлық күші мен ауаның кедергісі, т.б.) бойынша снарядтың қозғалу заңын анықтау, вагонның салмағы мен рессордың серпімділік күшінің шамасы бойынша оның тербеліс заңын білу сияқты есептер жатады. Динамиканың есептері дифференциалдық теңдеулер арқылы шешіледі. Жеке материалдық нүкте үшін бұл теңдеу **динамиканың екінші заңы**, яғни (1) өрнектегі векторлық теңдеу түрінде беріледі. Қатты денелер мен басқа да механикалық жүйелердің қозғалысын өрнектейтін дифференциалдық теңдеулер динамиканың екінші және үшінші заңдарының салдары ретінде қарастырылады. Мысалы, жылжымайтын z осьтен айналатын қатты дене қозғалысының дифференциалдық теңдеуі былай жазылады: $I_z \varepsilon = M_z$ (2), мұндағы ε – дененің бұрыштық үдеуі, I_z – дененің айналу өсіне қатысты инерция моменті, M_z – әсер етуші күштердің айналу өсіне z қатысты толық моменті.

Механикалық жүйенің қозғалысын зерттеуде динамиканың екінші және үшінші заңдарының салдары ретінде қарастырылатын динамиканың жалпы теоремалары жиі қолданылады. Бұл теоремалар қозғалыстың басты механикалық сипаттамаларының арасындағы байланыстарды анықтайды; сонымен қатар қарастырылатын құбылыстың іс жүзіндегі маңызды бөлігін бөліп алып зерттеуге мүмкіндік береді. Олардың қатарына *қозғалыс мөлшерінің*, қозғалыс мөлшері моментінің және жүйенің кинетикалық энергиясының өзгеруі жөніндегі теоремалар жатады. Қозғалыс теңдеулерін тек Ньютон заңдарын ғана пайдаланумен қатар динамиканың жалпы принциптерінің салдарлары ретінде де өрнектеуге болады. Бұл принциптер қатарына *механиканың вариациялық принципі*,

Д'Аламбер принципі және *Д'Аламбер – Лагранж принциптері* жатады. Инерциялық санақ жүйесіндегі денелердің қозғалысы ғана (1) теңдеу түрінде өрнектеледі. Ал инерциялық емес санақ жүйелеріндегі денелердің қозғалысын (1) теңдеумен өрнектеу үшін F күшіне *инерциялық күштерді* қосу керек. Мұндай есептер Жер бетіндегі қозғалатын денеге Жердің өз өсінен айналуының әсері ескерілген және қозғалыстағы нысандарға (кемелерге, ұшақтарға, ракеталарға, т.б.) орнатылған аспаптар мен қондырғылардың қозғалыстарын зерттеу кезінде пайда болады.

Күш әсеріндегі дененің қозғалысын жалпылама зерттеумен қатар, динамикада **гироскоп теориясы**, механикалық тербелістер теориясы, қозғалыстың орнықтылық теориясы, соққы теориясы сияқты дербес мәселелер де қарастырылады. Зерттелетін нысанның қасиетіне қарай динамика *материалдық нүкте* динамикасы, серпімді және пластикалық деформацияланатын денелер динамикасы, сұйық пен газ динамикасы деп бірнеше салаларға бөлінеді. Динамика тәсілдерін нақты нысандарға қолдану нәтижесінде *аспан механикасы*, сыртқы баллистика, ұшақ және ракета *динамикасы*, т.б. механиканың салалары пайда болды.

Ньютон заңдарына негізделген динамиканы **классикалық динамика** деп атайды. Кез келген дененің (микробөлшектерден басқа) жарық жылдамдығынан төменгі шапшаңдық қозғалысының заңдылықтарын ашатын классикалық динамиканың тәсілдері жаратылыстану мен техникада салаларында маңызды орынға ие. Жарық жылдамдығына жуық шапшаңдықпен қозғалған дененің қозғалысы *салыстырмалық теориясында*, ал өте ұсақ бөлшектердің (микробөлшектердің) қозғалу заңдылығы *кванттық механикада* қарастырылған.

Газдық динамика – гидроаэромеханиканың сығылатын газдардың және плазманың қозғалысы және бұлардың қатты денелермен өзараәсерлесуін зерттейтін саласы.

Релятивистік динамика – механиканың жарықтың вакуумдағы жылдамдығына жақын шапшаңдықтағы денелердің қозғалысын зерттейтін саласы.

ДИНАМО, гидромагниттік – электрөткізгіш сұйықтың немесе плазманың қозғалыстарының салдарынан магнит өрісінің өздігінен қозуы.

ДИНАМО... (грекше «динамис – күш») – «күш» деген сөзге сәйкес келетін қосымша, мысалы, динамометр.

ДИНАМОМЕТР (грекше «динамис – күш»+метр) – күш өлшегіш – күшті немесе күш моментін өлшеуге арналған аспап.

ДИНАМО-ЭФФЕКТ, гидромагниттік динамо – өткізгіштік сұйықтың немесе газ плазмасының қозғалысының салдарынан магнит өрістерінің өздік қозуы.

Сұйық ядролы Жердің, Күннің және жұлдыздардың магнит өрістерінің пайда болуын және оларды сүйемелдеуді түсіндіру үшін динамо-эффектінің маңызы бар.

ДИНАТРОНДЫҚ ЭФФЕКТ [грекше «дина (мик) – күш» + «...трон»] – электрондық атқылау әсерінен электродтардың (анодтың, тордың, коллектордың) беттерінде екінші реттік *эмиссияның* пайда болуы себепті электрвакуумдық аспаптардағы (мысалы, триодтарда немесе тетродтарда) токтың өзгерісі. Динатрондық эффект электрондық шамдардағы анодтық кернеудің басқарушы торының кернеуінен кем болған жағдайда туындайды. Осының нәтижесінде екінші реттік электрондарды торлар анодтан «қағып әкетеді», осыдан шамның анодтық сипаттамасында теріс тік учаске пайда болады. Сол себепті динатрондық эффект электрондық шамдардың күшейткіштік қасиетін шектейді.

ДИОД [грекше «ди – екі рет» + (электр) од»] – екі электродты вакуумдық, газразрядты немесе жартылайөткізгіштік аспап; электр тогының бағытына тәуелді түрде әртүрлі өткізгіштікке ие: тура бағыттағы токтар үшін – өткізгіштігі төмен. Диодтың негізгі өзгешелік түрлері: кенотрон, газотрон және жартылайөткізгіштік диод. Диодтар айнымалы токты түзету, детектирлеу, электрлік тербелістердің жиіліктерін түрлендіру, электр тізбектерін ажыратып-қосу үшін электр-және радиоаппараттарда қолданылған.

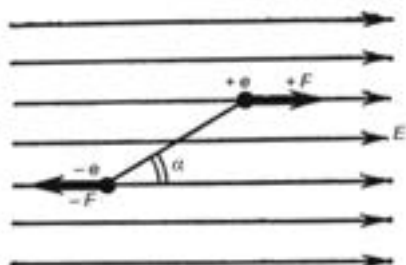
Диодты 1904 жылы ағылшын физигі Джен **Флеминг** (1849–1945) ойлап тапқан.

ДИОПТРИЯ (дп, D) (грекше «диоптер – бет жағынан астыңғы жағына дейін көру») – линзалардың және басқа осьтік симметриялы оптикалық жүйенің оптикалық бірлігі; 1 дп фокус аралығы 1 м оптикалық линзаның немесе сфералық айнаның оптикалық күшіне тең.

ДИПОЛЬ (грекше «ди – екі рет, екі» + «полос – полюс») – бір-бірінен белгілі бір қашықтықта (ℓ) орналасқан абсолюттік шамасы бойынша тең әраттас нүктелік екі зарядтың ($+e, -e$) электрлік жиынтығы. Электрлік дипольдің негізгі сипаттамасы оның дипольдік моменті (ДМ) болып табылады. Дипольдік момент – \mathbf{p} вектор ара қашықтықтың (ℓ) e зарядқа көбейтіндісінің сан мәніне тең, яғни $\mathbf{p}=e\ell$; вектор \mathbf{p} теріс зарядтан ($-e$) оң зарядқа ($+e$) қарай бағытталған деп қабылданған. ДМ дипольдің электрлік өрісін алыс қашықтықта ($R \gg 1$) анықтайды, сонымен бірге дипольге сыртқы электр өрісімен әсер етеді. Уақыт бойынша өзгермелі дипольдік моменттің (оның ұзындығының немесе зарядтарының өзгеруінің салдарынан) электрлік дипольды электромагниттік сәуленің көзі болады.

Магниттік диполь. Тұрақты магниттердің полюстерінің өзараәсерлесуін зерттеу [1785 жылы француз физигі Шарль **Кулонның** (1736–1806)] **магниттік зарядтардың** болатыны туралы түсінікке әкеп соқтырған. Шамалары бойынша тең,

зарядтары бойынша қарама-қарсы осындай зарядтар магниттік моменттері болатын магниттік диполь ретінде қарастырылды. Кейіннен мұндай **магниттік зарядтардың**



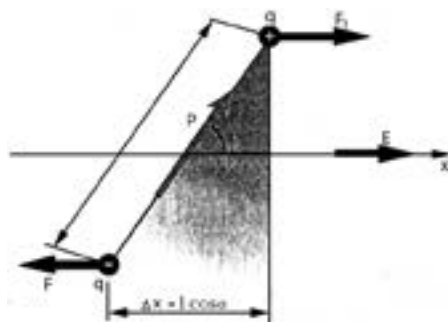
Сыртқы біртекті электр өрісіндегі (E) электрлік диполь. -F және +F қос күші дипольді өріс бағытында бұруға әрекеттенеді

болмайтыны айғақталды. Магниттік өрісті қозғалыстағы электр зарядтарының тудыратыны анықталған.

Магниттік дипольдің моменті электрлік диполь моментінің формуласымен есептеледі, мұнда электрлік дипольдің моменті токтың магниттік моментімен алмастырылады. Қарапайым ток (I) жағдайында радиусы (a) дөңгелек контур бойынша ағатын токтың магниттік моменті **Гаусс жүйесінде:** $p = ISn/$

сек, мұндағы $S_n = \pi a^2$ – орамның ауданы, ал n – орам жазықтығына перпендикуляр бірлік вектор, осы вектордың бас жағынан қарағанда ток сағат тілінің қозғалыс бағытына қарама-қарсы ағатын болып байқалады.

Магниттік диполь – контурдың өлшемдері қарастырылып отырған өрістің нүктелеріне дейінгі ара қашықтықпен салыстырғанда кіші (кем) болады делінетін шарт бойынша, тұйық контур бойынша өтетін электр тогы тудыратын магнит өрісінің үлестірілуімен үйлесетін өрісті тудырушы көз.



Электрлік диполь

Электрлік диполь – үлестірілуі электр өрісінің үлестірілуімен үйлесетін жүйенің өлшемдері осы жүйеден өрістің қарастырылатын нүктесіне дейінгі ара қашықтықпен салыстырғанда кіші (кем) болатын шарт кезінде шамалары бойынша тең және таңбалары бойынша қарама-қарсы екі электр зарядының жүйесі тудыратын электр өрісінің көзі болып табылады.

ДИПОЛЬДІК МОМЕНТ – зарядталған бөлшектер жүйесінің электрлік қасиеттерін сипаттайтын электрлік шама. Шамалары бойынша бірдей екі зарядтан (-e, +e) құралған жүйе электрлік диполь құрайды. $p = el$, мұндағы l – зарядтардың ара қашықтығы, осы ара қашықтықтың бағыты теріс зарядтан оң зарядты қарай бағытталған деп есептеледі. Дипольдік момент бейтарап жүйенің өлшемдерінен үлкен қашықтықта ол жүйенің электрлік өрісін әрі оған әсер ететін сыртқы өрісті анықтайды. Осындай жүйе өзгерген кезде электромагниттік толқындар (дипольдік

сәуле) таратылады. Кез келген зарядтық жүйе жағдайында оның электрлік өрісі әртүрлі реттілік мультиөрістермен анықталады.

ДИПОЛЬДІК СӘУЛЕ – сәуле таратушы (шығарушы) жүйенің электрлік дипольдік моментінің өзгерісі себепші болатын *электрмагниттік толқындардың* таратылуы.

ДИРАК ТЕҢДЕУІ – спині $1/2$ (*электрон, мюон, кварктер*, т.б.) еркін бөлшектердің уақыттық күйлерінің өзгерістерін сипаттайтын толқындық функцияға арналған релятивитік (салыстырмалық) дифференциалдық теңдеу. 1928 жылы ағылшын физигі Поль **Дирак** (1902–1984) релятивитік инварианттылықтың сызықтықты (**суперпозициялық принциптің** ақиқаттылығын өрнектейтін), уақыт бойынша бірінші реттілікті (берілген сәттегі күйдің одан кейінгі уақыттар сәтіндегі күйлерді анықтауы үшін) талап етуі негізінде қорытып шығарған. Спині $1/2$ бөлшектер үшін осы талапты тек төрт теңдеу ғана қанағаттандырған.

Дирак теңдеуі еркін бөлшектер үшін бөлшектердің импульсі (p), энергиясы (\mathcal{E}) және массасы (m) арасындағы мынадай қатынасқа әкеледі:

$\mathcal{E}^2 = m^2c^4 + p^2c^2$, немесе $\mathcal{E} = \pm \sqrt{m^2c^4 + p^2c^2}$; тыныштықтағы бөлшектер үшін осы теңдеу $\mathcal{E} = \pm mc^2$ (бөлшектің тыныштықтағы энергиясы) теңдеуіне сәйкес болады. $-mc^2 < \mathcal{E} < mc^2$ энергия аралығы «тыйым салынған» аралық болып табылады. Өрістің кванттық теориясында теріс энергиялы бөлшектердің күйлері оң энергиялы, бірақ электр заряды қарама-қарсы антибөлшектер күйі ретінде түсіндіріледі. Сондықтан Дирак теңдеуінің төрт тәуелсіз шешімі спині $1/2$ бөлшектердің де және антибөлшектердің күйлерін сипаттайды. **Позитронда** (антиэлектронды) тәжірибе жүзінде ашу Дирақтың алдын ала болжаған дирак теңдеуінің үлкен жетістігі болды.

Дирак теңдеуі сипаттайтын зарядталған бөлшектердің $e\hbar/2mc$ (Электрон үшін Бордың магнетонына тең) магниттік моменті болады. Бірақ та өрістің кванттық теориясындағы вакууммен өзараәсерлесу **аномальді** (қалыпты жағдайдан ауытқу) деп аталатын қосымша магниттік моменттің пайда болуына әкеп соқтырады, адрондар үшін бұл ерекше үлкен болады. Протонның тәжірибелік магниттік моменті оның қалыпты (дирактық) магниттік моментінен 2,8 есе артық.

Релятивитік емес шекте Дирак теңдеуі электрон үшін атомның *энергиялық деңгейлерінің* жұқа құрылымын біріктіретін **Паули теңдеуіне** ауысады.

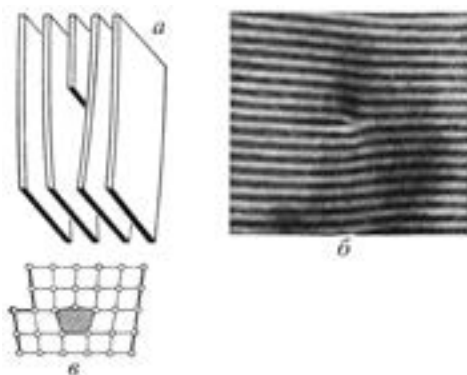
ДИСКРЕТТІЛІК (латынша «дискретус – бөлшектенген, ажыратылған») – үзік-үзік, жеке бөліктерден құралған.

ДИСКРИМИНАТОР (латынша «дискриминаре – бөлу, ажырату») – электр сигналының кез келген параметрін (мысалы, амплитудасын, фазасын) стандарт сигналдың ұқсас параметрімен салыстырылатын құрылғы; нәтижесінде салыстыратын шамалардың айырымына пропорционал кернеу пайда болады.

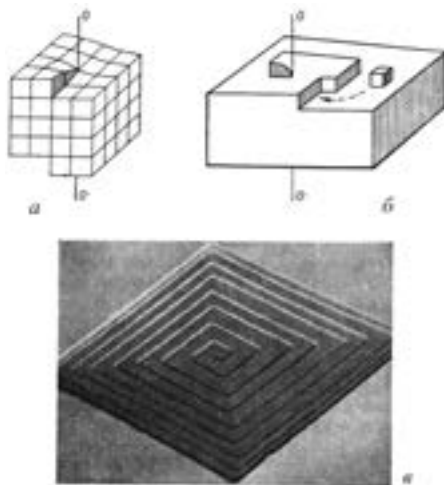
ДИСЛОКАЦИЯ (латынша «дислокатиио – ығысу») – кристалдық тордың атомдық (кристалграфиялық) жазықтықтарының дұрыс орналасуының бұзылуының салдарынан пайда болатын ақауы. Дислокацияның кристалдардың өзге ақауларынан өзгешелігі – шағын аймақта кристалды тесіп өтетін сызықтың маңайында шоғырланған атомдардың тұрақты алмасу жазықтығының бұзылуы болып табылады. Дислокацияның қарапайым түрлері: шеткерілік және винттік дислокациялар.

Идеал кристалдарда көршілес атомдық жазықтықтар кристалдың бүкіл бойында параллел орналасқан; егер кристалдың ішінде атомдық жазықтықтардың біреуі үзілген болса (1-сызбадағы *a* жағдай), онда **шеткерілік** дислокация пайда болады, «артық» жарты жазықтықтың шеті дислокацияның өсі болады. Айырғыштығы жоғары электрондық микроскоппен бақылағанда атомдық қатарлардың орналасуы көрінеді (1-сызбаның *b* жағдайы). Винттік дислокацияның көрінісі 2-сызбадағы *a* жағдайда бейнеленген. Винттік дислокация жағдайында бірде-бір атомдық жазықтық кристалдың ішінде аяқталмайды.

Барлық молекулааралық күштер өздерінің табиғаты бойынша электрлік күштер болып табылады. Осы күштер салыстырмалы түрде алыс орналасқан молекулалардың арасында тартылыс және жақын орналасқан молекулалар арасында тебіліс тудырады. Қатты денелердің серпімділік қасиеттері де осы күштер арқылы түсіндіріледі. Материалды созған кезде атомдар аралығындағы ара қашықтық аздап қана артады, сол себепті қорытқы созылу оны тудырған **механикалық кернеуге** пропорционал (осы тәуелділік Гук заңында өрнектелген) болады. Дене сығымдалған кезде атомдар жақындайды, сонда ығысу ретінде атомдар қабатын бір-біріне қатысты сырғытады.



1-сызба. Шеткері дислокация: *a* – атомдық жазықтықтың үзілуі; *b* – кристалдағы дислокацияның электронды-микроскоптық бейнесі; *в* – дислокация ядросындағы атомдардың орналасу сұлбасы



2-сызба. Винттік дислокация: *a* – кристалл атомдарындағы дислокацияның орналасу сұлбасы; *b* – винттік дислокацияның шығыңқы кристалдың беті; *в* – винттік дислокацияның шығысында пайда болған, парафин кристалындағы спиральдың өсуі

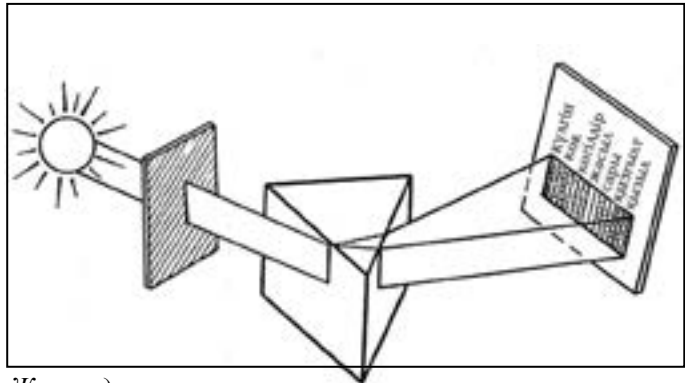
Тіптен кристалдық құрылымы болатын қатты денелердегі атомдар кристалдағы орташа қалпының маңайында үздіксіз тербеліс жасайды. Қыздырылған кезде таза қатты денедегі тербелістер едәуір қарқынды болады. Сонымен қатар, егер де жылу энергиясы атомдарды біріктіріп ұстап тұрған күштерді жеңе алатындай жеткілікті болса, онда кристалдық құрылым «ыдырайтын» болады, қатты дене балқиды. Таза металдың монокристалы берік болмайды екен. Бұл жайт кристалдық тордың кемелденбегенінен, *дислокацияның* болуынан туындайды.

ДИСПЕРГИРЛЕУ (латынша «дисперго – шашамын») – қатты денені ұсақтап ұнтақтау, сұйықты әбден араластыру, нәтижесінде дисперсті жүйенің пайда болуы.

ДИСПЕРСИЯ (латынша «дисперсио – шашырау»), физикада – кез келген табиғатты толқындардың шашырауы.

Дыбыс дисперсиясы – синусоидалық дыбыс толқындарының фазалық жылдамдығының дыбыстың жиілігіне тәуелділігі.

Жарық дисперсиясы – 1) жарықтың сыну, дифракция немесе интерференция құбылыстары кезіндегі спектрлік жіктелуі. 2) Заттардың сыну көрсеткіштерінің жарық толқынының жиілігіне немесе толқын ұзындығына тәуелділігі.



Жарық дисперсиясы

Жарықтың аномалиялық дисперсиясы – жарық толқынының ұзындығының кемуіне байланысты заттардың сыну көрсеткішінің кемуі.

Жарықтың қалыпты дисперсиясы – жарық толқынының ұзындығының кемуіне байланысты заттардың сыну көрсеткішінің артуы.

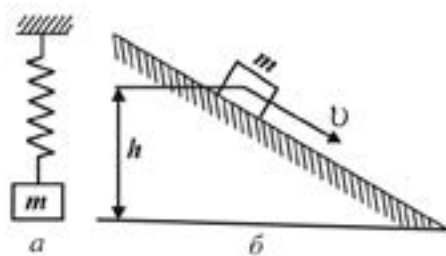
Толқындар дисперсиясы – синусоидалық толқындардың фазалық жылдамдығының толқынның жиіліктеріне тәуелділігі.

ДИССИПАЦИЯ (латынша – шашырау) – 1) энергияның диссипациясы – реттелген қозғалыс энергиясының (мысалы, электр тогының энергиясының) бөлшектердің ретсіз қозғалысының энергиясына (жылуға) ауысуы; 2) атмосфераның диссипациясы – атмосфера газдарының (Жердің, өзге ғаламшарлардың және ғарыштық денелердің) қоршаған ғарыштық кеңістікке біртіндеп сейілуі.

ДИССИПАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕ (латынша – шашырау), механикалық жүйедегі – толық (яғни, кинетикалық және потенциалдық энергиялардың

қосындысына тең болатын) механикалық энергиясы қозғалыс кезінде энергияның өзге түріне ауыса отырып (мысалы, жылуға) кемитін жүйе. Осы үрдіс механикалық энергияның **диссипациялық үрдісі** деп аталған; ол әртүрлі кедергілердің (үйкелістің) нәтижесінде пайда болады, сонымен қатар диссипациялық күштер деп аталған. Үйкеліс болатын кезде қатты дененің өзге бір қатты дененің бетімен қозғалысы; қозғалыс кезінде бөлшектерінің арасында тұтқырлық күш (тұтқырлық кедергі) әсер ететін сұйық пен газдың қозғалысы диссипациялық жүйеге мысал болады.

Диссипациялық жүйенің қозғалысы баяулайтын немесе өшетін, сондай-ақ үдемелі бола алады. Мысалы, серіппеге ілінген m жүктің (сызбада, *a*) тербелісі ортаның кедергісінің және серіппенің жасалған материалда деформациялар кезінде пайда болатын ішкі (тұтқырлық) кедергілерінің салдарынан өшетін болады. Сырғанау күші үйкеліс күшінен артық болған кездегі (сызбада, *б*) m жүктің көлбеу жазықтың кедір-бұдыр бетімен қозғалғанда пайда болатын қозғалыс үдемелі болады. Сонымен бірге оның v жылдамдығы, сондықтан кинетикалық энергиясы $T = mv^2/2$ (мұндағы m – жүктің массасы) уақыт өткен сайын арта түседі, бірақ осы арту потенциалдық энергияның $\Pi = mgh$ (g – еркін түсу үдеуі, h – жүктің тұрған биіктігі) кемуінен баяу болады. Осының салдарынан жүктің толық механикалық энергиясы $T + \Pi$ барлық уақытта кемитін болады.



«Диссипациялық жүйе» ұғымы физикада барлық жағдайда реттелген үрдістердегі энергия реттелмеген үрдістердегі энергияға ауысқанда механикалық емес жүйелерге де қатысты қолданылады, ақыр соңында молекулалардың жылулық (ретсіз) қозғалысына ауысады. Контурлар жүйесі электр тогының тербелісі өтетін контурлар жүйесінде **омдық кедергілердің** болуы себепті өшетін жүйе де – диссипациялық жүйе болады; бұл жағдайда **электр энергиясы джоульдік жылуға** ауысады.

Жер жағдайында сырттан энергия алмайтын жүйе кедергілер күшінің болуы себепті іс жүзінде диссипациялық жүйе болып табылады. Оларды кедергілер күшін елеусіз қалдырылған жағдайда тек жуық шашамен ғана механикалық энергиясы сақталатын *консервативтік жүйе* ретінде қарастыруға болады. Бірақ консервативтік жүйенің де диссипациялық жүйе болмауы мүмкін, егер ондағы диссипациялық энергия сырттан келетін энергиямен есесі қайтарылатын болса ғана әлгіндей бола алады. Мысалы, жеке қарастырғанда **маятникті сағат** үйкелістің

кедергісі нәтижесінде диссипациялық жүйе болады, оның тербелісі (сызбада *a* жағдайдағы жүктің тербелісі секілді) өшетін болады. Сырттан ауық-ауық энергия «ағыны» келетіндіктен (серіппені бұрау немесе гирдің төмен түсуі нәтижесінде) энергия диссипациясының есесі қайтарылғандықтан маятник **автотербелісін** жалғастыра береді.

ДИССОЦИАЦИЯ (латынша – ажырау) – молекулалардың, радикалдардың, ионның немесе кешенді (комплекті) қосылыстардың екі немесе бірнеше бөлікке ыдырауы. Диссоциацияны индукциялайтын факторларға – температураны арттыратын немесе жарық әсерлеріне – тәуелді түрде диссоциациялар **термиялық** немесе **фотохимиялық** деп аталған. Диссоциацияның мөлшерлік сипаттамасы – диссоциация дәрежесі, яғни диссоциацияланатын молекула мөлшерінің берілген заттың бүкіл молекулаларының мөлшеріне қатынасы болып табылады. Диссоциация энергиясы (химиялық байланыс энергиясы) **электрондық соққы** арқылы, спектроскопиялық және кинетикалық әдістермен анықтала алады. Молекулалардың ерітіндідегі ыдырауы электролиттік диссоциация деп аталған.

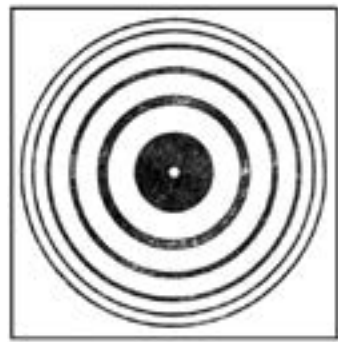
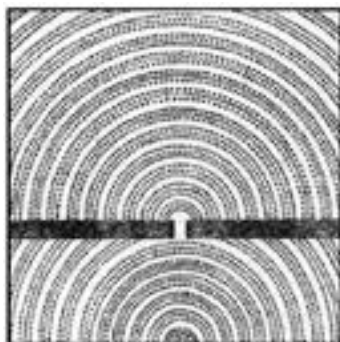
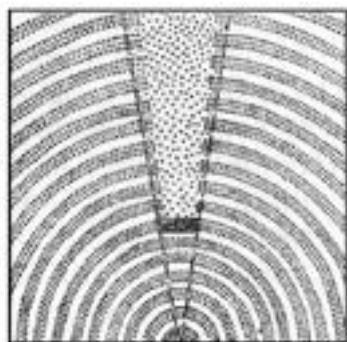
ДИСТИЛЛЯТ (французша «дистиллат», латынша «дистилляция – тамшылап ағу») – дистилляциялаудан алынған өнім.

ДИСТИЛЛЯЦИЯ (латынша – тамшылап ағу) – сұйық қоспаларды қоспалардың құраушы бөліктерінің қайнау температураларының немесе олардың булану жылдамдықтарының әрқалай болуы негізінде бір-бірінен ажырату. Дистилляциялау үшін қоспаның құраушыларының біреуінің буға айналуына жағдай туғызылады да сонынан осы бу конденсацияланып сұйыққа айналады.

ДИФРАКЦИЯ (латынша «дифрактус – сынған») – әр текті (жарықтық, дыбыстық, т.б.) толқындардың таралу бағытында кездесетін тосқауылдарды орағытып өтуі немесе микробөлшектер (электрондар, атомдар, молекулалар, т.б.) ағындарын кристалдардың немесе сұйықтар мен газдар молекулаларының максимумдар мен минимумдар тудырып шашыратуы. Бұл құбылыс механикалық толқындардың, дыбыстың, жарық толқындарының және микробөлшектердің өздерінің толқын ұзындығымен шамалас тосқауылдан орағытып өтуі кезінде байқалады.

Акустика-оптикалық дифракция – біртекті ортадан ультрадыбыстық толқындар өткен кезде пайда болатын жарық дифракциясы.

Бөлшектер дифракциясы – микробөлшектердің толқындық қасиеттері болуы себепті кристалдардың немесе сұйық және газ молекулаларының микробөлшектерді шашыратуы.



Су бетіндегі дифракция

Жарық дифракциясы

Жарық дифракциясы – жарықтың мөлдір емес тосқауылдың маңайына тақау өтуі кезінде жарық толқындарының түзусызықты таралу бағытынан ауытқуы.

Рентген сәулелерінің дифракциясы – кристалдардың немесе сұйықтар мен газдар молекулаларының рентгендік сәулелерді шашыратуы.

Толқындар дифракциясы – толқындардың тосқауылдардың маңайына тақау өтуі кезінде осы толқындардың түзусызықты таралу бағытынан ауытқуы.

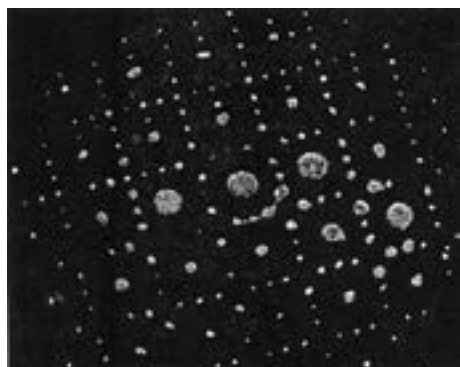
Фраунгофер дифракциясы – жазық толқындық шебі болатын жарық толқындарының дифракциясы. Бұл дифракция неміс физигі Йозеф **Фраунгофердің** (1787 – 1826) құрметіне аталған.

Френель дифракциясы – сфералық толқындық шебі болатын жарық толқындарының дифракциясы. Француз физигі Огюстен **Френельдің** (1788 – 1827) құрметіне аталған.

ДИФРАКЦИЯ, микробөлшектердің – бастапқы бөлшектер шоқтарынан осы бөлшектердің қосымша ауытқыған шоқтарының пайда болуы кезінде сұйықтар мен газдардың, кристалдардың немесе молекулалардың электрондар, нейтрондар,

атомдар және басқа микробөлшектерді шашыратуы. Осы ауытқыған шоқтардың бағыты мен қарқындылығы шашыратқыш нысанның құрылымына тәуелді.

Микробөлшектердің дифракциясы осы бөлшектердің толқын ретіндегі **кванттық-механикалық теория** негізінде түсіндіріледі. Кристалдармен және молекулалармен өзараәсерлескен кезде бөлшектердің энергиясы өзгереді: оған осы өзараәсерлесудің **потенциалдық энергиясы** қосылады, осыдан бөлшектердің қозғалысы өзгереді әрі

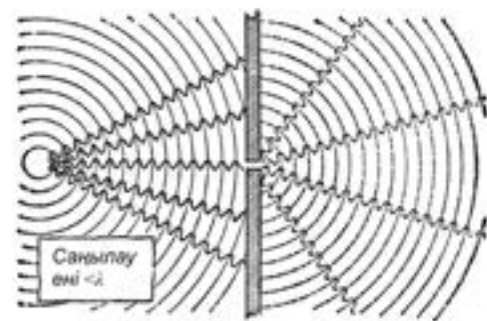
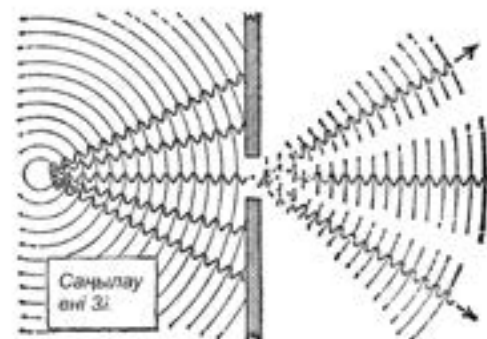
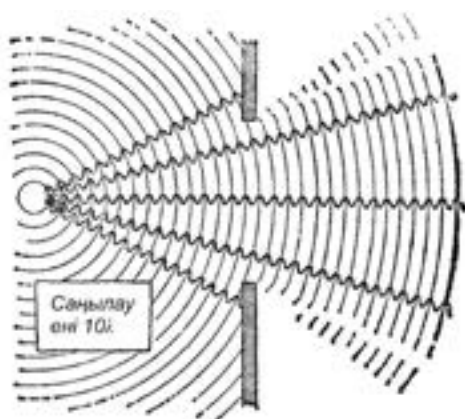


1-сызба. Электрон шоғының хлорлы барийдің моногидраты пленкасынан өткен кездегі дифракциялық суреті

сәйкес түрде бөлшектердің толқынға байланысты таралу сипаты да өзгеріске ұшырайды, осы жағдай бүкіл толқындық құбылыстарға тән жалпы принциптерге сәйкес өтеді. Микробөлшектердің кристалдардағы **дифракциялық суреті** анық байқалады. Кристалдардан алынатын дифракциялық суреттің түрі сызбада бейнеленген. Сұйықтардағы, аморфты денелердегі немесе газ молекулаларындағы микробөлшектердің, яғни ретсіз құрылымды нысандардағы дифракциялық сурет анық болмай, күңгірттеніп жан-жаққа жайылып кеткен тәрізді байқалады.

Микробөлшектердің дифракциясын 1927 жылы ғылыми-тәжірибе жүзінде американ физиктері Клинтон Дэвиссон (1881 – 1958) мен Лестер Джермер (1896 – 1971) байқаған.

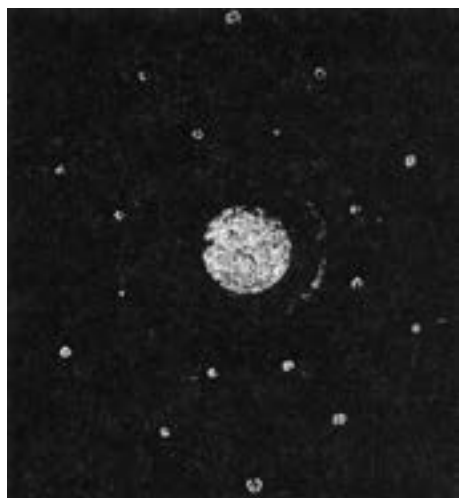
Жайпақ шұңғыл емес кең ыдыстағы суда жүзеге асырылған тәжірибелерден сызбада бейнеленген дифракциялық көріністер байқалған. Егер толқынның таралу жолына өлшемі толқынның ұзындығынан едәуір есе артық бөгетпен (экранмен) бөгелетін болса, толқын кедергінің геометриялық көлеңкесінің аймағына енбейді (сызбада, *а*-жағдай). Бөгеттің өлшемі кішірейтілсе, толқындар оны орап өте бастайды (*б*-жағдай). Егер бөгеттің (экранның) өлшемі толқын ұзындығына тең болса, онда оның артында ешқандай көлеңке пайда болмайды (*в*-жағдай). Сонымен, толқындар әрқашан таралу жолында кездескен бөгеттен (экраннан) оралып өтетіндігі, оралып өту дәрежесі бөгет өлшемінің толқынның ұзындығымен салыстырмалы шамасына тәуелділігі анықталды.



Саңылау арқылы өтетін толқындардың дифракциясы

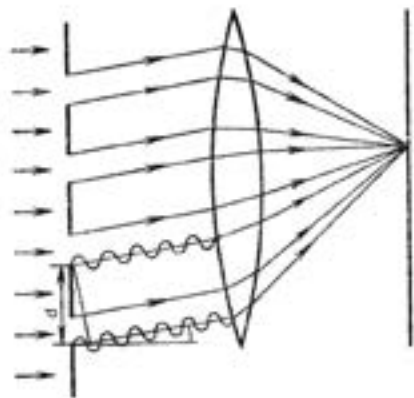
Толқын ұзындығына қарайлас өлшемді бөгетті толқынның орап-айналып өту құбылысы **дифракция** деп аталған. Дыбыс толқынының ұзындығы үлкен, сол себепті өсіп тұрған ағаштың астында ұшақтың гүрілдеген дыбысынан «қорғану» (яғни естімей қалу) мүмкін болмайды. Ағаш жарық толқынының ұзындығынан үлкен болғандықтан, оның көлеңкесінде күн сәулесінен қорғану мүмкін болады.

«Терлеп» тұрған терезеден көшедегі шамға қарағанда байқалатын әр түсті дөңгелектер – әйнекке шөккен судың ұсақ тамшыларында пайда болған жарық дифракциясының нәтижесі. Аязды күні Күннің төңірегінен байқалатын жарқырауық дөңгелек – ауадағы ұсақ мұз кристалдарынан өткен жарық дифракциясы болып табылады. Сызбадағы g -жағдайда кішкене дөңгелек бөгеттен (экраннан) өткен жарық дифракциясының бейнесі көрсетілген. Экранның ортасындағы жарық (ақ) дақ жарықтың бөгеттен (экраннан) айналып өтіп, кескіннің ортасына түсетіндігін байқатады.



Астұзы (NaCl) кристалындағы нейтрондардың дифракциясы.

ДИФРАКЦИЯЛЫҚ ТОР – жүйелі түрде тұрақты орналасқан көптеген бөліктерден құралған, периодты түрде қайталанбалы құрылымды жарық дифракциясы түзілетін (мысалы, жазық немесе иілген оптикалық бетке параллель және бірдей қашықтықта орналасқан штрихтар салынған) оптикалық бөлік. Берілген дифракциялық тор үшін белгілі штрихты пішін бірдей аралықта (d) қайталанатын



Дифракциялық тордың бейнесі

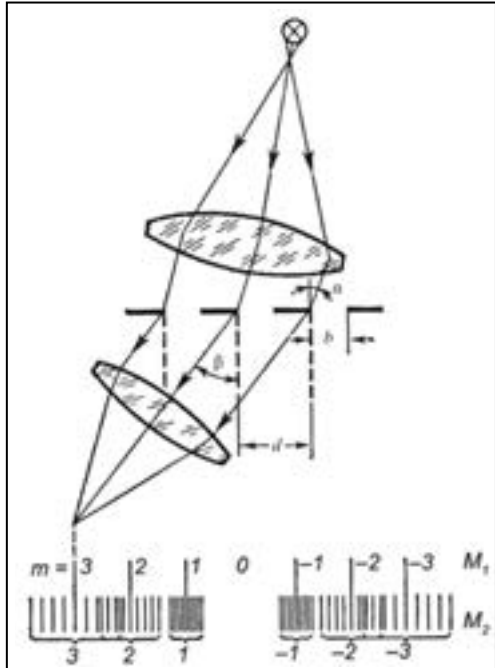
болса, ол аралық период деп аталған (1-сызба). Дифракциялық тордың негізгі қасиеті – өзіне түсетін жарық шоғын толқындар ұзындықтары бойынша топтан ажыратады, сол себепті дифракциялық тор спектрлік құрылғыларда қатты денелер мен сұйықтарды қоршаған ортада дисперстік жүйе түзуге әкеп соқтыратын өте ұсақ бөлшекке ұнтақталушы бөлік ретінде пайдаланылады. Егер штрихтар жазық бетке салынған болса, онда дифракциялық тор жазық, егер иілген бетке салынса (әдетте

сфералық) – иілген дифракциялық тор деп аталған. Дифракциялық торлар шағылдырғыш және мөлдір дифракциялық торларға ажыратылады. Шағылдырғыш дифракциялық торда штрихтар айналы бетке (әдетте металл) салынады және шағылдырғыш жарықта бақыланады. Мөлдір дифракциялық торда штрихтар мөлдір пластинканың бетіне салынады да өтетін сәуле арқылы бақыланады. Қазіргі кездегі спектрлік аспаптарда негізінен шағылдырғыш дифракциялық торлар пайдаланылуда. Мөлдір дифракциялық тордың әрекетін қарастырайық. Ені b саңылаулардан құралған, мөлдір емес аралықтармен бөлінген дифракциялық торға монохроматты параллель, толқын ұзындығы λ жарық шоғы α бұрышпен түсетін болса, әр саңылаудан шығатын толқындардың *интерференциясы* пайда болады. Экранға фокусталып (тоғысталып) түсірілгенде максимумдар түзіледі.

XX ғасырдың 70-жылдарында лазерлік сәуленің интерференциясының нәтижесінде арнайы фотосезгіш материалдарда (фоторезисттерде) қарқындылықты периодты таратуға негізделген дифракциялық тор құраудың жаңа технологиясы жасалған болатын. Осы дифракциялық тор – г о л о

г р а ф и я л ы қ д и ф р а к ц и я л ы қ т о р деп аталды. Оның сапасы жоғары болды және көзге көрінетін ультракүлгін сәулелер аймағында қолданылды. Дифракциялық тор тек спектрлік аспаптарда ғана емес, сызықтық оптикалық датчиктерде және бұрыштық орын ауыстыру (өлшеуіш дифракциялық тор), полярлауыш және инфрақызыл сәулелер сүзгілері, интерферометрлерде шоқтар бөлгіші ретінде, т.б. пайдаланылады.

ДИФФУЗИЯ (латынша – таралу, ағу) – жылулық қозғалыстың нәтижесінде жанасушы заттардың біріне-бірінің өзара енуі. Диффузия заттардың концентрациясының азаю бағытына қарай жүзеге асады және де өзінің жайғасқан көлемі бойынша біркелкі таралуға ұмтылады. Диффузия газдарда, сұйықтарда және қатты денелерде орын алады, осы заттардың өзінің (өздік диффузиялану) де және осылардағы өзге заттардың да бөлшектері де диффузияға қатыса алады. Газдардағы қалқымалы не-

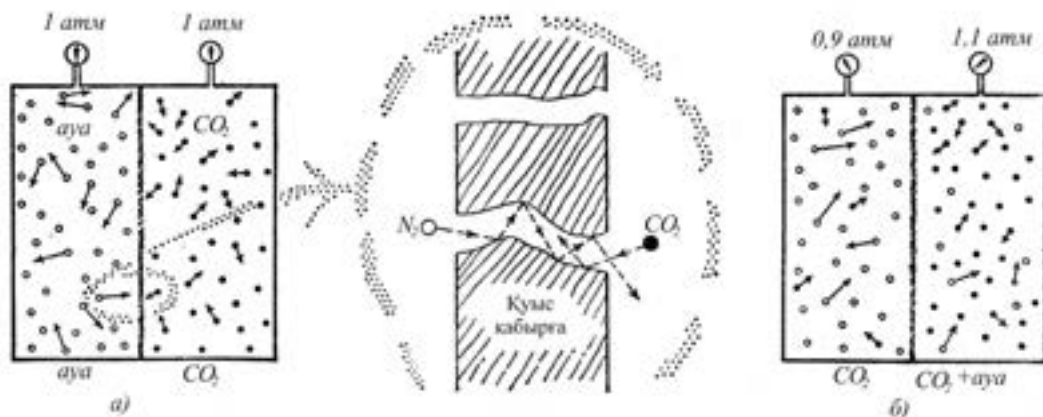


Саңылаулардан құралған мөлдір дифракциялық торлар арқылы спектрлер түзудің (шығарудың) сұлбасы

месе сұйықтардағы ірі бөлшектер (мысалы, түтін немесе суспензия бөлшектері) олардың *броундық қозғалысының* салдарынан диффузияланады.

Газдардағы диффузия тез, сұйықтардағы – баяулау, қатты денелердегі тіптен баяу жүзеге асады, оның себебі осы орталардағы бөлшектердің жылулық қозғалысының ерекшелігіне байланысты. Газ бөлшектерінің әрқайсысының траекториясы сынық сызықтар түрінде болады, себебі бөлшектер өзара соқтығысқан кезде қозғалыс бағаттары мен жылдамдықтарын өзгертеді. Сондықтан да диффузиялық ену еркін қозғалыспен салыстырғанда едәуір баяу өтеді.

Сұйықтарда молекулалардың жылулық қозғалысының сипатына орай диффузия молекулалардың орнықты бір жағдайдан екінші жағдайға аттап өтуі арқылы өтеді. Әрбір аттап өту молекулаға көрші молекуламен байланысын үзуге және басқа молекулалардың ортасына ауысуға жеткілікті энергия беру арқылы жүзеге асырылады. Осы аттап өту кезінде орташа орын ауыстыру молекулалар арасындағы қашықтықтан аспайды. Сұйықтағы бөлшектер диффузиясын орнықты үйкелісті



Газ диффузиясы: а – алғашында бірдей көлемді, бірдей қысымды молекулалар саны бірдей (тең) ауа мен көмірқышқыл газы; б – диффузияланудан соң оларды қысымдары әртүрлі болған.

қозғалыс ретінде қарастыруға болады, бұл қозғалысқа Эйнштейннің екінші қатынасын қолдануға болады: $D \sim ukT$, мұндағы u – диффузияланатын бөлшектердің жылжымалылығы, яғни бөлшектердің жылдамдығының (c) орнықты үйкелісті қозғалыс кезіндегі ($c = uF$) F күштің арасындағы пропорционалдық коэффициенті. Егер бөлшектер сфералық симметриялы болса, онда $u = 1/6 \pi \eta r$, мұндағы η – сұйықтың тұтқырлық коэффициенті, r – бөлшектердің радиусы. Сұйықта температураның артуына байланысты диффузия коэффициентінің артуы сұйықтың қыздырылуы кезіндегі оның құрылымының «қопсытылуына» және сәйкес түрде уақыт бірлігіндегі аттап өту санының көбеюіне байланысты болады.

Қатты денелерде диффузияның өтуінің: атомдардың *вакансиялармен* (кристалдық тордың бос түйіндерімен) орындарын алмастыру және атомдардың түйіндер арасында орын ауыстыру, бір мезгілде әлденеше атомның циклдік орын алмастыру, көрші екі атомның орындарының тікелей алмасу тәсілдері бар.

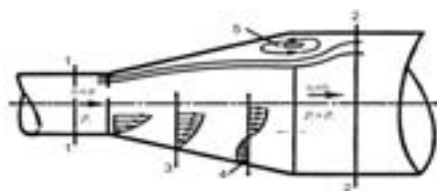
Диффузия ортада тек шоғырлану градиенті болғанда ғана емес, сонымен қатар зарядты бөлшектердің сыртқы электр өрісінің ықпалымен (э л е к т р л і к д и ф ф у з и я), ауырлық күш немесе қысым тудыратын (б а р о д и ф ф у з и я), бірқалыпсыз қызған ортада термодиффузия пайда болады. Газдардың кеуек қабаттар арқылы немесе бу ағыны арқылы диффузиялануы и з о т о п т а р д ы ажырату үшін пайдаланылады. Сұйық ерітінділерде еріткіштер молекулаларының жартылай өтімді қабаттар (мембраналар) арқылы диффузиялануы *осмотық* қысым тудырады, осы жайт заттарды ажырату үшін пайдаланылады.

Амбиполярылық (екіжақтылық) диффузия – плазмада немесе электролитте жүзеге асатын қарама-қарсы зарядталған бөлшектердің бір бағыттағы бірлескен диффузиясы.

Спиндік диффузия – Кюри температурасының маңайындағы ферромагнетиктің немесе Неель температурасының маңайындағы антиферромагнетиктің артық магниттелушілігінің диффузиялар заңы бойынша жүзеге асырылып үлестірілуі.

ДИФФУЗИЯЛЫҚ КАМЕРА – зарядты бөлшектердің тректерін (іздерін) *Вильсон камерасындағыдай* бақылауға арналған аспап. Бұл камерадағы тректер спирттің аса қаныққан буының сұйық тамшыларынан түзіледі, бұлардың асақанығуы камераның ыссы қақпағынан шығатын (таралатын) ағынның камераның түп жағындағы едәуір салқын қақпағына қарай үздіксіз бағытталған ағыны есебінен пайда болады. Диффузиялық камераның Вильсон камерасынан айырмашылығы ондағы асақанығу тұрақты түрде (диффузиялық камераның бірқатар қабаттарында) ұсталады, сол себепті диффузиялық камера зарядталған бөлшектердің иондарын үздіксіз «сезетін» болады. Бұл камераны 1936 жылы америка физигі А. **Лангсдорф** ойлап тапқан.

ДИФФУЗОР – ағын арнасының сұйықтың немесе газдың ағыны тежелетін және қысымы артатын бөлігі. Диффузор арналу мақсаты және геометриялық пішіні бойынша *соплог*а кері құрылғы. Орташа жылдамдықтың төмендеуі салдарынан ағын бағытында қысым артады және ағынның *кинетикалық энергиясы* ішінара *потенциалдық энергияға* түрленеді.



Дыбыс жылдамдығына дейінгі жылдамдықты дөңгелек қималы диффузор: 1 – диффузорға кіреберістегі қима; 2 – диффузордың соңындағы қима; 3 – жылдамдықтың артуы; 4 – қайтымды ағыс; 5 – ағыс айналымы

Диффузордағы энергияның түрленуі соплодағы түрленуден өзгеше *энтропиясы* едәуір артады және толық қысым кемитін болады. Ағынның кинетикалық энергиясының шығындалған бөлігі құйындардың пайда болуына әрі оның сөнуіне жұмсалады және кедергі күшке қарсы жұмыс жасайды әрі қайтымсыз жылуға ауысады. Дыбыстық асқынжылдамдық жағдайында диффузорға енер тұстағы тежелу соккы толқындар аймағында жүзеге асырылады.

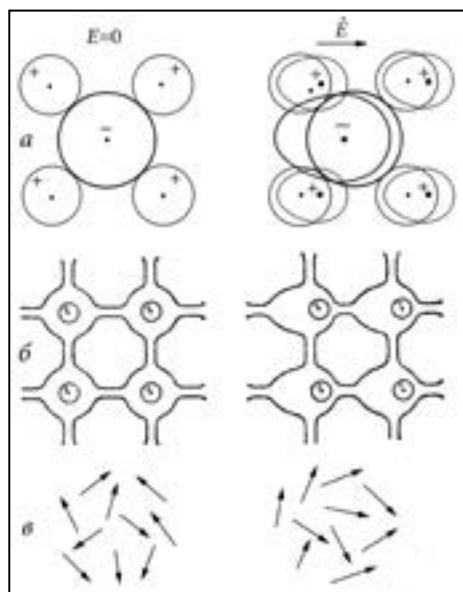
ДИХРОЙЗМ (грекше «ди – екі» + «хрома – түс») – оптикалық өстің бойымен өзара перпендикуляр бағыттардан бақылау кезінде бір өсті кристалдардан өтуші сәулелердің қосарланып сынуының әртүрлі түсті болып көрінуі. Дихройзм *плехроизмнің* (көп түстіліктің) дербес жағдайы.

Сызықты дихройзм – кәдімгі және өзгеше (кәдімгі емес) сәулелердің айырмашылығы себеп болатын дихройзм.

Циркулярлы дихройзм – оң жақ және сол жақ циркулярлы полярлануы болатын жарық үшін әртүрлі жұтылу айырмашылығы себеп болатын дихройзм.

ДИЭЛЕКТРИКТЕР (грекше «диа – арқылы» + ағылшынша «электрик – электр») – электр тогын нашар өткізетін заттар. «Диэлектрик» деген ғылыми атауды 1839 жылы ағылшын физигі Майкл **Фарадей** (1791–1867) енгізген. Диэлектриктер оң зарядтары мен теріс зарядтары тең мөлшерде болып келетін атомдар мен молекулалардан құралған. Заттар электр өткізгіштік қасиетіне қарай ток *өткізгіштер*, *ток өткізбейтіндер* және токты *жартылай өткізгіштер* болып бөлінеді.

Диэлектриктердің электрөткізгіштігі *металдармен* салыстырылғанда өте төмен. Диэлектриктердің электрөткізгіштігінің мөлшерлік айырмашылығын классикалық физика металдарда *еркін электрондардың* болатындығымен, ал диэлектриктердегі бүкіл **электрондардың атомдармен байланысты** болатынымен түсіндірді. Электр өрісі ол электрондарды атомдардан жұлып шығармайды, тек сәл ғана ығыстырады делінді. Қатты денелердің *кванттық* теориясы металдар мен диэлектриктердің электрлік қасиеттерінің әрқилы болатынын электрондардың *энергия деңгейлері* бойынша таралу сипатының әртүрлі болуымен түсіндірді. Диэлектриктердегі электрондар-



Диэлектриктердің: а – иондық; б – электрондық; в – бағдарлану полярланулары.

мен толтырылған **жоғарғы энергетикалық деңгей** рұқсат етілген зоналардың бірінің жоғарғы шекарасымен үйлеседі (металдарда ол **тыйым салынған зонаның** ішінде жатады), ал жақын аралықтағы бос деңгейлердің электрондары әдеттегі электр өрісінің ықпалымен жеңіп шыға алмайтын – толтырылған тыйым салынған зонадан бөлектенген. Электр өрісінің әсері электрондық тығыздықтың қайтадан үлестірілуіне әкеп соқтырады, осы жайт диэлектриктердің **поляризациясына** себеп болады. Диэлектрик пен жартылайөткізгіштерге қатаң шек қоюға болмайды. Тыйым салынған зонасының ені $\varepsilon_g < 3$ эВ болатын зат шартты түрде *жартылайөткізгішке*, ал $\varepsilon_g > 3$ эВ – д и э л е к т р и к к е жатады.

Диэлектриктердің полярилану құбылысы химиялық байланыстың сипатына тәуелді. Мысалы, иондық кристалдағы NaCl (астұзының) полярилану иондардың бірінің-біріне қатысты ығысуларының (и о н д ы қ полярилану) және жеке иондардың электрондық қабықшаларының деформациялануының (э л е к т р о н д ы қ полярилану) нәтижесі болады. Кристалл диэлектриктердегі әртүрлі таңбалы иондар белгілі бір тәртіппен орналасқан, **электр өрісі әсер етпесе де полярилану жүзеге асады**. Әдетте мұндай жағдай кездеспейді, оған себеп тудырылатын электр өрісі кристалдың сыртқы бетінен және ішінен шығатын еркін зарядтардың өрісімен компенсацияланады (есесі қайтарылады). Компенсацияның бұзылуы кристалда, кристалдың температурасының өзгеруі кезінде п и р о э л е к т р и к т е, деформациялану кезінде п ь е з о э л е к т р и к т е уақытша электр өрісінің пайда болуына әкеп соқтырады. Сыртқы әсерлердің ықпалымен полярилануын едәуір өзгертін (шамасы бойынша да, бағыты бойынша да) пироэлектриктің түр өзгешелігі с е г н е т э - л е к т р и к болып табылады. **Өріс болмайтын кезде полярилануы байқалатын** кейбір заттардың қатарына **шайыр және әйнек** типті заттар да жатады.

Диэлектриктердің электрөткізгіштігі аз, бірақ нөлден өзге болады. Диэлектриктердегі электрондар мен иондар **жылжымалы заряд тасулар** болып табылады. Әдеттегі жағдайларда **электрондық өткізгіштік** иондық өткізгіштікпен салыстырғанда аз болады. Иондық өткізгіштік өзінің және қоспалық иондардың орын ауыстыруымен байланысты. Иондардың кристалдық торлар бойынша орын ауыстыруы кристалдың құрылымдық ақаулықтарымен байланысты. Егер, мысалы, кристалда *вакансия* болса, онда көрші ион өрістің ықпалымен әлгі бос орынға орналасады, ол ион босатқан орынға келесі ион жайғасады, осы үрдіс әрі қарай тізбектеліп жалғасатын болады. Температура жоғарылағанда иондық өткізгіштік артатын болады.

Диэлектриктер электр оқшаулауыш материал ретінде пайдаланылады. **Пьезоэлектриктер дыбыстық тербелістерді электрлік тербеліске**

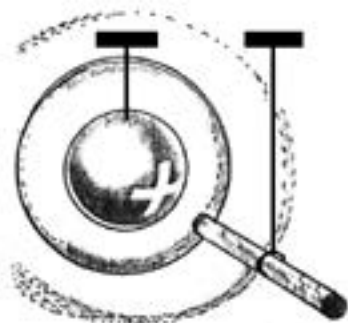
(және керісінше) түрлендіреді, пироэлектриктер инфрақызыл сәулелерді индикациялау және олардың қарқындылығын өлшеу үшін пайдаланылады, сегнет-электриктер радиоэлектроникада қолданыс тапқан. Диэлектриктік кристалдар кванттық электроникада және кванттық күшейткіштерде пайдаланылады.

Егер жіңішке жіпке байланған зарядталмаған әйнек немесе янтар шыбық зарядталған сфераның (шардың) қасына жақын орналастырылса, осы шыбықтың осі электр өрісінің күш сызықтарының бағыты бойынша орналасатын қалыпта тынышталатын болады (яғни орналасады). Әлгі шыбықтың шарға жақын орналасқан ұшы теріс зарядты, ал оның шардан қашық ұшы оң зарядталады. Шыбықтың екі ұшы электр полюстері секілді болады. Сол себепті осы құбылыс **п о л я р л а н у** деп аталған. Кез келген денедегі *зарядтардың* бір бөлігі электр өрісінің ықпалымен орын ауыстырып **электр тогын тудырады**, ал байланысқан зарядтар **п о л я р л а н а д ы**.

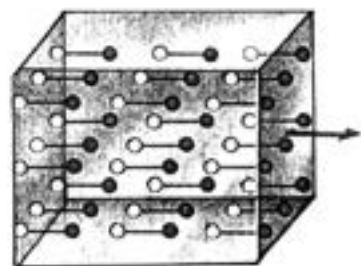
Полярлану – диэлектриктердің маңызды сипаттамасы. Заттар еркін электрондардың қозғалыстарының басым болуына немесе полярлануына тәуелді түрде екі класқа – **өткізгіштерге** және **диэлектриктерге** ажыратылған.

Диэлектриктің **п о л я р л а н у** ы мен зарядтардың *индукциясы* – тіптен әрқилы құбылыстар. Өткізгіштің электр өрісін екі бөлікке қиып, әраттас электр зарядына ажыратуға болса, диэлектриктердің полярланған зарядтарын екіге «ажырату» мүмкін емес. Теріс еркін зарядтар – **өткізгіштік электрондар** металдарда алыс қашықтыққа дейін орын ауыстыра алады. Диэлектриктердегі оң және теріс зарядтар бірімен бірі байланысқан болғандықтан **тек бір молекула шегінде** (яғни толық толтырылған энергетикалық зонада) ғана ығыса алады.

Сырттан ықпал ететін өріс болмаған кездерде әртүрлі таңбалы электр зарядтары диэлектриктің көлемі бойынша біркелкі таралады. Сыртқы өрістің ықпал етуі кезінде әрбір молекулаға енген зарядтар қарама-қарсы бағыттарға ығысады. Осы ығысу диэлектриктің сыртында электр өрісінде орналасқан зарядтардың пайда болуына орай зарядтар түрінде білінеді, бұл полярлану құбылысы.



Оң зарядталған сфераның (шардың) қасына ілінген янтарь таяқшаның осі электр өрісінің күш сызықтары бойымен сәйкес бағытталады.



Электр өрісіндегі иондық кристалдардағы иондардың біріне-бірінің салыстырмалы ығысулары

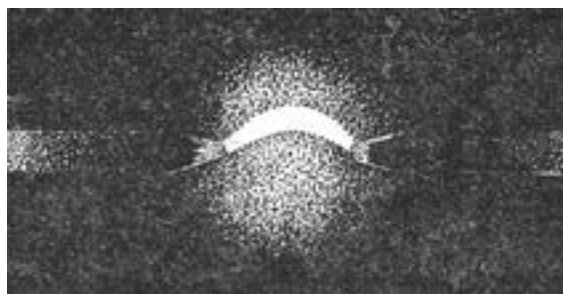
ДИЭЛЕКТРЛІК АЛҒЫРЛЫҚ – ортаның *полярану* қасиетін сипаттайтын шама. Бұл шама $\mathcal{J} = \kappa E$ қатынасындағы κ – пропорционалдық коэффициенті, мұндағы E – электр өрісінің кернеулігі, \mathcal{J} – диэлектриктің көлем бірлігінің дипольдік моменті. Диэлектрлік алғырлық заттардың диэлектрлік қасиеттерін, сонымен қатар диэлектрлік алғырлық СГСЭ бірліктер жүйесінде: $\varepsilon = 1 + 4\pi\kappa$ қатынасымен байланысқан.

ДИЭЛЕКТРЛІК ӨТІМДІЛІК – электр өрісінің (E) әсерінен диэлектриктердің полярлануын сипаттайтын шама (ε). Диэлектрлік өтімділік Кулон заңына диэлектриктегі екі еркін (бос) зарядтың өзараәсерлесу күштерінің вакуумдағы күштен неше есе кем екенін аңғартатын шама ретінде енеді. Өзараәсерлесудің әлсіреуі ортаның полярлануы нәтижесінде **еркін зарядтардың** экрандалуы себепті пайда болады. Байланысқан зарядтардың электрлік бейтарап ортада микроскопиялық қайталанып үлестірілудің салдарынан пайда болады және еркін зарядтардан айырмашылығы сол өріс әсерінен микроскопиялық қашықтыққа орын ауыстыруға қабілетсіз, яғни заттардың электр өткізгіштігіне қатыса алмайды. Диэлектрлік өтімділік мына формула бойынша анықталады: $D = \varepsilon \cdot E$, мұндағы E – электр өрісінің кернеулігі, D – диэлектриктегі электр индукциясы. Диэлектрлік өтімділіктің шамасы заттың табиғатына, сыртқы әсерлерге (температура, қысым т.б.) байланысты өзгереді.

ДОҒАЛЫҚ РАЗРЯД – газдағы дербес **квazitұрақты** қысымы $10^{-2} - 10^{-4}$ мм сынап бағанынан асатын кез келген қысымды электродтарының арасындағы потенциалдар айырымы тұрақты немесе айнымалы төменгі жиілікті (10^3 Гц-ке дейінгі) электрлік разряд. Бұл разрядтың өзгедей разрядтардан айырмашылығы катодтағы токтың тығыздығы ($10^2 - 10^8$ А /см²-дей) жоғары және разрядтық аралықтағы ортаның иондалуының эффектiлік потенциалының түсуінен артпайтын болады. Көмір электродтар арасындағы алғашқы доғалық разрядты 1802 жылы орыс физигі Василий **Петров** (1761–1834) байқаған. 1808–1809 жылдары ағылшын химигі әрі физигі Гемфри **Дэви** (1778–1829) де байқаған. Жарқыраған ток арнасы (конвекциялық тасымалдық ағын) **доға тәрізді болып көрінетіндіктің** разряд – доғалық разряд деп аталып кеткен.

Доғалық разрядтың тек белгілі бір сыртқы және шекаралық жағдайларға байланысты болатын көптеген түрлері бар. Осылардың барлығында катодтағы ток өте шағын және катодтың бетінде (катодтық дақ) ретсіз қозғалатын жарық даққа шоғырланған болады. Дақтың бетіндегі температура катод жасалған **материалдың «қайнау» температурасына дейін қызады**. Сол себепті катодтық токты тасуда – *термоэлектрондық эмиссияның* маңызы зор. Катодтық дақтың үстінде кеңістіктік оң заряд қабаты пайда болады, ол заряд эмиссиялауыш электрондарды **газдың**

атомдары мен молекулаларын соққылап иондауға жеткілікті энергияға дейін үдетуді қамтамасыз етеді. Бұл қабаттың қалыңдығы өте жұқа (электронның *еркін жол ұзындығынан* кем) болғандықтан, ол катодтың бетінде жоғары өрістік кернеулік тудырады, әсіресе табиғи



Доғалық разрядтың көрінісі

микробіртекті бетте, осының сал-

дарынан **автоэлектрондық эмиссияның** әсері айтарлықтай болады. Катодтық токтың тығыздығының жоғары болуы және дақтың бір нүктеден өзге бір нүктеге «секірісті» қопарылыстық *электрондық эмиссия* тудырады. Доғалық разрядтың катодтық басқадай да тәсілдері белгілі.

Потенциалдың катодтық түсу зонасының аймағына анодқа дейін созылған оң баған тікелей жалғасады. Потенциалдың анод маңайындағы «секірісі» байқалмайды. Анодта жарқырауық **анодтық дақ** пайда болады, бұл дақтың өлшемі үлкен, бірақ катодпен салыстырғанда баяу жылжиды. Бағандағы өте жоғары температураға дейін қызған иондалған газ *плазма* күйінде болады. Плазманың электр өткізгіштігі доғалық разрядтың түріне тәуелді, іс жүзінде кез келген мәнді қабылдай алады.

ДОЗА (грекше «досис – үлес»), с ә у л е н і ң – сәулеленуші зат жұтатын және оның бірлік массасына (жұтылған доза) есептелген иондауыш сәуленің энергиясы. **Жұтылған энергия заттарды қыздыруға және олардың химиялық, физикалық түрленулеріне шығындалады.** Доза шамасы сәуленің түріне, оның бөлшектерінің энергиясына, олардың ағындарының тығыздығына және сәулеленуші заттардың құрамына тәуелді. Бұл жайт бөлшектердің және *фотондардың* заттар электрондарымен және атомдарымен өзараәсерлесу үрдістерінің (процестерінің) әртүрлі болуына байланысты. Өзгедей шарттары тең кезде **дозаның сәулелену уақыты қаншалықты ұзақ болса, яғни доза уақыт өткен сайын жинақталатындықтан ол соншалықты көп әсер етеді.** Дозаның уақыт бірлігіне қатынасы дозаның қуаты деп аталған. Дозаның жұтылған бірлігі Халықаралық бірліктер жүйесінде (СИ) – г р э й (Гр) бірлігімен өлшенеді. Доза бірлігінің жүйеден тыс бірлігі – р а д көп таралған: $1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Гр}$. Дозаның **қуаты** Гр/сек, Гр/сағ-пен өлшенеді.

Экспозициялық доза – ауаның иондануы бойынша анықталатын рентгендік және γ -сәулелердің дозасы. Бұл доза ауада пайда болған **екінші реттік электрондар мен позитрондардың толық тежелуі** кезінде қарапайым көлемде пайда болатын ауаның массасына қатынасындай Δm бірдей таңбалы зарядтардың қосындысына

ΣQ тең: $D_0 = \Sigma Q / \Delta t$. Экспозициялық доза *кермаға* (нейтрондар, рентгендік және γ -кванттар тудыратын барлық зарядталған бөлшектердің **бастапқы кинетикалық энергияларына** тең) пропорционал. СИ жүйесінде экспозициялық доза – Кл/кг бірлігімен өлшенеді. Ескірген жүйеден тыс бірлік рентген: $1 R = 2,57976 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг, бұл $2,08 \cdot 10^9$ жұп ионға (1 см^3 ауада, 0°C -та және 760 мм сынап бағаны). Осы мөлшердегі иондарды тудыру үшін $0,114 \text{ эрг/см}^3$, немесе 88 эрг/г -тең энергия шығындау қажет. Сонымен, 88 эрг/г – рентгеннің энергетикалық эквиваленті болады.

Эквиваленттік доза. Тірі организмдерді, дербес жағдайда адамды сәулелендірген кезде, биологиялық эффектілер пайда болады, олардың шамалары бірдей доза жұтылғанның өзінде әртүрлі сәулелер үшін әртүрлі болады. Сондықтан жұтылған дозаны білу радиациялық қауіпті бағалауға жеткіліксіз. Кез келген иондауыш сәуле тудыратын биологиялық эффектілерді рентгендік және γ -сәулелердің эффектілерімен салыстыру қабылданған. Адамның (салыстырмалы түрде аз дозамен) ұзақ уақыт қанша рет қауіпті сәулемен сәулеленуін білдіретін коэффициент – берілген сәуле түрінің рентгендік сәуледен қаншалықты жоғары екенін көрсетеді. Осы коэффициент – сәулеленудің сапалық коэффициенті (K) деп аталған. Рентгендік және γ -сәулелену үшін $K=1$ (сапалық коэффициент 1-ге тең). Өзгедей басқа иондауыш сәулеленулер үшін K радиобиологиялық мәліметтер негізінде орнықтырылады. Сапалық коэффициент бір рет сәулелену үшін, әртүрлі энергия үшін әрқилы болуы мүмкін. Жылулық нейтрондар үшін $K=3$, ал $\epsilon_n = 0,5$ МэВ энергиялы нейтрондар үшін $K=10$, $\epsilon_n = 5$ МэВ үшін $K=7$.

Эквиваленттік доза H жұтылған дозаның сәулеленуінің сапалық коэффициентінің көбейтіндісі ретінде анықталады: $H = DK$. Эквиваленттік доза жұтылған дозаның бірліктерімен өлшене алады. Эквиваленттік доза үшін арнайы бірлік – б э р қолданылады. 1 бэр эквиваленттік доза $K=1$ болған кездегі 1 рад дозаға сәйкес келеді. Эквиваленттік дозаның Халықаралық бірліктер жүйесінде (СИ) бірлігі – з и в е р т (Зв). Бірнеше сәуле түрлері әсер еткен кездегі эквиваленттік доза $H = \Sigma K_j D_j$.

Қысқа мерзімде 4 – 5 Зв (зиверт) эквиваленттік доза алған адамның (бүкіл денесі) өміріне қауіп төнеді, бірақ та бүкіл ғұмырында әлгіндей доза алған адам ешқандай көрінерліктей өзгеріске ұшырай қоймайды.

Дозаны өлшеу дозиметриялық аспаптармен жүзеге асырылады. Онкологиялық терапевтік локалді емдеу дозасы 3 – 4 аптада $\sim 10 \text{ Гр}$ (Грэй) шамасынан артық болмауы қажет.

Интегарлдық доза – сәулелендірілген дененің түгелдей жұтқан иондауыш сәулесінің жалпы дозасы.

Жұтылған доза – сәулелендірілген дененің кез келген бөлігінің жұтқан иондауыш сәулесінің энергиясының осы дененің сәулеленген бөлігінің массасына қатынасы.

Эквиваленттік доза – жұтылған дозаның сәуленің сапалық коэффициентіне көбейтіндісі.

Экспозициялық доза – барлық екінші реттік электрондар мен позитрондардың тежелуі кезінде ауада кез келген көлемде пайда болған барлық бірдей таңбалы иондардың қосынды зарядтарының әлгі көлемдегі ауа массасының қатынасына тең рентгендік немесе гамма-сәулелердің дозасы.

ДОЗИМЕТРИЯ – тірі және өлі табиғаттың сәулеленетін нысандарындағы (объектілеріндегі) радиациялық эффектілерге тәуелді болатын иондауыш сәулелердің (олардың қоршаған ортамен өзараәсерлесу) сипаттамаларын өлшеу, зерттеу және теориялық есептеулер жүргізу. Дозиметрия алғашында табиғи радиоактивті рентгендік және γ -сәулелердің әсерлерінен қорғану (сақтану) қажеттілігінен дамытылған. Радиациялық эффектілер, дербес жағдайда қоршаған ортаның бөлшектерін иондауыш сәулелер энергиясын жұтуға тәуелді. Себебі ауа γ -және рентгендік сәулелер үшін судың немесе бұлшық еттің моделі бола алады.

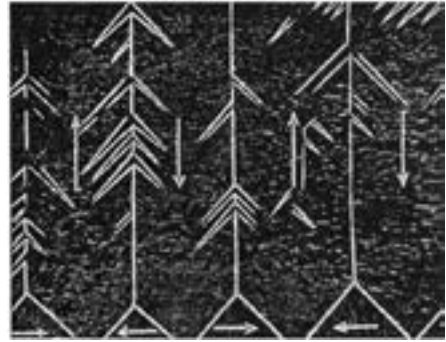
Реакторлар, үдеткіш техникалар жасау және радиоактивті нуклидтер өндіру салаларының дамытылуына байланысты жаңа қуатты сәуле көздері пайда болды, бұлар рентгендік және γ -сәулелерден өзгеше болды. Бұлар – нейтрондардың, үдетілген электрондардың, позитрондардың және зарядталған ауыр бөлшектердің ағындары. Дозиметрияны пайдалану радиациялық қауіпсіздік қызметіне таралды. Жұтылған энергияны білу тек суға және биологиялық тканьдарға да қажет болды; ауа сәулеленетін орта моделі болудан қалды. Осыған байланысты жұтылған доза әмбебап шамаға айналды. Бірақ та бірдей жұтылған дозаларда сәулелердің әсерлері олардың түріне және басқа сипаттамаларына – сәулелену «сапасына» байланысты.

ДОЗИМЕТРИЯЛЫҚ АСПАПТАР, дозиметрлер – иондауыш сәулелердің дозасын және оның қуатын өлшеуге арналған құрылғылар. Сәулелердің бір түрін ғана өлшеуге арналған (мысалы, нейтрондық дозиметриялық аспаптар γ -дозиметрлері т.б.) немесе аралас сәулелерді өлшеуге арналған дозиметриялық аспаптар бар. Рентгендік және γ -сәулелерді (рентген бойынша межелеген) дозиметриялық аспаптар рентгенметрлер деп, ал эквиваленттік дозаны анықтауға арналған аспаптар (бәр бойынша межелеген) – бэрметрлер деп аталған. Дозиметриялық аспаптардың негізгі бөлігі: **детектор** және **өлшеуіш құрылғы**. Осы аспаптың екі бөлігі де бір-бірімен өзара байланысқан немесе сәулені өлшеу кезінде ғана автономды детекторы іске қосылатын болып жасалған.

ДОМЕН (латынша «доминиум – иелік») – заттың физикалық қасиеттері іргелес аймақтардан ерекше болатын шағын аймақ.

ДОМЕНДЕР (французша «домайне – иелік, аймақ, сфера; латынша «доминиум – иелік») – химиялық біртекті ортаның электрлік, магниттік немесе серпімділік қасиеттерімен немесе бөлшектердің орналасуындағы реттілігімен ерекшеленетін аймағы. Антиферромагниттік және ферромагниттік, сегнетэлектрлік, Ганн домендеріне, серпімділік домендеріне, сұйық кристалдардағы домендерге ажыратылған.

Ферромагниттік домендер – ферромагнетиктің кризистік температурадан төмен температурада ажырайтын өздігінен магниттелушілігі болатын, ферромагнетик көлемінің қаныққанға дейін өздігінен магниттелетін аймақтары. Домендердің магниттелушілік векторлары сыртқы магнит өрісі болмайтын жағдайда ферромагнетик үлгінің қорытқы магниттелушілігі тұтастай алғанда, әдетте нөлге тең болады.



Кремнийлі темір кристалының бетіндегі ұнтақтық пішіндер, үлгі көлеміндегі домендердің шекаралары және оның бетін тұйықтайтын домендер байқалады. Жібелі сызықтармен домендердің магниттелушілік бағыты көрсетілген.

Ферромагнетиктің домендерге ажыратылуымына себептермен түсіндіруге болады. Егер ферромагнетик түгелімен қаныққанша бір бағытта магниттелетін болса, онда оның бетінде магнит полюстері пайда болар еді және оны қоршаған кеңістікте магнит өрісі туар еді. Бұған ферромагнетикті домендерге ажыратуға қарағанда көп энергия қажет болар еді, сол себепті үлгіден тысқары магнит өрісі де тумас еді (магниттік ағын үлгінің ішінде тұйықталады). Көлем өзгермейтін және тұрақты температура болған кезінде ферромагнетикте тек бос энергия аз болатындай домендік құрылым жүзеге асатын болады.

Ганн домендері – жеткілікті күшті сыртқы электр өрісінде N -тәрізді вольт-амперлік сипаттамасы болатын біртекті жартылайөткізгіш қабаттарға ажырайтын әртүрлі меншікті кедергісі және электр өрісінің кернеулігі әрқилы болатын аймақтары.

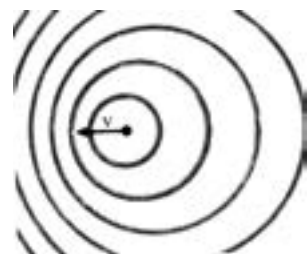
1964 жылы американи физигі Джон **Ганн** (1928 – ?) жоғары жиілікті тербелістерге қатысты осы доменнің болатынын айғақтаған.

Сегнетэлектрлік домендер – сегнетэлектриктердегі біртекті өздік поляриланатын аймақтар. Домендердің әдетте өлшемдері $\sim 10^{-5} - 10^{-3}$ см болады. Домендер $10^{-5} - 10^{-7}$ см қалыңдықты өтпелі аймақтарға (домендік шекарамен немесе кабырғамен) ажыратылған.

ДОНОР (латынша «доно – сыйлаймын») – *жартылайөткізгіштегі* иондалуы (жылулық қозғалыс немесе сыртқы әсерлер нәтижесінде) өткізгіштік зонада *электронның* пайда болуына себеп болатын қоспалы атом. Мысалы, германий (Ge) және кремний (Si) үшін фосфор (P), мышьяк (As), сурьма (Sb) элементтерінің атомдарының типтік доноры болады.

ДОНОРЛЫҚ-АКЦЕПТОРЛЫҚ БАЙЛАНЫС – әдетте қосарланған электрондары болмайтын атомдар, молекулалар, радикалдар арасындағы химиялық байланыс. Әлгіндей байланыс орнатылған бөлшектердің бірі электрондар жұбының *доноры*, екіншісі *акцепторы* болып табылады. Акцептор электрондарды қабылдауға қабілетті, бұларға көбінесе оң зарядталған атомдық жүйе жатады. Донорда еркін (бос) бөлінбеген электрондар жұбы болады, ол донорлық-акцепторлық байланыс пайда болған кезде ортақ болады. Донорлық-акцепторлық байланыс орнатылып болған соң, мұның **к о в а л е н т т і к б а й л а н ы с т а н і с** жүзінде айырмашылығы болмайды. N (азот) атомы (мысалы, NH₃), O, F, Cl және ауыспалы металдар атомдары болатын молекулалық жүйелер көп жағдайда донорлар болып табылады.

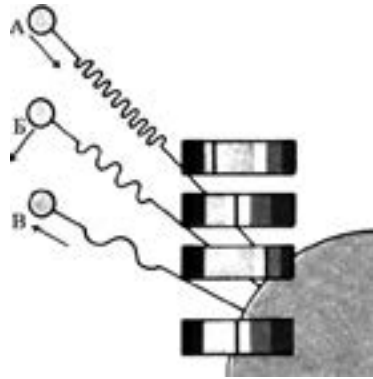
ДОПЛЕР ЭФФЕКТИСІ – тербелістер көзінің және бақылаушының бір-біріне қатысты қозғалыстары кезінде бақылаушы қабылдайтын тербелістер жиіліктерінің (ω) немесе толқындар ұзындықтарының (λ) өзгеруі. Бұл эффектiнiң пайда болуын мына мысалмен түсіндіруге болады. Қозғалмайтын толқын көзі көршілес екі импульс тізбегінің арасы толқын ұзындығы (λ_0 -ге) тең болатын біртекті ортада ешқандай ауытқуға ұшырамайтын импульстерді тұрақты жылдамдықпен (v) тарататын болсын дейік. Сонда қозғалмайтын бақылаушы осы импульстер тізбегін $T_0 = \lambda_0/v$ уақыт өткен соң қабылдайтын болады. Егер де толқын көзі бақылаушы тұрған жаққа $V \ll v$ жылдамдықпен қозғалатын болса, онда көршілес импульстер $T = \lambda/v$ уақыт аралығынан кіші уақыт аралығына бөлінетін болады, мұндағы $\lambda = \lambda_0 - VT_0$. Егер импульстердің орнына үздіксіз гармониялық толқындағы көршілес импульстер қарастырылатын болса, онда Доплер эффектісі кезінде бақылаушы қабылдайтын әлгі толқындардың жиілігі $\omega = 2\pi/T$, тербеліс таратушы көздің жиілігі $\omega_0 = 2\pi/T_0$ -дан үлкен болады: $\omega = \omega_0/(1-V/v)$ (1).



Қозғалыстағы дыбыс көзі тарататын дыбыс толқындарының ортасы дыбыс көзінің қозғалыс бағытына қарай ығысқан көптеген шеңберлер түрінде болады.

Тербелістер көзі бақылаушыдан алыстаған (қашықтаған) кезде қабылданатын жиілік кемиді, бұл жайтты (1) формула да сипаттап тұр, тек

Жарық шығаратын дененің спектрін зерттеу ол дененің жақындап келе жатқанын немесе алыстап кетіп бара жатқанын анықтауға мүмкіндік береді. Егер дене жақындап келе жатса, онда бақыланатын жарықтың толқын ұзындығы едәуір қысқа болып, дене тым көгілдір түсті болып көрінбек. Егер де дене алыстап кетіп бара жатса, онда жарықтың толқын ұзындығы артып, дене тым қызыл түсті болып көрінбек. Осы құбылыс Доплер эффектісі деп аталған. Доплер эффектісі кез келген өздігінен жарық шығаратын дененің спектрінде орын алады.



ондағы жылдамдықтың (V) таңбасы өзгереді. Жарық немесе механикалық толқын (мысалы, дыбыс) көздерінің қозғалысы бұлардан таралған толқынның тербеліс жиілігін өзгертеді. Толқын көзі мен бақылаушы аралығы жақындағанда, қабылданатын тербелістің жиілігі артады, ал олар бір-бірінен қашықтағанда әлгі тербеліс жиілігі кемиді. Мысалы, жақындап келе жатқан паровоз ысқырығының тоны

(жиілігі) артады, ал бақылаушыдан қашықтап кетіп бара жатқан паравоздың ысқырығының тоны (жиілігі) төмен болады.

Осы эффектіні 1842 жылы австрия физигі әрі астроном Христиан **Доплер** (1803–1853) акустикалық және оптикалық құбылыстар үшін теория жүзінде ашқан. Доплер эффектісі 1845 жылы тәжірибе жүзінде расталған. 1848 жылы француз физигі Арман **Физо** (1819 – 1896) «**доплерлік ығысу**» деген ұғымды ғылыми тілге енгізген. 1867 жылы бұл ығысудың жұлдыздар мен тұмандықтарда кездесетіндігі анықталған. Доплер эффектісі сәуле көздерінің немесе нысандардың (объектілердің) шашырататын толқындарының қозғалыс жылдамдықтарын өлшеуге мүмкіндік береді. Бұл эффект астрофизикада жұлдыздардың қозғалыс жылдамдықтарын анықтау үшін қолданылуда. Бұл эффект спектроскопияда атомдар мен иондар сәулелерінің спектрлік сызықтарының таралуы негізінде әлгілердің **температурасын өлшеу тәсілдерін** жасауға жол ашқан.

ДӨҢГЕЛЕК ҮРДІС, дөңгелек процесс (ц и к л) – жүйенің бірқатар өзгерістерге ұшырап, қайтадан бастапқы күйіне оралуы кезіндегі термодинамикалық үрдіс. Дөңгелек үрдіс нәтижесінде жүйе күйінің термодинамикалық параметрлері мен сипаттық функциясы (*ішкі энергиясы* U , *энтальпиясы*, *изохоралық және изобаралық термодинамикалық потенциалдары*, *энтропиясы*, т.б.) қайтадан бастапқы мәндерін қабылдайды және сондықтан дөңгелек үрдіс кезінде олардың өзгерістері нөлге тең болады ($\Delta U=0$ т.б.). Термодинамиканың б і р і н ш і б а с т а м а с ы н а н (энергияның сақталу заңынан), дөңгелек үрдісте жүйе үстінен істелген жұмыс (A) дөңгелек үрдістің әрбір учаскесінде қабылданған немесе

берілген жылу мөлшерлерінің (Q) алгебралық қосындысына тең: $\Delta U = Q - A = 0$, $A = Q$. **Тура дөңгелек үрдіс** деп аталған үрдістің нәтижесінде жылу жұмысқа айналады, ал **кері дөңгелек үрдісте** жұмыс онша қызбаған денеден едәуір қызған денеге жылу ауыстыруға шығындалады. Тізбектеліп өтетін жүйе күйлері тепе-тең күйге жақын болатын тепе-теңдік (дәлірек айтқанда **квазитепе-теңдік**) дөңгелек үрдіске және ең болмағанда учаскелерінің бірі тепе-тең емес үрдіс болатын тепе-тең емес дөңгелек үрдіске ажыратылған. Тепе-тең дөңгелек үрдістің пайдалы әсер коэффициенті үлкен болады (мысалы, *Карно циклі*).

Әртүрлі тепе-тең дөңгелек үрдістерге жүргізілген есептеулер термодинамикалық алғашқы зерттеулер әдісі болды. Соның негізінде **идеал жылу машинасының жұмыстық циклі** (Карно циклі) талданған, термодинамиканың е к і н ш і б а с т а м а с ы н ы ң математикалық өрнегі анықталған, термодинамикалық температуралық меже белгіленген, көптеген маңызды термодинамикалық қатынастар айғақталған (*Клапейрон – Клаузиус теңдеуі*, т.б.). Дөңгелек үрдіс техникада **іштен жану қозғалтқыштарының**, әртүрлі жылулық және тоңазытқыш қондырғыларының жұмыстық циклдері ретінде қолданылады.

ДРОССЕЛЬ (немісше – қысқарту, өшіру), э л е к т р л і к – электр тізбегіне тізбектегі токтың айнымалы құраушысын жою (басу) үшін, сондай-ақ әртүрлі жиілікті сигналдарды ажырату немесе шектеу үшін жүктемемен бірге тізбектеліп қосылатын *индуктивтік катушка*. Дроссель көбінесе электрлік сүзгілерде қолданылады.

ДРОССЕЛЬДЕУ (немісше – қылқындыру) – газдың немесе сұйықтың жергілікті гидродинамикалық кедергі арқылы өтуі кезінде олардың қысымын төмендету (саңылауды, вентильді, кранды, кеуекті аралық қабатты кішірейту). Дроссельдеу кезінде бір мезгілде температура өзгереді, бұл жайт **газдарды сұйылту кезінде** пайдаланылады. Дроссельдеу сонымен қатар сұйықтардың және газдардың шығындарын өлшеу және реттеу үшін де қолданылады.

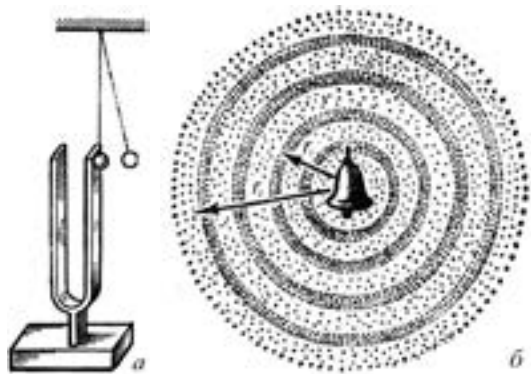
ДЫБЫС – кең мағынада, газ тәрізді, сұйық немесе қатты орталарда серпімді толқындар түрінде таралатын серпімді орта бөлшектерінің тербелмелі қозғалысы. Тар мағынада адам және жануардың есту мүшесі арқылы субъективті түрде қабылданатын құбылыс. Адам 16 Гц-тен 20000 Гц-ке дейінгі жиіліктегі дыбыстарды ғана ести алады. Дыбыс жөніндегі физикалық ұғым адам құлағына естілетін, естілмейтін дыбыстардың барлығын қамтиды. Жиілігі 16 Гц-тен төмен болатын дыбыс *инфрадыбыс* деп, 20000 Гц-тен жоғары болатын дыбыс *ультрадыбыс* деп аталады. 10^9 Гц-тен 10^{12} – 10^{13} Гц-ке дейінгі ең жоғарғы жиіліктегі серпімді толқындар *гипердыбысқа* жатады. Іс жүзінде инфрадыбыс жиіліктерінің

аймағы төменгі жағынан шектелмеген. Серпімді толқынның ұзындығы газдағы молекулалардың *еркін жолының ұзындығынан* едәуір үлкен, сондай-ақ сұйықтар мен қатты денелердің атомаралық қашықтығынан да артық болуы тиіс. Сондықтан ауада 10^9 Гц және одан да жоғары, ал қатты денелерде $10^{12} - 10^{13}$ Гц-тен жоғары жиіліктегі гипердыбыс тарай алмайды.

Дыбыстың қарапайым гармониялық тербелістерге (дыбысты жиіліктік талдауда) жіктеу нәтижесінде алынатын оның спектрі дыбыстың маңызды сипаттамасы болады. Есту бойынша қабылданатын негізгі жиілік – **ДЫБЫСТЫҢ ЖОҒАРЫЛЫҒЫН**, ал гармониялық құраушылардың негізгі жиілігі – **ДЫБЫСТЫҢ ӘУЕЗДІЛІГІН** (тембрін) анықтайды. Дыбыстық тербелістің энергетикалық сипаттамасы **ДЫБЫСТЫҢ ҚАРҚЫНДЫЛЫҒЫ** болып табылады, бұл **ДЫБЫСТЫҚ ҚЫСЫМНЫҢ** амплитудасына, сонымен қатар ортаның өз қасиеттеріне және толқындардың пішіндеріне тәуелді болады. Дыбыстың субъективтік (қосымшалық) сипаттамасы дыбыстың қатты естілуі болып табылады, бұл жайт жиілікке тәуелді. Адамның құлағының ең жоғарғы сезгіштігі 1 – 5 кГц жиілік аймағына сәйкес болады.

Жергілікті **қысымды немесе механикалық кернеуді өзгерте алатын кез келген құбылыс дыбыс көзі бола алады**. Тербелмелі қатты денелер (мысалы, дыбысзорайтқыштың диффузоры, телефонның мембранасы, музыкалық аспаптардың ішектері); ультрадыбыс диапазонындағы жиіліктерде пьезоэлектрлік материалдар, т.б. дыбыс көздері көп таралған.

Дыбыс толқындарының таралуы бірінші кезекте дыбыс жылдамдығымен сипатталады. Кейбір жағдайларда дыбыс жылдамдығының дисперсиясы, яғни жылдамдықтың оның таралу жиілігіне тәуелділігі байқалады. Дыбыстық толқындардың таралуы кезінде дыбыстың біртіндеп өшуі орын алады, яғни оның қарқындылығы мен амплитудасы кемитін болады, бұл жайт негізінен дыбыс энергиясының өзге түрге ауысуына байланысты дыбыстың жұтылуының нәтижесі болып табылады. Толқындардың үлкен амплитудамен таралуы кезінде толқынның синусоидалық пішіні бірте-бірте бұрмаланып (ауытқып), *соққы толқынының* пішініне жуықтайтын болады.



Дыбыс көздері: а – камертон; б – сфералық дыбыс толқыны

ДЫБЫСВИЗИЯ (*дыбыс* + латынша «визио – көз, көру») – дыбыс (көбінесе ультрадыбыс) арқылы, мөлдір емес оптикалық ортада орналасқан нысанның көрінетін кескінін байқау. Дыбысвизияны дыбыстың өтімділік қасиетіне әртүрлі орталарда әрқилы жылдамдықпен таралу және оның көрсету мүмкіндігіне негізделген. Дыбысвизиясының сұлбасында ультрадыбыс көзі, бақыланушы нысан, ультрадыбыстық кескін тудыруға арналған объектив және ультрадыбыстық кескінді көрінетін кескінге түрлендіргіш (*интроскоп*) аспап болады.

ДЫБЫС ЖЫЛДАМДЫҒЫ – серпімді толқындардың ортада пішіндерін өзгертпей орын ауыстыру шапшаңдығы. Гармониялық толқындардың жылдамдығы да дыбыстың *фазалық жылдамдығы* деп аталады. Әдетте дыбыс жылдамдығы берілген зат үшін белгілі сыртқы жағдайларда толқындардың жиілігіне және амплитудасына тәуелді болмайды. Әртүрлі жиіліктер үшін фазалық жылдамдықтар әрқалай болатын жағдайларда **дыбыстың дисперсиясы** туралы сөз болады. Дыбыстың газдардағы жылдамдығы сұйықтағы жылдамдықпен салыстырғанда кем, ал сұйықтағы жылдамдық қатты денелердегі жылдамдықтан төмен болады. Сол себепті **газ сұйытылған кезде оның жылдамдығы артады**. Газдағы дыбыс жылдамдығы температура мен қысым артқанда шапшаңдайды. Бөлме температурасында дыбыстың жылдамдығының өзгерісі 1°C-қа өзгергенде жуық шамамен 0,17%-ға өзгереді. Температура 1°C-қа артқанда сұйықтардың дыбыс жылдамдығы бірнеше м/сек-қа кемиді. 20°C температурадағы сұйықтардағы дыбыстың жылдамдықтары: суда – 1490 м/сек; бензолда – 1324 м/сек, сынапта – 1453 м/сек, спирте (этил) – 1180 м/сек; кәдімгі судың бір ерекшелігі бар: 74°C температурада судың жылдамдығы ең үлкен шама болады, осы температура әрі қарай жоғарылағанда кеми бастайды. Қысымы 1 атм қысымға артқанда дыбыстың жылдамдығы ~0,01%-ға артады. Теңіз суының температурасы, тұздылығы және тереңдігі артқан сайын дыбыстың жылдамдығы шапшаңдайтын болады. Осылайша теңіздердегі су асты **дыбыстық сәуленің арнасы** пайда болады. 0°C кезіндегі ауада таралатын дыбыс жылдамдығы 331,8 м/сек-қа тең.

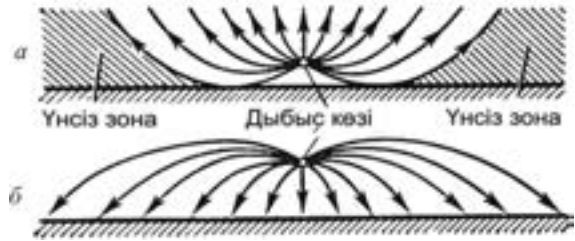
ДЫБЫС ӨРІСІ – кеңістіктің дыбыстық толқындар таралатын, яғни серпімді орта (осы ортадағы қатты, сұйық немесе газтәрізді) бөлшектерінің акустикалық тербелістері өтетін аймағы. «Дыбыс өрісі» ұғымы өлшемдері дыбыс толқынының ұзындығымен қарайлас немесе одан үлкен болатын аймақтарда қолданылады. Дыбыс өрісі энергетикалық тұрғыдан қарастырғанда **дыбыс энергиясының тығыздығымен сипатталады**.

ДЫБЫС РЕФРАКЦИЯСЫ (латынша «рефракцио – сыну») – дыбыс жылдамдығы координаттарға тәуелді болатын біртекті емес ортада (атмосферада, мұхиттарда) дыбыстық сәуленің иіліп ауытқуы. Дыбыстық сәулелер әрқашан

дыбыс жылдамдығы аз болатын қабатқа қарай ауытқиды және дыбыс жылдамдығының өзгерісі (градиенті) қаншалықты үлкен болса, рефракция да соншалықты күшті байқалады.

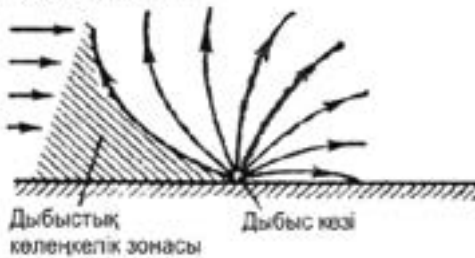
Атмосферадағы дыбыс рефракциясы ауа температурасының кеңістіктік өзгеру жылдамдығына және желдің бағытына байланысты туады. Температура биіктікке байланысты (15 – 20 км биіктікке дейін) әдетте төмендейді

және дыбыс жылдамдығы кемиді, сондықтан жер бетіне таяу орналасқан дыбыс көздерінен таралған сәулелер жоғары қарай ауытқиды және дыбыс біраз қашықтықтан әрі қарай естілмейтін болады (1 сызбадағы *a* жағдай). Егер ауа температурасы биіктікке байланысты артатын (температуралық инверсия, көбінесе түнде пайда болады) болса, онда дыбыстық сәулелер жер бетіне қарай ауытқиды және дыбыс алысқа таралатын болады (сызбадағы *b* жағдай). Дыбыс желге қарсы



1-сызба. *a* – биіктікке байланысты температураның төмендеуі кезіндегі дыбыстық сәулелердің таралу жолы; *b* – биіктікке байланысты температураның жоғарылауы кезіндегі дыбыстық сәулелердің таралу жолы

Желдің бағыты мен соңғы соғу жылдамдығы



2-сызба. Дыбыстық сәуленің таралуына желдің ықпалы

таралған кезде дыбыс сәулесі жоғары қарай ауытқиды, ал желдің бағытымен таралатын болса – жер бетіне қарай иіледі, сол себепті осы соңғы таралу кезінде дыбыстың естілуі жақсарады (2-сызба). Атмосфераның жоғары қабаттарында дыбыс рефракциясы үнсіз зонаның (үнсіз белдеу) және аномалды есту зонасының пайда болуына әкеп соғады.

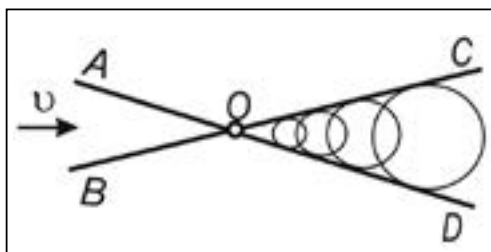
Дыбыс рефракциясы мұхиттарда температураның кеңістіктік өзгерулеріне, тығыздылығына және гидростатикалық қысымға тәуелді. Дыбыс дифракциясы суасты дыбыстық арнаны, көлеңке зонасын, дыбысты фокустау (тоғыстау) және дыбыстың таралуының басқа да бірқатар ерекшеліктерін тудырады.

ДЫБЫС СӘУЛЕСІНІҢ ҚЫСЫМЫ, дыбыс қысымы – тұрақты дыбыс өрісінде орналасқан денеге әсер ететін тұрақты қысым. Дыбыс сәулесінің қысымы **дыбыс энергиясының тығыздығына пропорционал**. Бұл сәуленің қысымы **дыбыстық қысыммен** салыстырғанда өте аз шама; дыбысты толық шағылдыратын тосқауылға тік қалыпта түсетін дыбыстық толқындар кезінде дыбыстық қысым 10^2 Па-ға тең болса, ауаның дыбыстық өрісінде дыбыс сәулесінің қысымы

жуықтап алғанда 0,1 Па-ға тең болады. Дыбыс сәулесінің қысымы акустикалық радиометрмен өлшенеді. Дыбыс сәулесінің қысымының шамасын біле отырып берілген ортадағы дыбыстың қарқындылығын анықтауға болады.

ДЫБЫСТАН АСҚЫН АҒЫС, асқындыбыстық ағыс – газдың қарастырылып отырған аймақтағы бөлшектерінің жылдамдығының (v) дыбыстың жергілікті жылдамдығының мәндерінен (a) артық болатын кезіндегі ағысы. Дыбыстан асқынағысты зерттеу мәселелері ұшақтар, ракеталар және артиллерия снарядтарын, бу және газ турбиналарын, жоғары қысымды турбокомпрессорлардың дыбыстан тез ағыс тудыруға арналған *аэродинамикалық құбыр* жасаумен байланысты туындайтын бірқатар маңызды нәтижелерді іс жүзінде шешумен байланысты қолға алынды.

Газдың дыбыстан асқынағысының дыбыс жылдамдығынан кем ағысының сапалық айырмашылығы бар. Газдағы әлсіз ұйытқу дыбыс жылдамдығымен

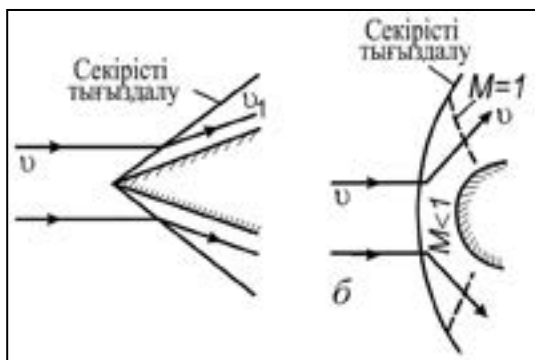


1-сызба. Ұйытқу конусы (COD) және әсер ету конусы (AOB)

таралады, бірқалыпты асқынағысқа орналастырылған ұйытқу көзі (мысалы, дене) тудыратын қысымның әлсіз әсері ағысқа қарсы бағытта тарала алмайды, ағыс бойынша **ұйытқу конусы (COD)** деп аталатын конуспен немесе **Мах конусымен** (1-сызба) $v > a$ жылдамдықпен ағыс бағыты бойынша ағатын болады. Өз кезегінде ағыстың O нүктесінде AOB конусының ішінде орналасқан көздерден шығатын (таралатын) әлсіз ұйытқу әсер етеді.

Дыбыстан асқынағыспен санын аны орағытып аққан кезде (2-сызба, а) сынаның бүйір бетінің бойымен ағатын ілгерілемелі ағыс сынаның төбесінен таралатын (шығатын) жазық секірісті тығыздалған ағыстан ажырайтын болады. Сынаның керілу бұрышы белгілі бір шекті секірісті тығыздық қисық сызықты болып өзгеріп, сынаның төбесінен кейін кетеді, оның соңында газдың дыбыс жылдамдығынан кем жылдамдық пайда болады. Бұл жайт маңдай жағы доғал денелерді дыбыстан асқынағыспен орағытып ағуға тән (2-сызба, б).

Дыбыстан асқынағысты жылдамдықтағы (гипердыбысты) ($v >> a$) ағыстың бірқатар ерекше қасиеттері бар. Газда гипердыбысты жылдамдықпен ұшатын дененің бетіне жақын аймақта температура өте жоғары мәнге дейін



2-сызба. Дыбыстық асқын ағыспен орап ағу: а – сынаны; б – доғал денені

жететін болады. Бұл жағдайда қозғалыстағы дененің маңдай жағында газ күшті сығымдалады, әрі газдың ішкі үйкелісі салдарынан жылу бөлінеді, осы жылу дене ұшқанда онымен бірге ілеседі, сондықтан газдың гипердыбыстық ағысын зерттеу кезінде ауаның жоғары температура кезіндегі қасиеттерінің өзгерістерін: ішкі еркіндік дәрежесін және ауаны құраушы газ молекулаларының диссоциациясын, химиялық реакциясын (мысалы, азоттың асқын тотығын), электрондардың козуын және иондалуын ескеру қажет болады.

ДЫБЫСТЫҚ ҚЫСЫМ – дыбыс толқындарының ортадан өтуі кезінде пайда болатын қысымның айнымалы бөлігі. Дыбыс толқындары ортада таралған кезде ортаны сығымдайды әрі сирексітіп ортадағы оның қысымының орташа шамасын қосымша түрде өзгеріске ұшыратады. Дыбыстық қысым дыбыс толқынының жиілігіне тең жиілікке өзгереді. Дыбыстық қысым – дыбыстың негізгі мөлшерлік сипаттамасы. Кейде дыбыстың сипаттамасына дБ-мен (децибелмен) өрнектелген дыбыстық қысымның деңгейі қолданылады. Бұл шама берілген дыбыстық қысымның дыбыс табалдырығының қатынасына тең шама. $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, децибел шамасы $N = 20 \lg(p/p_0)$. Дыбыстық қысым ауада 10^{-5} Па-дан естілу табалдырығының 10^3 Па-ға дейінгі қатты дыбысқа дейін өзгереді. Дыбыстық қысымды дыбыс сәулесінің қысымынан, яғни дыбыс қысымынан ажырата білу керек.

ДЫБЫСТЫҚ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ (латынша «луминис – жарық» + «ескент – әлсіз әсер» дегенді білдіретін жұрнақ) – акустикалық кавитация кезінде сұйықтағы жарқырау. Дыбыстық люминесценция кезіндегі жарқырау жарық сәуле өте әлсіз болатындықтан оны тек едәуір күшейткен соң немесе қараңғы кезде ғана байқалады. Мұның спектрі негізінен үздіксіз спектр болады. Жарқыраудың себебі – кавитациялық көпіршіктердің (көпіршіктердің ішіндегі температура 10^4 К-ге дейін жететін болады) жабылуы кезінде газдың немесе будың адиабаттық сығымдалуы нәтижесінде жүзеге асатын күшті қызудың салдары: осы жайт газдың және будың атомдары мен молекулаларын термиялық (жылулық) қоздыруға ұшыратады, соның нәтижесінде көпіршіктер жарқырайтын болады. Осы люминесценцияның қарқындылығы көпіршіктегі газдың мөлшеріне, сонымен қатар сұйықтың, газдың қасиеттеріне және дыбыстың қарқындылығына тәуелді. Дыбыстық люминесценцияның пайда болуына мысалы **хемилюминесценция** да үлес қосады.



Кавитациялық өрістің жарқырауы (25 кГц жиілікте жұмыс істейтін шағын ферриттік түрлендіргіш түсірген)

ДЫБЫСТЫҢ ЖҰТЫЛУЫ – дыбыстық толқындар энергиясының қайтымсыз өзге энергия түріне, жеке жағдайда жылуға айналу құбылысы. Дыбыс сұйықтарға карағанда газдарда, ал қатты денелерге карағанда сұйықтарда күштірек жұтылады. Дыбыс толқындарының жиілігі артқан сайын дыбыстың жұтылуы да артады; көптеген дыбыстың сұйық ішіндегі жұтылу коэффициенті жиіліктің квадратына пропорционал өзгереді.

ДЫБЫСТЫҚ ӨРІСТІ КӨРНЕКІЛЕУ – дыбыс өрісін сипаттайтын шамалардың таратылуының көрінерлік бейне суретін шығару әдісі. Бұл әдіс күрделі пішінді дыбыстық өрістерді зерттеу, *дефектоскопиялық* және **медициналық диагноз қою** мақсаттары үшін, сонымен қатар заттардың акустикалық кескіндерін акустикалық фокустауыш (тоғыстау) жүйелер (дыбыстық оптика) немесе акустикалық *голография* арқылы көрінерлік кескінге айналдыру үшін де қолданылады. Дыбыс өрісін көрсетудің қарапайым мысалы – Х л а д и н пі ш і н д е р і.

Дыбыстық өрісті көрнекілеу әдістері: 1) дыбыстық өрістің негізгі сызықтық сипаттамаларын – дыбыс қысымын, бөлшектердің тербелмелік ығысуын, ортаның айнаымалы тығыздығын пайдаланатын әдіс; 2) су бетін акустикалық механикалық күштердің, акустикалық ағындардың квадраттық эффектілерімен, *Рэлей дискісінің* эффектісімен *деформациялауға* негізделген әдістер; 3) сұйықтарда жеткілікті қарқынды дыбыстық толқындардың таралуы кезінде пайда болатын екінші ретті эффектілерді пайдаланатын әдістер: жылулық эффектілер, диффузиялық үрдісті үдету, **ультрадыбыстың фотокабатқа әсер етуі**, сұйықтарды газдан арылту, акустикалық *кавитациялар*.

Дыбыстық өрісті көрнекілеудің 1-тәсілінде дыбыс қысымының таратылуы **пьезоэлектрлік пластинка** арқылы оның бетіне сәйкес электр потенциалына түрлендіріледі, осы потенциалдар электронды-сәулелік **осциллограф** (кинескоп) арқылы көрінетін кескінге түрлендіріледі. Ортаның тығыздығының өзгерісі дыбыстық өрісте жарық сәулелің сыну көрсеткішін өзгертеді; осы өзгеріс мысалы к ө л е н к е л і к ә д і с п е н, фазалық **контраст әдісімен**, ультрадыбыстағы жарық дифракциясымен, *акустикалық голография* әдісімен, т.б. оптикалық тәсілдермен анықталады.

Екінші әдісте сұйықтың ішіне түсірілген дыбыстық шоқтың әсерінен сұйықтардың бос беттерінің көтеріліп, торсыып кеуіп кетуіне негізделген беттік *бедер* әдісі пайдаланылған. Осы бедерлер бүйірлік жарықтау кезінде анық байқалады. Үшінші әдісте ультрадыбыстық жылулық ықпал диффузиялық үрдісті үдетеді. Зерттелетін өріс дыбысты жақсы жұтатын материалдан жасалған жұқа экранға орналастырылады. Ультрадыбыстың әсерінен бірқалыпты болмай қыздырыла-

тын экран әртүрлі тәсілдермен: **жылуға сезімтал бояу** және *сұйық кристалды*, т.б. қолданылып **көрнекі кескінге түрлендіріледі**.

ДЫБЫСТЫҚ ТОСҚАУЫЛ – ұшу аппараттарының ұшу жылдамдығының дыбыс жылдамдығына (ұшудың Мах санының кризистік мәнінен артатын) жуықтаған кезде аэродинамикалық кедергінің кенет артуы. Толқындық кедергінің артуымен қабаттаса өтетін толқындық кризистің салдарынан туады.

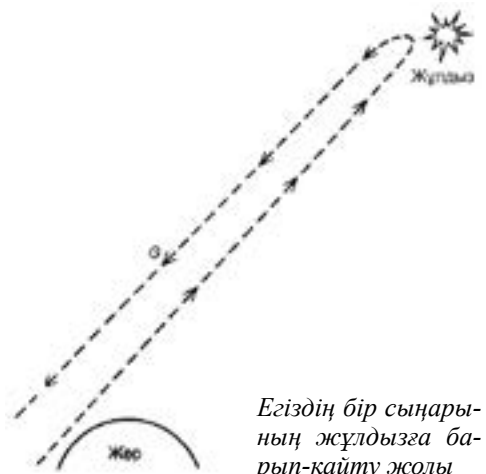
ДЮАР ЫДЫСЫ – төмен (немесе жоғары) температура кезінде ыдысқа құйылған сұйық заттарды (сұйытылған газды) жылудан оқшаулау үшін қолданылатын, арасында жоғары вакуум (1,3 мПа қысымнан артпайтын) жасалған қос қабат қабырғалы шар немесе цилиндр пішінді ыдыс. Бұл ыдысты 1892 жылы ағылшын физигі әрі химигі Джеймс **Дьюар** (1842–1923) ойлап тапқан. Зертханалық жұмысқа арналған шағын Дьюар ыдысы беріктігі жоғары әйнектен, ал өндірістік мақсаттарда пайдаланылатын Дьюар ыдысы металдан жасалады. Бұл ыдыстың қос қабырғасының арасында жоғары вакуум болғандықтан, іс жүзінде *конвекциялық* жылу алмасу толықтай жойылған. Қос қабат қабырғаның арасында сәулелік жылу алмасуды кеміту үшін вакуумдық кеңістік жағындағы беттері күмістің жұқа қабатымен күптелген (жалатылған) әрі жалтыратылған. Бұл ыдыс негізінен төменгі температурада қайнайтын сұйытылған газдарды сақтау әрі тасымалдауға арналған. Қоршаған ортаның температурасынан жоғары температурада сирек пайдаланылады. Тұрмыста пайдаланылатын әлгіндей ыдыстар *т е р м о с т а р* деп аталған.

ДЮЛАНГ ЖӘНЕ ПТИ ЗАҢЫ – тұрақты көлемді және $T \geq 300$ К температуралы қатты дененің жылусыйымдылығы тұрақты және $6 \text{ кал}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ -ға тең болады делінген эмпириялық (тәжірибеге негізделген) ереже. Бұл ережені 1819 жылы француз физиктері: Пьер **Дюланг** (1785–1838) және Алексис **Пти** (1791–1820) айғақтаған. Дюланг және Пти заңы көптеген элементтерге және қарапайым қосылыстарға тура. Төменгі температуралар аймағында жылусыйымдылық температураға тәуелді болады.

ДЮФУР ЭФФЕКТИСІ – бастапқы кезде бірдей температурада болатын химиялық өзараэсерлеспейтін екі газды немесе сұйықты диффузиялық араластыру нәтижесінде температуралар айырымының пайда болуы. Эффект – *термодиффузияға* кері эффект. Газдардағы Дюфур эффектісі температуралар айырымы бірнеше К-ге (мысалы, сутек пен азот араластырылған кезде) көтеріле алады, сұйықтарда – бұл айырым $\sim 10^{-3}$ К. Егер концентрациялар градиенті (арту немесе кему өлшемі) тұрақты күйде ұсталса, онда температуралар айырымы сақталады. Бұл эффектіні 1872 жылы швейцар физигі Луи **Дюфур** (1832–1892) байқаған (ашқан).

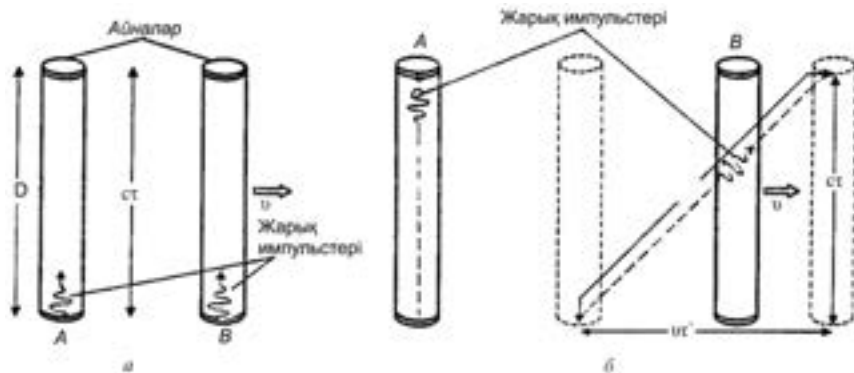


ЕГІЗДЕР ПАРАДОКСЫ (грекше «парадокос – күтпеген, ғажайып») – уақыт өтуінің баяулауын түсіндіретін мысал. Арнайы салыстырмалық теорияның алғашында жүрістері өзара үйлестірілген (синхрондалған) екі сағаттың біреуі тыныштық қалыпта болатын, екіншісі тұйық жол жүретін жағдайда олардың уақыт көрсетулеріндегі үйлеспеушілік байқалатын сағаттар парадоксының көрнекті мысалы болады. Сағаттар парадоксы – арнайы салыстырмалық теорияның салдары, осы салдар бойынша шексіз көп мүмкін болатын инерциялық (тұрақты жылдамдықпен қозғалатын) жүйелер арасынан басымдылықты жүйені таңдап алу мүмкін емес. Осы көзқарас бойынша әлгіндей уақыт өтетін қозғалыстағы жүйедегі уақыттың баяулауы $1/\sqrt{1 + v^2/c^2}$ шамасына пропорционал болады, мұндағы v – қозғалыс жылдамдығы, c – жарық жылдамдығы. Осының салдарынан алдын ала жүрістері өзара үйлестірілген сағаттар бойынша өлшенген жергілікті үрдістің (процестің) ұзақтығы әртүрлі болады. Сондықтан осы теория аясында кез келген үрдісті абсолютті түрде анықтау мүмкін болмайды, үйреншікті физикалық көзқарас бойынша әрбір құбылыс үшін уақыттың белгілі бір мәні болады. Уақыт туралы түсінігімізді кемелдендіре түсу үшін «жарық сағаты» деген парадоксқа назар аударайық. Бұл сағаттың құрылысы өте қарапайым: екі параллел айнаның ара қашықтығы D . Жарық импульсі осындай жұп (A және B) A айнаның төменгі айнасынан жоғарғы айнаға дейінгі арақашықтыққа (D) t уақытта жетеді делік, сол сәтте дыбыс естілетін болсын. Жарық импульсі төменгі айнадан жоғарғы айнаға дейінгі ара қашықтыққа ($D=ct$) t уақытта жететін болады ($S=vt$ формуласы негізінде). Енді B сағаты оң жаққа қарай v жылдамдықпен қозғалады дейік. Бұл сағаттың ұзындығы бұрынғыдай (D) болады. Біз A сағатымен байланысты «бақылаушы» болайық. Сон-



Егіздің бір сыңарының жұлдызға барып-қайту жолы

да B сағатындағы жарық импульсі төменгі айнадан жоғарғы айнаға дейінгі ара қашықтыққа ұзақ жол жүретін болмақ, себебі жарық импульсі сызбада бейнеленгендей диагональ бойымен $v=c$ жылдамдықпен қозғалады. Жарық жылдамдығы қатысатын болғандықтан, салыстырмалық теория заңы бойынша, бұл қашықтықты B сағаты t' уақытта өтетін болады және $t < t'$. Сондықтан жарық импульсі қозғалатын



B сағаттағы төменгі айнадан жоғарғы айнаға кешігіп жететін болады, олай болса уақыт баяулады. Сызбадағы b -жағдайдағы көріністен ct жол – төменгі катеті vt' , тік катеті ct болатын тікбұрышты үшбұрыштың гипотенузасы болғандықтан Пифагор теоремасы бойынша $(ct')^2 = (vt')^2 + (ct)^2$ теңдігін жазамыз, осы теңдікті ықшамдасақ $(c^2 - v^2)(t')^2 = c^2 t^2$, осыдан $(t')^2 = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} t^2$, бұдан $t' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} t$. Осы соңғы өрнектен t' уақыты t уақыттан артық екені аңғарылады. Олай болса кез келген бақылаушы қозғалыстағы сағаттың «тықылдаған» дыбысының тыныштықтағы сағаттың «тықылдаған» дыбысынан баяу естілетінін бірден анықтайтын болады. Осы тұста мынадай сұрақтың тууы мүмкін: жарықтың өзіндік ерекшелігі бойынша жарық сағатында әлгіндей уақыттың «кешігуі» байқалды, ал кәдімгі механикалық сағаттардың бөлшектері жарық жылдамдығындай шапшаң қозғалмайды емес пе? Оларда да уақыттың баяулауы байқала ма? Эйнштейн бұл сауалға «иә, байқалады» деп жауап қайтарған. Оның себебі әлгі уақыттың баяулауы сағаттың құрылысына тәуелді емес, ол уақытқа ғана тән екен. Қозғалыстағы сағаттардың жүрістері ғана баяуламайды, сонымен қатар физикалық үрдістердің өтуі де баяулайды. Мысалы, қозғалыс жағдайында өтетін химиялық реакциялардың өту жылдамдығы да баяулайды. Өмір дегеніміз де күрделі химиялық өзгерістерден құралатындықтан, өмірдің өтуі де баяулауға тиіс. Тіптен қозғалыстағы радиоактивті үлгілердің ыдырауы да баяулайды. Осы баяулау Лоренц түрлендірулері бойынша $1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ өрнегімен анықталады.

Ғарыштық саяхат жасаушы ғарышкер өзінің Жерде қалған сыңарынан әлде қайда жас күйінде қалады. Егер ғарышкер жарықтың жылдамдығымен ұшатын болса, онда ол ешқашан қартаймайды!

Мысал. 20 жастағы екі егіз бала A мен B болсын дейік. Бұлардың біреуі (B) ғарыш кемесімен Жерден 40 **жарық жылындай қашықтықтағы** Арктур жұлдызына қарай $v = 0,99 c$ жылдамдықпен ұшып кеткен екен дейік. B жігіт әлгі жұлдызға жетіп, Жерге қайтып оралған кезде A мен B егіздердің әрқайсысы неше жаста болмақ?

A егіздің көзқарасы бойынша, саяхат уақыты жарық сәуленің Арктур жұлдызына жетіп, одан қайтып оралуына қажет 80 жылдан 1%-дай артық болмақ, яғни B саяхатшы Жерге қайтып оралғанда оның сыңары A егіздің жасы $20+80+0,8=20+80,8$ немесе 100,8 жыл болмақ.

B егіздің көзқарасы бойынша, ғарыштық кемедегі сағат $1/\sqrt{1-0,99^2}=1/\sqrt{0,02}=1/0,141$ есе баяу уақыт көрсеткен. Сондықтан A -ның сыңары B саяхатшы ғарыштық кемеде 80,8 жылды 0,141 есеге көбейткендей, яғни $80,8 \cdot 0,141 = 11,4$ жыл бойы ғарышта ұшқан. Сол себепті B саяхатшының жасы $20+11,4=31,4$ -те болмақ. Сондықтан саяхатшы B сыңар өзінің Жерде қалған сыңары A -дан 69,4 жас кіші болмақшы.

Ғарыштық саяхатшы уақыттың баяу өтуін сезінбейді. Жоғарыдағы мысалда лоренцтік қысқару бойынша Арктур жұлдызына дейінгі арақашықтық B егіз үшін қысқарған секілді болады. Лоренцтік өлшеу бойынша Арктурға дейінгі арақашықтық $\sqrt{1-0,99^2} \times 40$ жарық жылына тең, немесе 5,64 **жарық жылы**. Оған қоса B егіз үшін Жер $v=0,99 c$ салыстырмалы жылдамдықпен қашықтап бара жатқан секілді көрінеді. Сонымен, ғарыштық кемедегі егіздің есептеуі бойынша, оның Арктур жұлдызына жетуі үшін жарықтан (5,64 жарық жылынан) 1% артық уақыт қажет, яғни Арктурға жетіп, одан кері қайту үшін 11,4 жыл қажет. Осы нәтиже Жерде қалған егіздің сыңары A -ның есептеуімен үйлеседі.

Бірақ мынадай көрінерлік парадокс пайда болады, атап айтсақ, егер ғарышкер Жерге қарайтын болса, онда ол жердегі сағаттың өзінің (ғарышкердің) сағатынан әлдеқайда баяу жүретінін байқайтын болады. Саяхаттың соңында A егіз B -ға қарағанда жастау болып көрінуі мүмкін, осы жайт алғашқы айтылған жайтқа қайшы болатыны анық. Шын мәнісінде, егер жылдамдық салыстырмалы болса, онда симметриялы емес нәтижеге қалай жетуге болады? Симметриядан екі егіздің де жастарының бірдей екені шықпай ма?

Үстірт қарағанда Эйнштейннің теориясы қайшылыққа тірелетіндей болып көрінеді. Егер осы мәселенің өзінің табиғаты бойынша, симметриясыз екені ескерілетін болса, парадоксқа жол берілмейтін болады. Жердегі егіздің сыңары барлық уақытта бір ғана инерциялық санақ жүйесінде қалады, ал оның екінші сыңары-ғарышкер – санақтың бір жүйесінен екінші жүйесіне ауысады. Эйнштейннің теңдеуін дұрыс қолдану ғарышкердің көзқарасы бойынша, Жерде

қалған егіздің сыңары B -ның жасы саяхаттың соңында үлкені болып шықпақ.

ЕКІНШІРЕТТІК КВАНТТАУ – тәуелсіз айнымалы толқындық функция ретінде жеке бөлшектердің дара күйлерінің бөлшектер саны – толтыру сандарынан құралған кванттық жүйені сипаттау әдісі. Мұны 1927 жылы ағылшын физигі Поль **Дирак** (1902 – 1980) бозондар үшін дамытқан, 1928 жылы американ физигі Юджин **Вигнер** (1902 – 19.1.1995), неміс физигі Паскуаль **Иордан** (1902–1980) фермиондарға қолданған. Екіншіреттік кванттау берілген күйлердегі бөлшектер санын 1-ге арттыратын және кемітетін (олар **бөлшектердің туу және жойылу операторлары** деп аталады) операторларды ендірумен жүзеге асырылады.

Екінші реттік кванттау әдісі бөлшектер саны өзгермелі жүйелерді сипаттаушы релятивтік теорияға қажет (өрістің кванттық теориясындағы). Өрістер функциялары (мысалы, электрмагниттік) әсері кванттық өрістердің тууын және жұтылуын өрнектейтін операторлар ретінде қарастырылады; операторларға арналған алмастыру қатынастарының түрі осы кванттардың спиндеріне тәуелді.

ЕКІНШІРЕТТІК ЭЛЕКТРОНДАР – *екіншіреттік электрондық эмиссия* кезінде бөлініп шығатын электрондар.

ЕКІНШІРЕТТІК ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЭМИССИЯ (латынша «эмиссия – шығару») – қатты және сұйық денелердің (эмиттерлердің) электрондармен атқыланған (соққыланған) кезінде электрондар шығаруы. Біріншіреттік *эмиттердің* қалыңдығы біріншіреттік электрондардың еркін жолы ұзындығынан кіші болған кезде екіншіреттік электрондар соққыланатын жағындағы беттен де («шағылыстырушы» екіншіреттік электрондық эмиссия), сондай-ақ оның карама-қарсы жағындағы беттен де электрондарды «қағып» шығарады. Екінші реттік электрондардың үздіксіз энергетикалық спектрі біріншіреттік электрондардың энергиясының 0 (нөлден) бастап \mathcal{E}_0 энергиясына дейінгі энергиясына тең болады. Денені соққылайтын электрондар – біріншіреттік электрондар, ал денеден ұшып шығатын электрондар – екіншіреттік электрондар деп аталады. Біріншіреттік электрондардың біразы(серпімді шағылысқан біріншіреттік электрондар) энергия шығынысыз, ал қалған бөлігі (серпімсіз шағылысқан электрондар) өз энергиясын **жоғары энергетикалық деңгейлерге** көшетін қатты дене электрондарын қоздыруға энергия жұмсай отырып шағылысады. Егер олардың энергиясы мен импульсі дене бетіндегі *потенциалық тосқауылды* жеңуге жеткілікті болса, онда электрондар дене бетінен ұшып шығады (нағыз екіншіреттік электрондар). Электрондардың осы үш тобы да екіншіреттік электрондар ағынын туғызуға қатынасады.

ЕРЕЖЕ – белгілі бір жағдай, заңдылық, тұрақты қатынас, құбылыс т.б. мәселелер нұсқау түрінде сипатталатын қысқаша тұжырым.

Бұранда ережесі – берілген электр тогына сәйкес болатын магнит өрісінің индукциялық сызықтарының бағытын анықтайтын ереже.

Гиббстік фазалар ережесі – термодинамикалық тепе-теңдік жағдайда тұрған гетерогендік жүйеде, фазалар саны компоненттер санынан екі екіден артық болмауы керек делінген заң. Мұны американ физигі Джозайя **Гиббс** (1839 – 1903) тұжырымдаған.

Кирхгоф ережелері – күрделі электрлік және магниттік тізбектерді есептеуге арналған әдістер. Бұл ережені неміс физигі Густав **Кирхгоф** (1824 – 1887) тұжырымдаған.

Ленц ережесі – электрмагниттік индукция құбылысы салдарынан пайда болатын индукциялық токтың бағытын анықтайтын ереже. Мұны 1833 жылы орыс физигі Эмилий **Ленц** (1804 – 1865) тұжырымдаған.

Оң қол ережесі – электрмагниттік индукция құбылысы салдарынан пайда болатын магнит өрісінде қозғалатын түзу сызықты өткізгіштің электр өрісінің бағытын анықтайтын ереже.

Сол қол ережесі – магнит өрісіндегі ток бөлігіне әсер етуші күштің бағытын анықтау тәсілі.

Іріктеу ережелері – кванттық жүйенің өзге жүйеге ауысуы кезінде кванттық сандардың өзгерістеріне қойылатын шарттар.

ЕРКІНДІК ДӘРЕЖЕСІ – физикалық жүйе параметрлерінің өзгерістерінің нәтижесінде осы жүйе күйінің (дербес жағдайда қалпының) тәуелсіз мүмкін болатын өзгерістерін сипаттайтын параметрлер. Механикадағы еркіндік дәрежесінің саны жүйені құрайтын бөлшектердің санымен және оған түсірілген механикалық байланыстармен анықталатын тәуелсіз орын ауыстыруларға сәйкес болатын параметрлер. Еркіндік дәреже саны классикалық статистикалық механикада қолданылатын және энергия еркіндік дәрежесі бойынша бірқалыпты таратылған жағдайда көпатомды газдар мен қатты денелерді жоғары температуралар кезінде бағалауға мүмкіндік береді. Бірақ әдеттегі (бөлме) температурасы кезінде барлық еркіндік дәреже көпатомдық газдардың жылусыйымдылығына түгелдей үлес қоспайды, олардың кейбіреулері «істен шығып қалған», себебі олар тек жеткілікті жоғары температура кезінде ғана қозады.

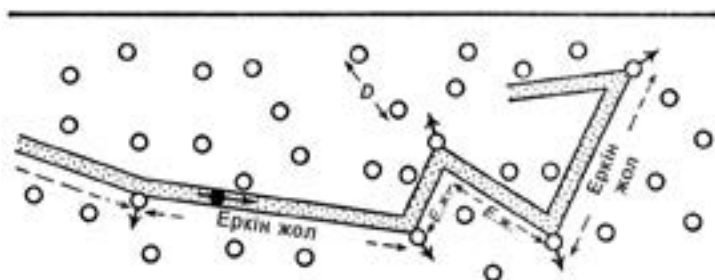
Еркіндік дәрежесі кванттық механикада **гамильтониан** жүйесін анықтайтын тәуелсіз координаттарға сәйкес болады. Үздіксіз өрістерді шектеулі еркіндік дәрежелермен сипаттауға болмайды.

Еркіндік дәрежесі термодинамикада – термодинамикалық тепе-теңдік жүйенің күйін анықтаушы тәуелсіз термодинамикалық параметрлері болады. Термодинамикалық тепе-теңдік жүйенің еркіндік дәрежесінің саны (f) Гиббстің

фазалар ережесімен: $f=k - \varphi+2$, (мұндағы k – компоненттер саны, φ – фазалар саны) анықталады.

ЕРКІНДІК ДӘРЕЖЕСІНІҢ САНЫ, механикада – механикалық жүйенің мүмкін орын ауыстырулары арасындағы тәуелсіз күйлерді анықтайтын параметр саны. Еркіндік дәрежесінің саны жүйені құрайтын материалдық нүктелер санына, сондай-ақ жүйеге әсер етуші механикалық байланыстарға тәуелді. Еркін *материалдық нүкте* үшін еркіндік дәрежесінің саны 3-ке тең, еркін қатты дене үшін – 6, қозғалмайтын айналу өсі болатын дене үшін 1-ге тең т.б. Кез келген голономды жүйе (геометриялық байланысты жүйе) үшін еркіндік дәреже саны жүйенің қалпын (орнын) анықтайтын өзара тәуелсіз координат санына (s -ке) тең және $s=3n - k$, (мұндағы n – жүйе нүктелерінің саны, k – геометриялық байланыстар саны) теңдігімен анықталады. Голономды емес жүйелер үшін еркіндік дәреже саны жүйені анықтайтын координаттар санынан геометриялық (интегралданбайтын) байланысқа келтірілмейтін кинематикалық байланыс санына кем болады. Механикалық жүйенің қозғалыс теңдеулерінің саны және тепе-теңдік шарттары еркіндік дәрежесінің санына тәуелді болады.

ЕРКІН ЖОЛ ҰЗЫНДЫҒЫ – микробөлшектердің (молекулалардың, атомдардың, қарапайым бөлшектердің) өзі тәрізді басқа бөлшектермен тізбектес екі соқтығысы арасында жүрілген жолының орташа ұзындығы. Соқтығысулар әртүрлі серпімді, серпімсіз, қоздырғыш немесе иондағыш бола алатындықтан соқтығысулар аралығындағы еркін жол ұзындығы да сәйкес түрде әлгілерге сәйкес аталады. «Еркін жол ұзындығы» ұғымы алғаш рет **газдардың кинетикалық теориясында** пайдаланылды. Егер 1 секунд уақытта газ молекуласы өзіндей молекулалармен ν рет соқтығысса және соқтығысулар аралығында бірқалыпты әрі түзу сызықты қозғала отырып орташа v жол жүретін болса, осы жолдың ұзындығы $l = \nu/v = 1/(n\sigma\sqrt{2})$, мұндағы n – бірлік көлемдегі (газдың тығыздығы) молекула саны, σ – молекулалардың эффектілі қимасы. Қалыпты жағдайдағы кәдімгі газдар молекулалары үшін $l \sim 10^{-5}$ см, бұл шама молекулалар арасындағы орташа қашықтықтан 100 есе артық.



Газ молекуласының еркін жол ұзындығы

Эффектілік қима ұғымын классикалық тұрғыдан қарастырған кезде және еркін жол ұзындығы зарядталған бөлшектердің серпімді соқтығысуларына қатысты мағынасын жо-

яды, себебі иондардың (электрондардың) атомдармен (молекулалармен) өзара әсерлесуі қашықтан да жүзеге асырылады.

ЕРКІН ТЕРБЕЛІС, меншікті тербеліс – сыртқы әсерлер болмайтын кездері бастапқы энергия ықпалымен (потенциалдық немесе кинетикалық, мысалы, механикалық жүйелерде бастапқы ығысу немесе бастапқы жылдамдық арқылы) жүзеге асырылатын механикалық, электрлік немесе кез келген өзге жүйелердегі тербеліс. Еркін тербеліс – әрқашан **өшетін тербеліс** болады. Сызықтық жүйелердегі еркін тербеліс суперпозициялық қалыпты тербелістерге жатады.

ЕРКІН ТҮСУ – дененің Жердің тарту күші өрісінде бастапқы жылдамдығы нөл болатын (яғни бастапқы жылдамдығы болмайтын кездегі) қозғалысы. Еркін түсу тартылыс күшінің әсерінен жүзеге асады. қ. *Дененің еркін түсуі*.

ЕРКІН ТҮСУ ҮДЕУІ, ауырлық күшінің үдеуі – *материалдық нүктенің ауырлық күші* әсерінен алатын үдеуі. Ауасыз кеңістікте Жер радиусымен қарайлас биіктіктен түскен барлық дененің еркін түсу үдеуі бірдей болады. Бұл үдеу ауырлық күші тәрізді географиялық ендікке және дененің түсу биіктігіне байланысты өзгеріп отырады. Мұндай үдеуді кез келген дененің *ауырлық ортасы* ауасыз кеңістікте онша үлкен емес биіктіктен Жерге еркін түскенде алатын болады. Ауырлық күші секілді еркін түсу үдеуі географиялық орынның ендігіне (φ) және оның теңіз деңгейінен биіктігіне (H) тәуелді. Еркін түсу үдеуі жуық шамамен

$$g = 978,049 (1 + 0,005288 \sin \varphi - 0,000006 \sin^2 2\varphi) - 0,0003086 \text{ Н.}$$

Еркін түсу үдеуі $g = 981,56 \text{ см/сек}^2$.

ЕРКІН ЭНЕРГИЯ – изохоралық-изотермиялық термодинамикалық потенциалдың немесе **Гельмгольц энергиясының** атауларының бірі. Еркін энергия (A немесе F) термодинамикалық жүйенің (U) **ішкі энергиясымен** және оның **энтродиясының** (S) температураға (T) көбейтіндісінің айырымы ретінде анықталады: $F = U - TS$. Еркін энергияны анықтау кезінде ішкі энергияның мәнінен шегерілетін TS шамасы кейде **б а й л а н ы с қ а н э н е р г и я** деп аталады.

ЕРІКСІЗ АУЫСУ – кванттық жүйенің резонанстық жиілікті сыртқы электрмагниттік сәуле шығару (берілген жүйе үшін) әсерінен жүзеге асырылатын ауысу. Электрмагниттік сәуленің кванттарды жұту, сондай-ақ оларды (еріксіз шығару) шығару арқылы да еріксіз ауысу жүзеге асырылады. Еріксіз сәуле шығарумен өтетін еріксіз ауысудың жиілігі және полярлануы сыртқы сәуле шығарудың жиілігі мен полярлануына үйлеседі. **Еріксіз ауысу кванттық генераторлар мен кванттық күшейткіштердің жұмыстарының негізіне алынған.**

ЕРІКСІЗ СӘУЛЕ ШЫҒАРУ, индукциялық сәуле шығару – кванттық жүйенің сыртқы (мәжбүрлеуші) сәуле әсерінен электрмагниттік сәуле шығаруы; еріксіз сәуле шығару кезінде шығарылған электрмагниттік толқындардың жиілігі,

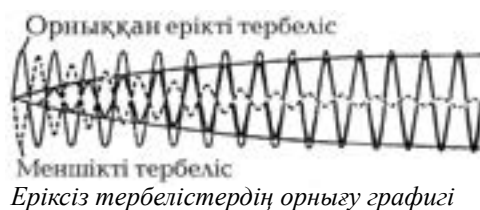
фазасы, полярлануы және таралу бағыты сыртқы толқындардың сәйкес сипаттамаларымен толықтай үйлеседі. Еріксіз сәуле шығарудың сыртқы әсерсіз пайда болатын *өздігінен сәуле шығарудан* принципті айырмашылығы бар. Еріксіз сәуле шығаруды 1916 жылы Альберт **Эйнштейн** (1879 – 1955) жылулық сәуле шығаруды талдау кезінде кванттық теория көзқарасы бойынша постулаттаған болатын, соңынан бұл ғылыми тәжірибе жүзінде дәлелденген.

Еріксіз сәуле шығару – **жұтуға кері үрдіс**: Эйнштейннің коэффициенттерімен анықталатын еріксіз сәуле шығару және жұту үрдісінің (процесінің) ықтималдығы өзара тең, ал шығарылатын *фотонның* еріксіз шығарылатын фотоннан ешбір айырмашылығы жоқ, сондықтан еріксіз сәуле шығару кейде *те р і с ж ұ т ы л у* деп те аталады. Әдеттегі жағдайларда жұту еріксіз сәуле шығарудан артық болады. Бірақ та егер затта кез келген екі *энергия деңгейінің* толымдылық инверсиясы болса, онда бұған әсер етуші сәуленің жиілігі осы деңгейлер арасындағы кванттық ауысудың жиілігімен сәйкес болатын кезде, еріксіз сәуле шығару сәуле жұтудан артық және қарқындылығы өздігінен сәуле шығарудың қарқындылығынан едәуір күшті болады. Осы жайт кванттық электроникада пайдаланылған.

ЕРІКСІЗ ТЕРБЕЛІСТЕР – кез келген жүйеде сыртқы ауық-ауық (периодты) әсер ететін күштер (мысалы, айнымалы магнит өрісі әсерінен телефон мембранасының тербелістері, айнымалы жүктеменің әсерінен құрылымның механикалық тербелістері) әсерінен туатын тербелістер. Еріксіз тербелістің сипаты сыртқы күштермен де, сол секілді жүйенің өзінің қасиеттерімен де анықталады. Периодты әсер ететін сыртқы күштердің сипаты алғашында уақытқа сәйкес өзгереді, еріксіз тербелістер

сипаты, белгілі бір уақыт өткен соң ғана жүйеде сыртқы күштердің периодына тең еріксіз тербелістер орнығады (орныққан еріксіз тербелістер). Дербес жағдайда, жүйенің меншікті жиілігіне жуықтау жиілікті сызықтық тербелісті жүйелерде сыртқы

күштерді қосқан кезде, жүйеде бір мезгілде меншікті (еркін) тербелістер пайда болады және еріксіз тербелістердің амплитудалары алғашқы сәтте тең, ал фазалары қарама-қарсы болады (сызбаға қараңыз). Меншікті тербелістер біртіндеп өшкен кезде жүйеде тек орныққан еріксіз тербелістер ғана қалады. Сол себепті осы жүйедегі меншікті тербелістердің өшуі (сөнуі, тоқтауы) қаншалықты үлкен болса, тербелісті жүйедегі еріксіз тербелістер соншалықты тез орнығатын болады. Еріксіз тербелістердің амплитудасы әсер етуші күштің амплитудасымен және жүйенің өшуімен анықталады. Сыртқы күштің жиілігі жүйенің меншікті жиілігіне жуықтаған кезде еріксіз тербелістердің амплитудасы кенеттен артып, резонанс басталады.





ЖАЗЫҚТЫҚ – біркелкі тегіс бет.

Кристалдардың бас жазықтығы – кристалдың ішінде жүргізілетін оптикалық ось және жарық толқынының фазалық жылдамдығының бағыты арқылы өтетін жазықтық.

Оптикалық жүйенің бас жазықтықтары – сызықтық ұлғаюы 1-ге тең оптикалық жүйенің түйіндес жазықтықтары.

Оптикалық жүйенің түйіндес жазықтықтары – зат орналасқан және оның кескіні орналасқан жазықтық.

Оптикалық жүйенің фокустық (тоғысу) жазықтықтары – оптикалық жүйенің бас фокусы арқылы осы жүйенің бас оптикалық осіне перпендикуляр өтетін жазықтықтар.

Полярлану жазықтығы – жарық толқындарының электрлік векторының тербеліс жазықтығы.

Сырғанау жазықтығы – кристалл қабаттарының пластикалық деформация кезінде бір-біріне қатысты параллел ығысу жазықтығы.

Тербелістер жазықтығы – көлденең толқынды сипаттайтын осы толқынның жылдамдық векторының бағыты және тербелмелі физикалық шаманың векторы арқылы өтетін жазықтық.

Фокустық (тоғысу) жазықтық – идеал оптикалық жүйенің фокустары орналасқан осы жүйенің осіне перпендикуляр жазықтық.

Фазалық жазықтық – бір еркіндік дәрежесі болатын динамикалық жүйенің күйімен анықталатын нүктелер координаттарының жазықтығы.

ЖАҚЫНӘСЕР – денелер арасындағы өзараәсерлесу физикалық өріс арқылы жүзеге асырылады және өзараәсерлесудің таралу жылдамдығы шекті болады делінетін түсінік.

ЖАЛҒАН КҮН – Күн айналасында пайда болатын Күн дискісіне ұқсас, жарық дақтар. Ол *galo* тобындағы атмосфералық-оптикалық құбылысқа жатады. Жалған Күн күн сәулесінің бұлт құрамындағы мұз кристалдарынан сыну және шағылысу

құбылыстарына ұшырауы нәтижесінде пайда болады. Мұндай құбылыс Ай төңірегінен де байқалады.

ЖАЛТЫРАУ – жарық сәулені **шағылдырушы** бет қасиетінің сипаттамасы. Жалтырау жарық сәуленің көпшілік бөлігі бір мезгілде шашыратылып (диффузиялық) әрі **айнала шағылудың** салдарынан болады. Адамның көзі жарық сәуленің айналадағы айналық және диффузиялық шағылысуын қабылдайды және жалтыраудың мөлшерлік бағамы осы сәуленің әлгі **шағылуларының** арасындағы қарқындылықтарының қатынасымен анықталады. Кейде сапалық белгілер бойынша да сипатталады, мысалы, металдық жалтырау, алмастық жалтырау, әйнектік жалтырау деген секілді айтылады.

ЖАНАСПА, э л е к т р л і к – электр өткізгіштік қасиеті болатын, электр тізбегінің құрама бөліктерінің жанасушы (байланыстырғыш) беті немесе осындай жалғастыруды жүзеге асыратын тетік. Ток өткізгіш жанаспалар (механикалық жанаспа) және жартылай өткізгіш (металл-жартылайөткізгіш) және жартылай-өткізгіш – жартылайөткізгіш жанаспалар болып топталған.

Джозефсондық жанаспа – екі асқынөткізгішті бір-бірінен ажырататын диэлектриктік жұқа қабат. Ағылшын физигі Брайан **Джозефсонның** (1940 жылы туған) құрметіне атаған.

Оптикалық жанаспа – беттері жақсы жалтыратылған жарық толқынының ұзындығынан едәуір жақын аралыққа жақындатылған екі қатты дене.

ЖАНАСПАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАР – екі қатты денелердің өзара жанасу аймақтарында пайда болатын электрлік құбылыстар. Жартылайөткізгіш – жартылайөткізгіш жанаспаларында немесе металл – жартылайөткізгіш жанаспаларында болатын құбылыстар мысал бола алады. Егер әртүрлі екі өткізгіш бір-бірімен жанастырылатын болса, онда бұларды ажыратып тұрған **шекаралар арасында электрондардың диффузиясы себебінен электрондар алмасады**. Жанасушы денелердің электрондар шығару жұмыстарының шамаларының айырмашылығынан олардың бір-бірімен қарсы кездесуші диффузиялық ағындары бірдей болмайды. Осының нәтижесінде ажыратылу шекарасының екі жағында шамалары бойынша тең және таңбалары бойынша қарама-қарсы орны толтырылмаған зарядтар (шығару жұмысы аз болатын дене оң зарядталады, ал шығару жұмысы көбі – теріс зарядталатын болады) пайда болады. Жанасу аймағында электр өрісі пайда болып, оның әсерінен ажыратылу (бөліну) шекарасы арқылы электрондар ығып (яғни шекара арқылы) өтетін болады. Жанасушы денелердің **Ферми деңгейлерінің** үйлесуімен сипатталатын термодинамикалық тепе-теңдік күйде ыққан және диффузиялық ағындар теңгеріледі де бір-бірінен ажыратылу шекарасы арқылы өтетін қорытқы ағын нөлге тең болады. Өткізгіштер арасында **потенциалдар**

($U_{ж}$) айырымы орнығады, бұл кернеу электронның (e) зарядына меншіктелген жұмыстар айырымына тең. Жанасу аймағында негізі заряд тасушылар кернеу ($U_{ж}$) таңбасына тәуелді біріккен немесе байытылған **кеңістіктік зарядтар қабаты пайда болады**. Металдың жартылайөткізгіштің **n -типімен** жанасқан жағдайда жартылай өткізгіштің шығару жұмысы металдікінен аз болғанда **біріккен қабат**, ал керісінше жағдайда **байытылған қабат** пайда болады.

Әртүрлі екі өткізгіштердің жанаспаларынан ток өткенде **жанаспада токтың өту бағытына тәуелді түрде жылу шығарылады немесе жұтылады** және де **жанаспа не қызады, не салқындайды** (*Пельтье эффектісі*). Егер электр тізбегінде әртүрлі температуралы екі жанаспа болса, онда бұл тізбекте **термоэлектрлік қозғауыш күш** пайда болады.

ЖАНАСПАЛЫҚ ПОТЕНЦИАЛДАР АЙЫРЫМЫ (латынша «потенциал – күш») – термодинамикалық тепе-тендік жағдайларда жанасушы әртүрлі өткізгіштер арасында пайда болатын потенциалдардың айырымы. Егер екі өткізгіш жанастырылатын болса, онда бұлардың арасында **электрондардың алмасуы болады**. Осының нәтижесінде өткізгіштер электрондар ағындары екі бағытта теңгерілгенше (өткізгіштердің шығару жұмысы азы оң, ал шығару жұмысы көбі – теріс) зарядталады. Орныққан жанаспа потенциалдардың айырымы өткізгіштердің шығару жұмыстарының электронның зарядына қатысты айырымына тең. Егер бірнеше өткізгіштен электр тізбегі құрылатын болса, онда шеткері өткізгіштердің арасындағы жанаспа потенциалдар айырымы тек олардың шығару жұмыстарымен анықталады, тізбектің аралық мүшелеріне тәуелді болмайды (**Вольта ережесі**). Жанаспа потенциалдар айырымы бірнеше Вольтке (V) жетеді. Потенциалдар айырымы өткізгіштердің құрылымдарына және олардың беттерінің күйіне тәуелді. Сондықтан жанаспа потенциалдар айырымын беттерді өңдеу (қабат жалату, адсорбция т.б.), коспалар қосу (жартылайөткізгіштер үшін) және басқа заттармен қорытпалау (металдар үшін) арқылы өзгертуге болады.

Жанаспа потенциалдар айырымының электр өрісі өткізгіштер арасындағы соңылаудағы ажырау шекарасының маңайында шоғырланады. Өткізгіштердегі **өткізгіштік электрондар** қаншалықты аз болса, осы аймақтың сызықтық өлшемдері соншалықты үлкен болады. Металдарда $\sim 10^{-8} - 10^{-7}$ см, жартылай өткізгіштерде $10^{-4} - 10^{-3}$ см-ге дейін жетеді.

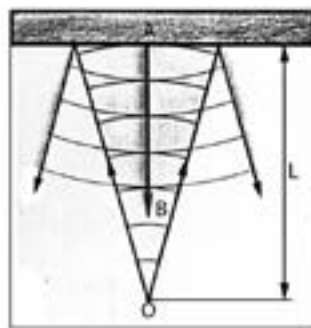
Жанаспа потенциалдар айырымы электрондық шамдардың *вольт-амперлік сипаттамасына* әсерін тигізеді. Энергияның термоэлектрондық түрлендіргіштерінде жанаспа **потенциалдар айырымы жылу**ды тікелей электр энергиясына **түрлендіру** үшін пайдаланылады.

ЖАНУ – жануға қатысатын заттар жүйесінде жылудың жинақталуына байланысты өздігінен үдетілетін химиялық реакция.

ЖАНУ ЖЫЛУЫ, к а л о р и я л ы қ – отынның толық жануы кезінде бөлінетін жылудың мөлшері; д ж о у л ь м е н немесе к а л о р и я м е н өлшенеді. Отынның масса немесе көлем бірлігіне жатқызылған жану жылуы **меншікті жану жылуы** деп аталған; мұны анықтау үшін калориметриялық әдістер қолданылады. Егер отынның құрамындағы су немесе сутек жанған кезде, жанудың ақырғы «өнімі» (күлі) сұйық түрінде кездесетін болса, онда бөлінетін жылу жоғарғы жану жылуымен ($Q_{ж}$), егер су бу күйінде кездессе, онда жану жылуы төменгі жану жылуымен (Q_m) сипатталады. Төменгі және жоғарғы жану жылулары мына қатынаспен байланысқан $Q_{ж} = Q_m + k(W+9H)$, мұндағы $k = 25$ кДж/кг (6 ккал/кг).

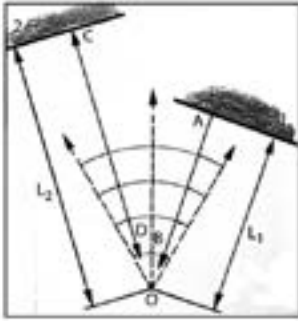
Салыстыру есептеулерінде ш а р т т ы о т ы н деп аталған меншікті жану жылуы қолданылады: 29308 кДж/кг (7000 ккал/кг). Бұл шама сутектің меншікті жану жылуынан 4,87 есе аз (142868 кДж/кг).

ЖАҢҒЫРЫҚ – әр түрлі тосқауылдардан (үй қабырғасынан, таудан-тастан, орман т.б.) шағылған және бақылаушы еститін толқындар (акустикалық, электрмагниттік т.б.). Акустикалық жаңғырықтың мысалы, дыбысты жақсы шағылдыратын беттен қысқа уақытқа созылған дыбыс импульсін (соққы, қысқа уақытқа созылған айқай) бақылаушы шағылған сигнал ретінде еститін болады. Естілген және таратылған импульс 50–60 миллисек (мсек) уақыт аралығымен бөлініп таратылғанда ғана, біз жаңғырықты ажыратып ести аламыз. Жаңғырықтың бірнеше түрі бар. Көптеген рет қайталанбалы жаңғырық дыбысты шағылдырушы бет бірнешеу болғанда (мысалы, таулы жерлерде т.б.) байқалады. Көптеген рет қалықтаушы жаңғырық дыбыс көзі тұйықталған көлемде орналасқан кезде пайда болады. Соңғы жаңғырық түрі ашық кеңістікте де, мысалы теңіздерде көптеген шағылдырушы және шашыратушы объектілер болған кезде естіледі. Гармониялық жаңғырық жиілік спектрі кең дыбыстың түрлі тосқауылдан шашырауынан туады.



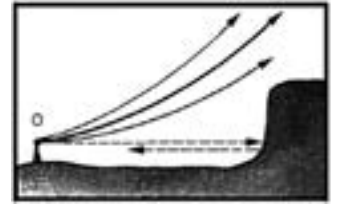
1-сызба. Дыбыстың айналадан шағылысуынан пайда болатын жаңғырық

Дыбыстың таралу жылдамдығы (c) мен жаңғырықтың кешігу уақыты (τ) бойынша шағылдырушы бетке дейінгі қашықтық $r=c \cdot \tau/2$. Жаңғырық-сигналдардың гидролокацияда, навигацияда қолданылуы осы принципке негізделген. Мысалы, эхолот – ультрадыбыстың теңіз түбінен шағылу уақытын өлшей отырып, оның тереңдігін тез анықтай алады. Жаңғырықтың әсерлері **ультрадыбыстық дефекто-**



2-сызба. Екі рет қайталанатын жаңғырықтың пайда болуы

О нүктесіндегі дыбыс көзінен таралған толқынның біреуі 1-нысаннан (L_1 қашықтықтағы) екіншісі 2-нысаннан (L_2 қашықтықтағы) шағылған дыбыс толқындарынан естіледі. Ойлы-қырлы жазық далада ауа ысыған кезде кейбір биік нысандардан дыбыс толқындары шағылып естіледі де кешкілік ауа салқындалғанда жаңғырық естілмейтін болады. Мұның себебі неде?



Кей кезде жазық далада биік нысаннан (объектіден) жаңғырықтың естілмей қалу себебі

Енді осыны түсіндірейік. Оптикалық рефракция құбылысы кезінде жарықтың біртекті болмайтын ортада таралуы түзу сызықты бағытынан ауытқып бұрылатыны белгілі. Дәл осы құбылыс дыбысқа да ортақ. Дыбыстың таралу жылдамдығы ауаның (яғни ортаның температурасына тәуелді,



Таулы аймақтағы көлдердің айналасындағы нысандардан шағылған жаңғырықтың аспан жақтан естілу құбылысы

сол себепті дыбыс таралатын ауаның әрбір нүктесіндегі жылдамдығы әрқилы болады. Ауа жылынғанда дыбыстың жылдамдығының артумен қатар оның таралу траекториясының ауытқуының дөңестік жағы жылы ауа қабаты жағында пайда болып, дыбыс толқындары сызбада көрсетілгендей жоғары қарай (аспандап) ауытқитын болады да жолында ешқандай шағылдырушы бет кездеспегендіктен жаңғырық естілмейді. Осы айтылған құбылыс салдарынан жоғарыда айтылған жазық даладағы жаңғырықтың бірде естіліп, кейде естілмей қалады.

Рефракция құбылысы кейде жаңғырықтың естілуіне жағдай тудырады. Осы құбылыс негізінде таулы аймақтағы көлдер маңайында жаңғырық аспан тұстан (яғни биіктен) естіледі. Сызбаға қараңыз. Таулы аймақтағы көлдің суы әрқашан салқын болатынын білеміз. Ал көлдің үстіндегі ауа қабатының температурасы биіктеген сайын жылырақ болады. Сондықтан дыбыстық толқынның таралу траекториясының дөңес жағы жылы ауа жағына қарай көтеріліңкі болмақ (жарық

та осылай болатын). Сол себепті көлдің жиегіндегі тұстан шағылған жаңғырық аспан (яғни биіктен) жақтан естілетін болады.

ЖАЛПЫ САЛЫСТЫРМАЛЫҚ ТЕОРИЯ (ЖСТ) – кеңістіктің, уақыттың және тартылыстың осы заманғы физикалық теориясы; 1915 жылы Альберт **Эйнштейн** (1879 – 1955) біржолата тұжырымдаған. ЖСТ-ның негізіне инертті массамен (Ньютонның екінші заңына енген) және кез келген денені эквиваленттілікті әкелетін, кез келген денеге арналған гравитациялық массаның (тартылыс заңына енетін) ғылыми тәжірибеден анықталған теңдік фактісі жатқан. Инерттік және гравитациялық массалардың теңдігі дененің тартылыс өрісіндегі қозғалысының дене массасына тәуелді болмайтындығын меңзейді. Осы жайт ЖСТ-на кеңістіктік-уақыттық континуумның (үздіксіздік) майысуы (иілуі) ретінде түсініктеме беруге мүмкіндік береді. Сондықтан, ЖСТ салыстырмалық теория негізінде құрылған кеңістік-уақыттық тартылыс теориясы болып табылады.

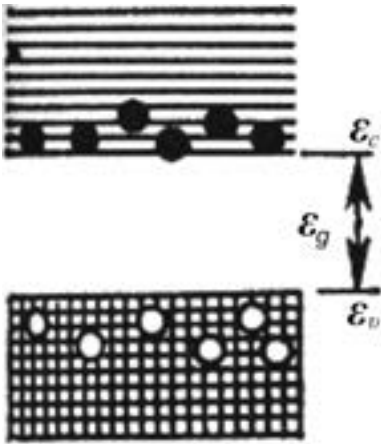
ЖАРҚЫРАУ – жарық тарататын беттен шығатын жарық ағынының, осы беттің ауданына қатынасымен анықталатын жарық шамаларының бірі. Халықаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ-де) жарқыраудың бірлігі – квадрат метрге шаққандағы люменге ($\text{лм}/\text{м}^2$) тең. Энергетикалық жүйедегі осыған ұқсас шама энергетикалық **жарқырау** деп аталған және ол $\text{Вт}/\text{м}^2$ -мен өлшенеді.

Анодтық жарқырау – солғын разряд кезіндегі газразрядтық түтік анодының маңайындағы жарық аймақ.

Теріс жарқырау – солғын разряд кезіндегі газразрядтық түтік катодының маңайындағы жарық аймақ.

ЖАРТЫЛАЙМЕТАЛЛ – электрлік қасиеттері бойынша металдар және жартылайөткізгіштер арасынан орын алатын заттар. Жартылайметалдар үшін валенттік зоналар мен өткізгіштік зоналар әлсіз жабылу тән, бұл жайт бір жағынан жартылайметалдардың абсолюттік нөл температураға дейін өткізгіш, ал екінші жағынан ток тасушылары ($\sim 10^{18} - 10^{20} \text{ см}^{-3}$) аз шоғырланатын болып қалады. Температура артқанда ток тасушылар саны көбейіп, электр өткізгіштігі жоғарылайды. Жартылайметалдарға висмут, сурьма, мышьяк, графит т.б. жатады. Жартылайметалдардағы ток тасушылардың жылжымалылығы үлкен және эффективті массасы аз болады. Осы қасиетінің арқасында жартылайметалдар күшті магниттік өрістерде өлшемдік эффектілерді, диэлектрик-металдық фазалық ауысуларды бақылауға арналған ыңғайлы нысандар болып табылады.

ЖАРТЫЛАЙӨТКІЗГІШТЕР – меншікті электрөткізгіштігінің мәндері (σ) металдардың меншікті электрөткізгіштігі $\sigma \sim 10^6 - 10^4 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ және жақсы диэлектриктердің меншікті электрөткізгіштігінің $\sigma \sim 10^{-10} - 10^{-12} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ аралығындағы мәндермен сипатталатын кең алқапты алып жатқан заттар.



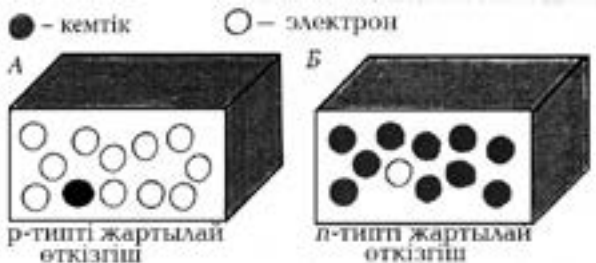
Валенттік зона (ақ дөңгелектер – кемтіктер) және өткізгіштік зона (қара дөңгелектер – өткізгіштік электрондар); ϵ_g – тыйым салынған зонаның ені; ϵ_c – өткізгіштік зонаның асты; ϵ_v – валенттік зонаның төбесі

Жартылайөткізгіштердің металл өткізгіштерден айырмашылығы температура артқанда олардың электрөткізгіштігі және ол шама экспоненциалды түрде артады: $\sigma = \sigma_0 \exp(-E_A/kT)$. (1). Мұндағы E_A – өткізгіштіктің активтену энергиясы, σ_0 – коэффициент (экспоненциалды өспейтін температураға тәуелді). (1) формула жартылайөткізгіштердің электрондары атомдармен, байланыс энергиясымен E_A біркелкі байланысқанын білдіреді. Температураның артуына байланысты жылулық қозғалыс электрондардың және олардың бөліктерінің байланысын үзе бастайды пропорционал $\exp(-E_A/kT)$ зарядтың еркін тасушылары болады.

Электрондардың байланысын тек жылулық қозғалыс қана емес, әртүрлі сыртқы әсерлер де: жарық, тез қозғалушы бөлшектер ағыны, күшті электрлік өрістер де үзе алады. Сол себепті жартылайөткізгіштер үшін олардың электрөткізгіштігі сыртқы әсерлерге, сонымен қатар қоспалардың қосылуына да, кристалдардағы ақауларға да өте сезімтал болады. Жартылайөткізгіштердің өткізгіштігін температураны арттыруымен және қоспалар үстемелеу арқылы өзгерту мүмкіндігі бар.

(1) формула электрөткізгіштігі жоғары температурада елеулі болатын диэлектриктерге қатысты болады. Жартылайөткізгіштер мен диэлектриктердің айырмашылығы сапалы тұрғыға қарағанда сандық тұрғыға ғана болады. Дәлірек айтатын болсақ, жартылайөткізгіштерді ерекше топтамай-ақ, металл емес заттардың жартылайөткізгіштік күйі жайлы сөз етуге болады.

«Жартылайөткізгіштер» деген ғылыми атауды қасиеттері бөлме температурасында (300 К) ерекше болатын жартылайөткізгіштерге, мысалы, Ge және Si (германий мен кремний) элементтері жатады. Бұл элементтердің атомдары 4 валентті электрондардан алмас типті ковалентті байланысты



Әдетте негізгі материалға әдейі ендірілген электрондар меншікті тасушылардан [кемтіктерден (А) және электрондардан (В)] едәуір артық болады.

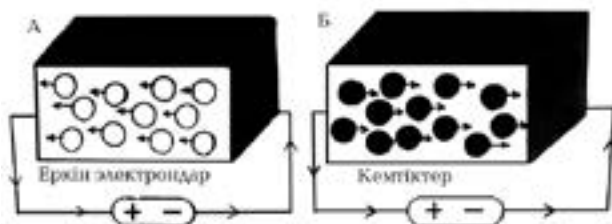
кристалдық торлар құраған. Алмас та жартылайөткізгіштік қасиетке ие, бірақ та оның ϵ_A шамасы Ge мен Si-ге қарағанда едәуір үлкен, сол себепті оның өткізгіштігі аз.

Қатты денелерде атомдар немесе иондар бір-біріне атом радиусындай қашықтықта жақын орналасқандықтан, оларда бір атомның валенттік электрондары екінші атомға үздіксіз ауысатын болады. Егер атомдардың электрондық қабықшалары бір-бірін күшті бүркеп жабатын болса және электрондар атомдар арасында тез ауысатын болса, электрондардың осындай ауысулары **коваленттік байланыстың** пайда болуына әкеп соқтырады.

Осы жайт толықтай Ge және Si үшін ортақ. Германийдің барлық атомдары бейтарап және бір-

бірімен коваленттік байланыста болады. Бірақ та атомдар арасындағы электрондар алмасу тікелей электрөткізгіштікке әкеп соқтырмайды, себебі электрондық тығыздықтың бүтіндей үлестірілуі қатаң түрде орныққан: жақын көршілес орналасқан атомдар жұбының арасындағы байланысқа 2 электроннан бөлінген. Өткізгіштік тудыру үшін ең болмағанда бір

байланысты үзу қажет, ол үшін одан бір электронды ажыратып алып кристалдың басқа бір барлық байланысы толтырылған ұяға ауыстыру керек, осы электрон – артық электрон болады. Осындай электрон бұдан былай еркін түрде бір ұядан екінші ұяға ауысатын болады (бұл ұялардың барлығы әлгілер үшін эквивалентті болады), және де барлық жерде артық болып өзімен бірге артық теріс зарядты тасымалдайды, яғни өткізгіштік электрон болады. Үзілген байланыс кристалл бойынша адасқан кемтік болып шығады, күшті алмасу жағдайында көрші байланыстың электроны ажырап кеткен электронның орнына тез орналасатын болады. Бір байланыста электронның жетіспеуі атомда артық (немесе атомдар жұбында) оң бірлік зарядтың болуын білдіреді, осы заряд кемтікпен бірге тасымалданады. Электрондар және кемтіктер – жартылай өткізгіштердегі еркін заряд тасушылар болып табылады. Иондық байланыс үзілген жағдайда электрондық қабықшаны толтыруы кем



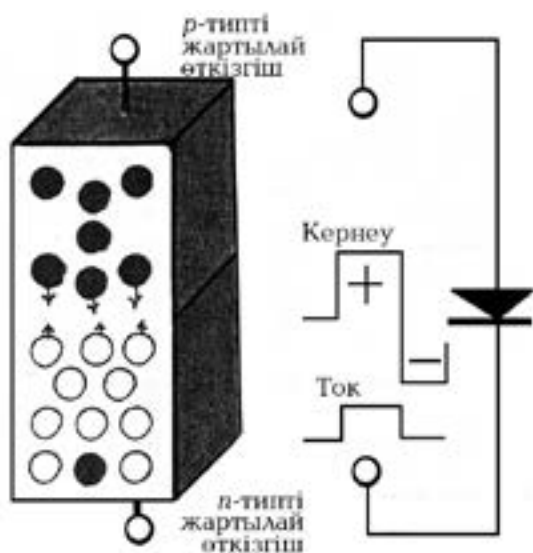
n-типті жартылай өткізгіште (A) электрондар ток көзінің оң полюсіне тартылады. Электрон үлгінің теріс полюсінен шығып үлгінің оң полюсіне ағатындықтан біршама оң зарядты сақтайды. p-типті (B) жартылайөткізгіште әлгіге ұқсас жайт байқалады, бірақ та мұнда оң кемтік ток көзінің теріс полюсіне тартылады.

және электрондардың ауысуы азаятын болады. Осы жағдайда да өткізгіштік электрон және кемтік пайда болады, бірақ та иондық байланыстың үзілуі энергияны көп шығындауды қажет етеді.

Идеал кристалдарда байланысқан электрондарды қоздыру және оны **өткізгіштік электронға** айналдыру міндетті түрде **кемтіктің** пайда болуын тудырады, заряд тасушылардың екі түрінің шоғырлануы өзара теңеседі. Бұл жайт олардың электр өткізгіштігі бірдей болады дегенді білдірмейді, себебі ток тасушылардың (электрондардың және кемтіктердің) жылжымалықтары әрқалай болады дегенді аңғартпауы керек. Нақтылы кристалдардағы электрондардың және кемтіктердің шоғырларының теңдігі қоспалардың және кристалдық

торлардың ақауларының есебінен бұзылуы мүмкін. Жартылайөткізгіштердің электрөткізгіштігі берілген заттың өз атомдарының электрондарынан (өзіндік өткізгіштік), сондай-ақ қоспа атомдарының (қоспалық өткізгіштік) электрондарынан пайда болуы мүмкін. Ток тасушыларының көздері әрқилы кристалдық құрылымдардың ақаулары, мысалы *вакансиялар*, түйіндер аралық атомдар, сондай-ақ (технометриялық мөлшерлік қатынас туралы ілім) құрамның ауытқулары болады.

Қоспалар (кірмелер) мен кемтіктер *донорларға* және *акцепторларға* ажыратылады. Донорлар жартылайөткізгіштер көлеміне артық электрондарын береді және осылайша **э л е к т р о н д ы қ ө т к і з г і ш т і к** (*n*-типті) туады. Акцепторлар заттарға ендірілген (матрицаларға) валенттік электрондарды қармап қосып алады, осының нәтижесінде кемтіктер құрылып **к е м т і к т і к ө т к і з г і ш т і к** (*p*-типті) пайда болады. Донорларға қоспалы атомдар P (фосфор), As (мышьяк), Sb (сурьма), Ge (германий) және Si (кремний) жатады. Осындай атом кристалдық торға ене отырып, атомының бір ұясында Ge атомының орнын

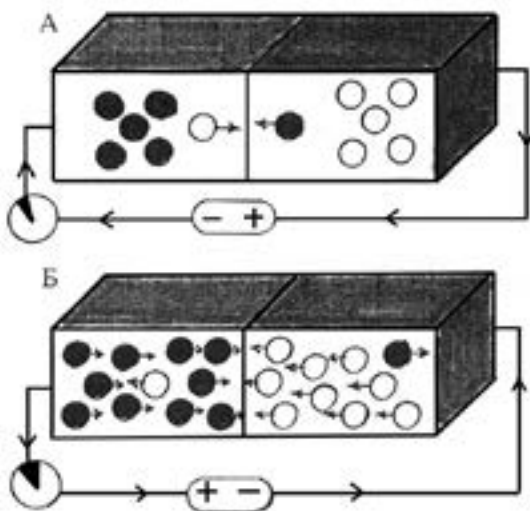


Екі әрқилы жартылай өткізгіш материалдарды (p- және n-типті) қосқанда (тізбекке) ауысу аймағы арқылы ток тасушылардың ығыуын (дрейфін) тудырады. Бірнеше кемтік пен электрон әрбір материалдың жұқа қабаттары арқылы өтісімен олар негізгі үлгіге қарама-қарсы зарядталатын болады – ток тасушылар болмайтын қабат пайда болады. Осы құрылым жартылайөткізгіш диод ретінде әсер етеді.

басады. Сол кезде оның 5 валенттік электрондарының 4-еуі көрші Ge атомдармен бірігіп ковалентті байланыс түзеді, ал 5-электрон берілген тор үшін «артық» болып шығады. Ешбір байланыспен оқшауланбай-ақ ол өткізгіштік электронға айналады. Сонымен қоспалы атом бір еселі оң зарядпен зарядталған және ол электронды өзіне тартады, осы жайт электрон мен қоспалы ионмен байланысқан (әлсіз) күй түзеді. Қоспаның маңындағы электрон оқшауланған аймақтың өлшемдері кристалдың қарапайым ұясының аймағынан ондаған есе артық болады, ал қоспаның иондалу энергиясы аз (~0,01 эВ Германийде және 0,04 эВ – кремнийде), сондықтан 77 К температурада көптеген қоспалар иондалған болады, яғни жартылайөткізгіштерде донорлық қоспаның шоғырлануын (концентрациясы) анықтайтын өткізгіштіктің шоғырлары пайда болады. Сонымен, белгілі бір қоспаларды ендіру (жартылайөткізгіштерді легирлеу) – әртүрлі қажетті қасиеті болатын эффектілі әдіс болып табылады.

Жартылайөткізгіштердегі заряд тасушылардың қозғалыс заңдары қатты денелердің зоналық теориясында тұжырымдалған. Жартылайөткізгіштердегі рұқсат етілген толтырылған жоғарғы зоналар валенттік зона, ал толтырылмаған төменгі зоналардың ең төменгісі – өткізгіштік зона деп аталған. Валенттік зона мен өткізгіштік зона арасындағы энергетикалық саңылау E_g **тыйым салынған зона** деп аталған. Жылулық қозғалыс электрондардың бір бөлігін валенттілік зонадан өткізгіштік зонаға «лақтырады»; сөйтіп валенттік зонада кемтіктер пайда болады (*сызбаға қараңыз*). Электрондар мен кемтіктер әдетте валенттік зонаның өткізгіштік зонасының төменгі шетіне (түбіне) E_c -тің маңайына немесе жоғарғы шетіне (төбесіне) E_v -нің маңайына одан $\sim kT$ қашықтықта жинақталады, бұл қашықтық **рұқсат етілген зонаның** енінен едәуір кіші болады.

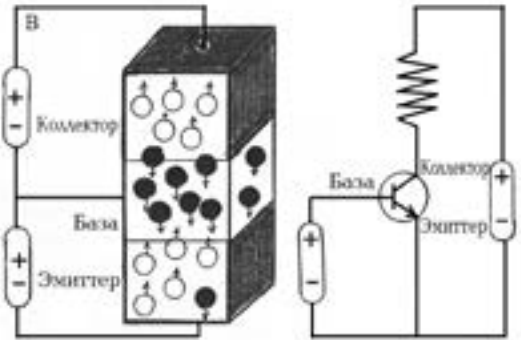
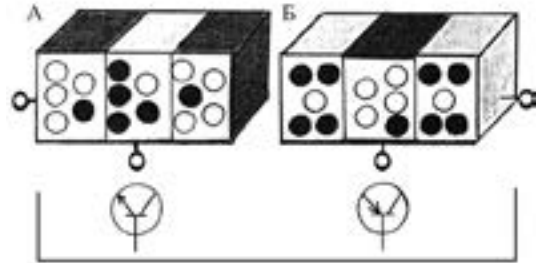
Заттардың электрөткізгіштігі атом ядросының электрондарды қаншалықты берік ұстайтындығына байланысты. Көпшілік металдар жақсы өткізгіштер бо-



Егер бірге қосылған p- және n-типті жартылай өткізгіштер ток көзіне оң полюсі n-типті үлгіге (A) қосылған болса, онда ток тасушылардан бос шекаралық қабат ұлғаятын болады. Осы жағдайда аздаған ток өтеді. Бірақ, егер батареяның полюстерінің орындары ауыстырылатын болса, сонда ауысу арқылы мол ток (B) өтетін болады.

лып табылады, оның себебі әлгі металдарда атом ядросымен әлсіз байланысқан көптеген электрондар болады, бұларды оң зарядтар өзіне қарай оп-оңай тартады, ал теріс зарядтарды сыртқа қарай тебеді. Қозғалатын электрондар – электр тогын тудырушылар. Екінші жағынан оқшаулауыш заттар (изоляциярлар), мысалы, резіңке ток өткізбейді, оның себебі резіңкенің электрондары атоммен берік байланысқан және ол сыртқы электр өрісінің әсеріне ұшырамайды (яғни «сезбейді»). Жартылайөткізгіштер таза күйінде резіңке секілді ток өткізбейді немесе токты нашар өткізеді немесе тіптен ток өткізбейді. Жартылайөткізгіштердің кристалдары торлар құрайды, бұлардың сыртқы электрондары химиялық табиғатты күштермен байланысқан. Атомдардың кристалдық торына өзге бір элементтің аздаған мөлшерлі атомдары қосылатын болса, оның тәртібі түбегейлі өзгеретін болады.

Кейбір жағдайларда қоспаның атомдары жартылайөткізгіштердің атомдарымен артық электрондар пайда болатындай байланыс түзеді, артық **еркін электрондар** жартылайөткізгіштерге **теріс заряд** беретін болады. Басқа жағдайда қоспа атомдары **электрондарды жұтатын «кемтікті»** тудырады. Осылайша электрондардың жетіспеушілігі тудырылады және жартылайөткізгіштер оң зарядталатын болады. Белгілі бір сәйкес жағдайда жартылайөткізгіштер электр тогын өткізе алатын болады. **Жартылайөткізгіштердің металдардан айырмашылығы бұлар токты екі түрлі жағдайда өткізеді.** Теріс зарядталған жартылай өткізгіштер артық электрондардан айырылуға әрекеттенеді: бұл өткізгіштік **n-типті** («negative – теріс» деген сөздің алғашқы әрпіне сәйкес) деп аталған. Жартылай өткізгіштердегі осы типті **заряд тасушылар электрондар болады.** Екінші жағынан, оң зарядталған жартылай



Транзистор (А, Б) бірге жалғастырылған құрылым болып табылады. n-p-n құрылғысында (А,Б) электрондар n-типті эмиттерден ығысудың тура кернеуінің әсерінен p-типті базаға қарай ағатын болады. Базаның тогы аз. Электрондардың көпшілігі екінші диод тудырған кері ығысу кернеуінің әсерімен жұқа база арқылы өзге n-типті коллектор деп аталған аймаққа тартылады. Кемтіктің әлсіз тогы осылайша базадан эмиттерге қарай электрондардың мол ағынын бағыттайды. Ток, кернеу күшейетін болады.

өткізгіштер электрондарды өзіне тартып кемтіктерді толтырады. Кемтікті толтырған әлгі көршілес электронның орны босап қалатындықтан тағы бір «кемтік» пайда болады. Осылайша кемтіктер оң зарядты ағын тудырады, бұл ағын электронның қозғалу бағытына қарама-қарсы ағады. Осы өткізгіштік ***p*-типті** («positive – оң» деген сөздің алғашқы әрпіне сәйкес) деп аталған. Жартылайөткізгіштердегі екі типті негізгі емес заряд тасушылар (электрондар *p*-типті жартылайөткізгіштерде және кемтіктер *n*-типті жартылайөткізгіштерде) негізгі заряд тасушылардың бағытына қарама-қарсы бағытта тоқты қолдайтын болады.

Жартылайөткізгіштерде сыртқы электр өрісі түсірілген кезде заряд тасушылардың бағытталған қозғалысы (ығуы) пайда болады, осыдан **электр тогы туады**. Заряд тасушыларға перпендикуляр сыртқы магнит өрісі ықпал еткенде электр өрісінде ығып жүрген әлгі заряд тасушылар *Лоренц күшінің* ықпалымен көлденең бағытқа ауытқиды. Осы жайттан *Холл эффектісі* және басқа **гальванимагниттік құбылыстардың тууына әкеп соғады**.

Жартылайөткізгіштердің металдармен жанасуынан кейде **ток түзеткіштік қасиет пайда болады, яғни тоқты бір бағытта өткізетін болады**. Бұл құбылыс заряд тасушылардың шоғырларының өзгеруіне немесе типінің жанасу аймағына жақын аралықта өзгеруіне және жанаспалық потенциалдар айырымының пайда болуына байланысты туады. Жанаспаға түсірілген кернеу оның таңбасына тәуелді заряд тасушылардың санын көбейтеді немесе азайтады, сол себепті жанаспаның кедергісі тура және кері бағыттарда әрқилы болады. Күшті электр өрісінде (~100 – 1000 В/см) заряд тасушылардың энергиялар бойынша үлестірілуінің өзгеруі мүмкін. Бұл заряд тасушылардың орташа энергиясының (қыздырылуына) артуына әкеп соғады. Заряд тасушылардың қыздырылуы Ом заңынан ауытқуды тудырады. Электр өрісі валенттік электронды өткізгіштік зонаға тікелей «лақтыра» алады, яғни электрондық-кемтіктік жұпты шығарады (таратады). Осы эффект электронды сыртқы өрістің ықпалымен тыйым салынған зона арқылы «сіңірумен» байланысты. Бұл эффект әдетте тек өте күшті өрістерде ғана байқалады. Кей жағдайларда күшті **өрістер туннельдік эффектiсі** кейбір аспаптардың (туннельдік диод) сипаттамаларын анықтайды.

Жартылайөткізгіштер заттардың ерекше типі ретінде XIX ғасырдың соңынан бастап белгілі болғанымен, тек қатты денелердің кванттық теориясының дамуына байланысты оның ерекшеліктері айқындала бастады (1931 жылы, **Уилсон**, АҚШ). Ол кезге дейін металл-жартылайөткізгіштер жанаспасы бойынша тоқты түзету эффектiсі-фотоөткізгіштік ашылған және жартылайөткізгіштер негізінде алғашқы аспаптар жасалған болатын. 1923 жылы кеңес физигі **О.Лосев** жартылайөткізгіштер-металл жанаспасын тербелістерді күшейтуге және өндіруге

арналған кристалдық детекторда пайдалану мүмкіндігін дәлелдеген. Осыдан кейінгі жылдары кристалдық детекторларды электронды шамдар ығыстырған-ды. 1948 жылы американ физиктері Джон **Бардин** (1908 – 1991), Уолтер **Браттейн** (1902 – 1987), Уильям **Шокли** (1910–1989) **транзистор** жасаған. Сол жылдардан бастап жартылайөткізгіштер (Ge және Si-германий және кремний) кеңінен пайдаланыла бастады. Жартылайөткізгіштердегі *еріксіз сәуле шығаруы* ашылған соң жартылайөткізгіштердің оптикалық қасиеттерінің болатыны ашылды. Бұл жайт жартылай өткізгіштік $p - n$ ауысулы лазерлер жасауға (Р.Холл, АҚШ және Б.Бул, А.Шатов) әкелді. Сонан соң Жорес **Алферов** (1930 жылы туған) гетероауысулар негізінде лазер жасады).

Жартылайөткізгіштердің транзисторлар жасауда кең пайдаланылуына олардың дұрыс кристалдық торларының өте әлсіз дәрежеде бұзылуы себеп болған. Транзистор дайындау кезінде негізгі элемент – кремнийге немесе германийге – жасанды түрде аздаған мөлшерде қоспалық элемент ендіріледі. Негізгі элементтің атомдарымен салыстырғанда қоспалық атомдардың электрондары көп немесе, керісінше аз болады. Нәтижесінде электрондар артық немесе жетіспейтін жағдай туады (электрондардың жоқтығы «кемтік» деп аталған). Артық электрондардың немесе кемтіктердің қозғалысы материалға ерекше электрлік қасиет береді. Егер жартылайөткізгіште электрондар артық болса, онда оның ток тасушылары теріс зарядталған, ал жартылайөткізгіштің өзі n -типке жатады. Егер де онда оң зарядталған ток тасушылар болып табылатын кемтіктер көп болса, онда жартылайөткізгіш p -типке жатпақ.

Компенсацияланған жартылайөткізгіш – құрамында донорлар мен акцепторлар болатын жартылайөткізгіш.

Айныған жартылайөткізгіш – ток тасушылары көп шоғырланған жартылайөткізгіш.

Магниттік жартылайөткізгіш – төменгі температуралар кезінде құрамына реттелген магниттік құрылым түзетін ауыспалы немесе сирек кездесетін элементтер енетін жартылайөткізгіш материал.

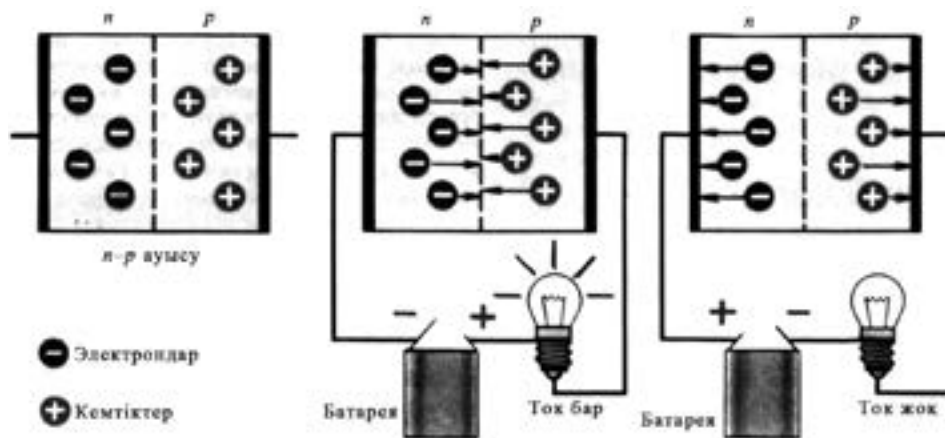
Қоспалы жартылайөткізгіш – жасанды түрде қоспалар енгізілген жартылайөткізгіш.

Өздік жартылайөткізгіш – химиялық таза жартылайөткізгіш.

n -типті жартылайөткізгіш – электрондық өткізгіштігі болатын жартылайөткізгіш.

p -типті жартылайөткізгіш – кемтіктік өткізгіштігі болатын жартылайөткізгіш.

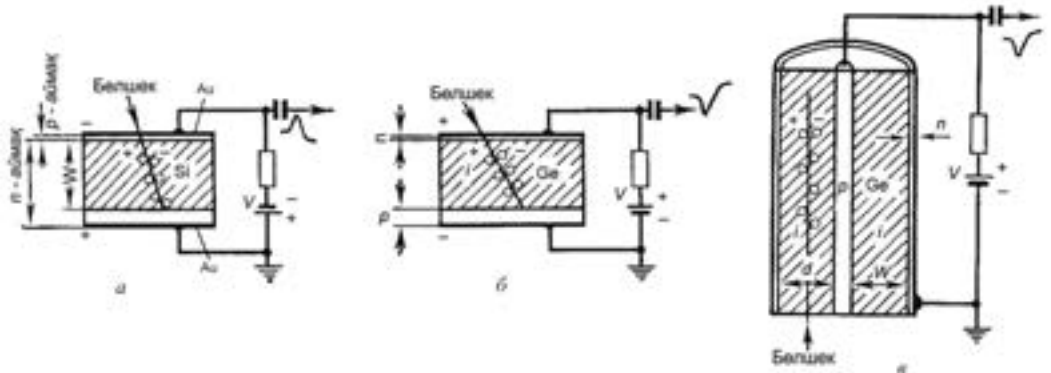
ЖАРТЫЛАЙӨТКІЗГІШТІК ДИОД – жұмыс принципі жартылайөткізгіштердегі $p-n$ – ауысуына негізделіп жасалған екі электродты аспап. Пайдаланылатын мақсатына қарай бұл диодтар ток түзетуші, жоғары жиілікті, өте жоғары жиілікті, параметрлі, туннельді, т.б. түрлерге бөлінеді. Егер тізбектей қосылған $p-n$ -ауысудың p -полюсіне оң, ал n -полюсіне теріс кернеу түсірілсе, онда тізбектегі ток шамасының тығыздығы 10 A/cm^2 -ге дейін арта алады, ал кернеу көзін керісінше



қосқанда бұл шама мыңдаған есе азаяды. Бұл құбылыс айнымалы токты түзетуде пайдаланылады. Осы негізде жұмыс істейтін аспап жартылай өткізгіштік т ү з е т к і ш деп аталады. Өте жоғары жиіліктерде жартылай өткізгіштік диодтар әлсіз сигналдарды детектирлеуде, супергетеродинді қабылдағыштарда араластырғыш ретінде пайдаланылады.

ЖАРТЫЛАЙӨТКІЗГІШТІК ДОЗИМЕТР – қабылдағыш бөлігі жартылай өткізгіштен жасалған доза өлшеуіш аспап. Бұл аспап әр түрлі сәулелер (γ -сәуле, бөлшектер ағындары, рентген-сәуле, т.б.) әсерінен жартылай өткізгішті материалдардың кедергі өзгерту құбылысына негізделіп жасалған. Жартылай өткізгіштік дозиметрдің қабылдағыш бөлігінің ток өткізгіштігі сәуле дозасына тура пропорционал. Жұқа түтік ішіне орналасқан қабылдағышқа сәуле дозасы әсер еткенде тізбекте фототок пайда болады.

ЖАРТЫЛАЙӨТКІЗГІШТІК ДЕТЕКТОР – бөлшектерді тіркеуге арналған негізгі бөлігі жартылайөткізгіштік кристалл болып табылатын аспап. Тіркелетін бөлшек кристалға енгенде онда қосымша (теңгерілмеген) электрондық-кемтіктік жұп тудырады. Түсірілген электр өрісінің ықпалымен заряд тасушылар (электрондар мен кемтіктер) араласып, жартылайөткізгіштік детектордың электродтарына «сіңіп» кетеді. Нәтижесінде жартылайөткізгіштік диодтың сыртқы тізбегінде



Жартылайөткізгіштік детекторлар (сезгіш аймақ штрихталған): n – электронды өткізгіштік аймақ; p – кемтіктік аймақ; i – өздік өткізгіштік аймақ; a – кремнийлі беттік-тосқауылды детектор; b – жазық германийлі детектор; $в$ – коаксиальды диффузиялық-ығулық Ge (Li)-детектор

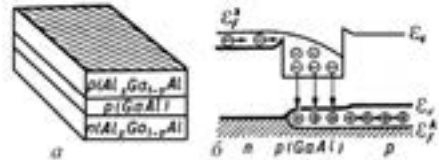
электрлік импульс пайда болады, осы импульс күшейтіліп тіркеледі (сызбаға қараңыз). Жеткілікті жоғары сезгіштігі болуы үшін, тіркелуші бөлшектер болмаған кезде жартылайөткізгіш заряд тасушыларға «кедей» болады, яғни электрөткізгіштігінің аз болуы керек. Бұл жайт $p-n$ -ауысуларды пайдалану арқылы орындалады, ол үшін кері кернеу (V) беріледі. Заряд тасушыларға кедейленген және меншікті электркедергісі (ρ) жоғары жартылайөткізгіштің $p = n$ -ауысу шекарасына жақын қабат жартылайөткізгіштік детектордың сезгіш қабаты болып табылады. Жартылайөткізгіш кристалдың бұдан өзге бөлігі сезгіштігі болмайтын («өлі») қабат болады.

Жартылайөткізгіштік детектордың электродтарына жинақталған заряд бөлшектің сезгіш қабаттан өтуі кезінде бөлінетін энергияға пропорционал болады. Сондықтан, егер бөлшек қабатта толықтай тежелетін болса, жартылайөткізгіш детектор **спектрметр** ретінде жұмыс істей алады. Жартылайөткізгіштегі бір электрондық-кемтіктік жұпты түзуге қажет орташа энергиядан аз (Si-де 3,8 эВ, Ge-де – 2,9 эВ). Германий мен кремнийдегі ток тасушылардың жылжымалығының жоғары болуы $\sim 10^{-8}$ секунд уақытта электродтарда тез заряд жинақтауға мүмкіндік жасайды, бұдан жартылайөткізгіштік детектордың уақытша жоғары сезгіштігін қамтамасыз етеді. Жартылайөткізгіштік детектордың жоғары энергетикалық ажыратқыштығы тек детекторды сұйық гелийдің температурасына дейін салқындатқан кезде ғана жоғары болады. Оның себебі Si мен Ge-дің тыйым салынған зонасының ені тым аз, тіптен бөлме температурасында олардың еркін заряд тасушыларының өткізгіштік шоғырлануы үлкен болады. Салқындату кезінде заряд тасушылардың жылжымалығы артады. Осыған байланысты жартылайөткізгіштік детектор әдетте **криостаттарға** орналастырылады.

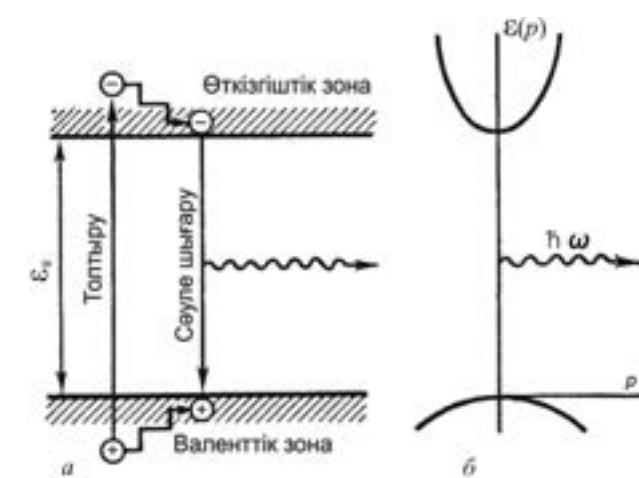
ЖАРТЫЛАЙӨТКІЗГІШТІК ЛАЗЕР – жартылайөткізгіштік кристалға негізделген лазер. Өзгедей лазерлер типінен айырмашылығы жартылайөткізгіштік лазерде энергияның дискретті деңгейлері емес, рұқсат етілген энергетикалық зоналар арасындағы сәуле шығарғыш *кванттық ауысулар* пайдаланылған. Жартылайөткізгіштік *активті ортада* өте үлкен оптикалық күшейту көрсеткішіне қол жеткізуге болады (10^4 см⁻¹-ге дейін), осы себепті жартылайөткізгіштік лазердің активті бөлігінің өлшемдері мүлде кіші болады (резонаторының ұзындығы ~50 мкм – 1 мм).

Осыған қоса шағын, инерциялылығы аз (~ 10^{-9} сек), пайдалы әсер коэффициенті жоғары (50%-ға дейін), спектрлік қайта құрылу мүмкіндігі, генерацияға арналған материалдардың көптігі, спектрлік алқабының кеңдігі $\lambda = 0,3$ мкм-ден 30 мкм-ге дейін. Жартылайөткізгіштік лазердің активті бөліктері артық (тепе-тең емес) ө т к і

з г і ш т і к э л е к т р о н д а р м е н к е м т і к т е р, яғни еркін заряд тасушылар болады. Жартылайөткізгіштік лазердегі *толтырудың* маңызды тәсілі электр энергиясын когерентті сәулеге тікелей түрлендіруді жүзеге асыратын *p – n* ауысуы немесе гетероауысу арқылы *инжекциялау* болып табылады. Толтырудың өзге бір тәсілдері **электрлік тесу** [мысалы, *стримерлі* (жіңішке саңылаулы) деп аталған лазерлерде], электрондармен соққылау (электрондық толтыру) және жарықтау

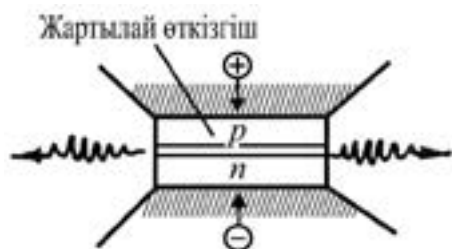


Гетерқұрылымды гетерлазердің сұлбасы (а); б – оның энергетикалық диаграммасы; E_c және E_v – өткізгіштік және валенттік зоналардың шеттері; E_F және E_F^d – электрондар мен кемтіктерге арналған Ферми энергиялары.



Жартылайөткізгіштік лазерде пайдаланылатын жартылайөткізгіштің толтырылу (а) және зоналық (б) диаграммасының сұлбасы; E – электрон энергиясы; p – квазиимпульс; $\hbar\omega$ – квант шығару энергиясы

(жартылайөткізгіштік оптикалық толтыру) болып табылады. Жартылайөткізгіштік лазерді 1958 жылы орыс физигі Николай **Басов** (1922 жылы туған) ұсынған. GaAs (гелий, мышьяк) кристалындағы *p – n*-ауысуы жартылайөткізгіштік лазерді 1962 жылы американдық физиктері Р.Холл және М.Нейтен, т.б. жасаған, электрондық толтырылу лазер Н.Басовтың жетекшілігімен жасалған.



p – n-ауысуға негізделген инжекциялық лазердің сұлбасы

Жартылайөткізгіштердегі оптикалық күшейту өткізгіштік зонадағы толымдылық деңгейдің инверсиясының түбіне таяу E_c және валенттік зонадағы инверсияның төбесіне таяу E_v шарттарының орындалуы кезіндегі қарқынды толтырудың әсерінен пайда болады. Сонымен, рұқсат етілген зонадағы (өткізгіштік зонада) жоғары жұмыстық деңгейлердің электрондармен толтырылу ықтималдығы

төменгі деңгейдегіден (валенттік зонада) артық болады. Осы жағдайда *еріксіз сәуле шығару* ауысулары жұту ауысуларынан артық болады. Оптикалық күшейтудің шамасы тек толтырудың қарқындылығына ғана емес, т.б. факторларға: сәуле шығару рекомбинациясының (жаңа реттілікпен орналасу) ықтималдығына, сәуленің ішкі кванттық шығымына, температураға байланысты. Лазерлік материалдар ретінде тікелей зоналық жартылайөткізгіштер (мысалы, GaAs, CdS, PdS) пайдаланылады, бұлардың сәуле шығарғыштығы 100%-ға дейін жетеді. Тікелей зоналық емес жартылай өткізгіштер (Ge, Si) арқылы жартылай өткізгіштік лазер жасау әзірше мүмкін болмауда.

ЖАРТЫЛАЙӨТКІЗГІШ МАТЕРИАЛДАР – температураның кең алқапты аралығында, оның ішінде бөлме температурасында ($T \sim 300$ К) жартылайөткізгіштік қасиеттері айқын білінетін, жартылайөткізгіштік аспаптар жасауға қолданылатын заттардың жиынтығы. Барлық жартылайөткізгіштік материалдар бірнеше топқа жіктеледі: 1. Қарапайым материалдар: Ge, Si (және бұлардың қатты ерітінділері), көміртегі (алмас және графит), В, қалайы, Те және Se. Ge және Si атомдарында 4 валенттік электрондар болады, олар алмастың кристалдық торына ұқсас кристалдық тор түзеді, мұнда әрбір атомның 4 жақын көрші атомы болады, атом осылардың әрқайсысымен **коваленттік байланыспен** жалғасқан. Ge және Si монокристалдары негізгі жартылай өткізгіштік материал болып табылады. 2. Периодтық жүйенің III және V тобындағы элементтердің қосылысы. Кристалдық торының байланысы коваленттік байланыс сипатында. 3. Периодтық жүйенің II және VI, IV және VI тобындағы кейбір элементтердің қосылыстары, мысалы, ZnS, CdS, CdTe, PbTe. 4. Периодтық жүйенің VI тобының (O, S, Se, Te) I – V тобының кейбір элементтерімен қосылыстары, 5. Периодтық жүйенің II – IV – V тобының кейбір элементтерінің қосылысы, мысалы CdSnAs₂, CdGe, As₂, ZnSnAs₂ т.б. және осылардың негізіндегі ерітінділер.

ЖАРТЫЛАЙ ЫДЫРАУ ПЕРИОДЫ (грекше «периодос – белгілі бір уақыт аралығы») – бастапқы радиоактивті ядролар санының орташа есеппен екі есе кему уақытының аралығы. $t = 0$ уақыт сәтіндегі радиоактивті ядролар (N_0) санының (N) уақыт бойынша кемуі мына заң бойынша анықталады: $N = N_0 e^{-\lambda t}$, мұндағы λ – радиоактивті ыдырау тұрақтысы. $t = 1/\lambda$ шамасы радиоактивті **ядролардың орташа «өмір сүру» уақыты деп аталған**. Жартылай ыдырау периоды $T_{1/2} t$ және λ шамаларымен: $T_{1/2} = t \ln 2 = 0.693 / \lambda$ қатынасымен байланысқан. ^{238}U (уран-238-дің) $T_{1/2} = 4,49 \cdot 10^9$ жылға тең.

ЖАРЫҚ – 1) т а р м а ғ ы н а д а – көзге көрінетін, яғни адам көзі қабылдайтын жиілік аралығындағы электромагниттік сәуле ($7,5 \cdot 10^{14} - 4,0 \cdot 10^{14}$ Гц), бұл вакуумда ~ 400 -ден ~ 760 нм (нанометр) толқын ұзындығына сәйкес келеді. Адамның көзі жоғары қарқындылықты едәуір кең алқаптағы жарықты қабылдай алады. Әртүрлі жиілікті жарық толқындарын көз әртүрлі түс ретінде көреді. **2) к е н м а ғ ы н а д а** – көзге көрінетін сәуледен өзге ультракүлгін (УК) және инфрақызыл (ИК) спектрлер аймағын қамтитын оптикалық сәуленің синонимі.

Сонымен, жарық – электромагниттік тербелістер спектрінің адамның көзі тікелей көретін аймағы. 400 нанометрден (нм-ден) 760 нанометр толқын ұзындығымен сипатталады. Радиотолқындар, жарық, рентген сәулелері, гамма-сәулелері толқын ұзындықтары әртүрлі электромагниттік толқындар болып табылады. Жарық толқындары адамның көзіне әсер етуі бойынша бірнеше топқа ажыратылған. 400 нанометрден 760 нанометрге дейінгі аралықтағы электромагниттік толқындар **к ө р і н е т і н ж а р ы қ с ә у л е л е р і** деп, толқын ұзындығы қысқалары **у л ь т р а к ү л г і н с ә у л е л е р** деп, ал көрінетін сәулелерден толқын ұзындығы артық сәулелер **и н ф р а қ ы з ы л с ә у л е л е р** деп аталған.

Жарық сәулелерінің табиғаты мен оның таралу заңдары туралы қарапайым түсініктер ежелгі грек ғалымдарына да белгілі болған. Ежелгі грек математигі **Евклидтің** (б.з.б. 330 – 275) «Оптика» және «Катоптрика» деген трактаттарында (б.з.б. III ғ.) біртекті ортада жарықтың түзу сызықты таралатыны және шағылысу заңдары баяндалған. Жарықтың сыну заңдарын Клавдий **Птоломей** (100 – 176), кейін неміс астрономы Иоганн **Кеплер** (1571 – 1630) тексерген, бірақ оларды алғаш 1621 жылы голланд физигі Виллеброд **Снеллиус** (1580 – 1626) қорытқан. XVII ғасырдың соңында жарықтың табиғаты жайында екі түрлі ғылыми теория пайда болды. Олардың бірі жарықтың **к о р п у с к у л а л ы қ** теориясы, екіншісі – жарықтың **т о л қ ы н д ы қ** теориясы. Жарықтың корпускулалық теориясын ағылшын физигі

Исаак **Ньютон** (1643 – 1727) ұсынды. Соңғы теория бойынша жарық дегеніміз – жарық көзінен таралып жатқан ерекше ұсақ түйіршіктердің (корпускулалардың) ағыны. Корпускулалық теория жарықтың түзусызықпен таралу, шағылысу және сыну заңдарынан басқа көптеген жарық құбылыстарын (дисперсия, полярлану, интерференция т.б.) толық түсіндіре алмады. 1678 жылы голланд физигі Христиан **Гюйгенс** (1629 – 1695) бірқатар дыбыс құбылыстары мен жарық құбылыстарын салыстыра отырып, **жарықтың толқындық теориясын** ұсынды. Толқындық теория бойынша жарық дегеніміз – жарық таситын ерекше серпімді ортаның (Э л е м д і к э ф и р) тербелмелі қозғалысы болды. XVII – XVIII ғасыр бойы жарықтың табиғаты жайындағы осы екі теория арасындағы пікір таластары тоқталмады. XIX ғасырдың бас кезінен бастап толқындық теория үстем бола бастады. Бұл жөнінде ағылшын физигі Томас **Юнг** (1773 – 1829) пен француз физигі Огюстен **Френельдің** (1788 – 1827) зерттеулерінің маңызы зор болды. XIX ғасырдың 60-жылдары ағылшын физигі Джеймс **Максвелл** (1831 – 1879) электрмагниттік құбылыстардың теориясын дамыта келіп, **жарық дегеніміз электрмагниттік толқындардың дербес түрі** деген қорытынды жасады. Оның дұрыстығын неміс физигі Генрих **Герц** (1857 – 1894) пен орыс физигі Александр **Попов** (1859 – 1906) ғылыми тәжірибе жүзінде толық дәлелдеді. Алайда жарықтың электрмагниттік теориясы жарықтың таралуына қатысты көптеген мәселелерді дұрыс түсіндіргенімен, зат пен жарықтың өзара әсерлесуіне жататын *фотозффект, люминесценция, абсолют қара дененің сәуле шығаруы* сияқты құбылыстарды түсіндіре алмады. Э н е р г и я к в а н т ы жөніндегі ұғымды енгізе отырып, 1900 жылы неміс физигі Макс **Планк** (1858 – 1947) **абсолют қара дене мәселесін шешті**. Квант теориясы бой-



ынша заттың сәуле түрінде энергия шығаруы мен жұтуы – ү з д і к т і үрдіс. Зат жарық сәулесін энергияның белгілі мөлшері – **кванттар** түрінде шығарады. **Жарықтың кванттық теориясын** ілгері дамытқандар Альберт **Эйнштейн** (1879 – 1955) мен дат физигі Нильс **Бор** (1885 – 1962), ал кеңес физиктері Сергей **Вавилов** (1891 – 1951) пен Абрам **Иоффе** (1880 – 1960) болды.

Жарықтың кванттары ф о т о н деп аталған. Осы ғылыми атауды 1929 жылы американ физик-химигі Гилберт **Льюис** (1875 – 1946) енгізген. Фото-эффект, люминесценция, *Комптон эффектісі* сияқты кванттық оптикаға

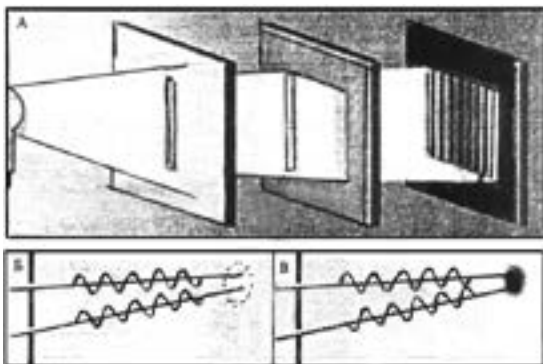
тән құбылыстар жарықтың фотондық табиғатына қатысты болса, *интерференция, дифракция* тәрізді құбылыстар оның толқындық табиғатын айқындай түседі. Сонымен кәдімгі жарық табиғатының е к і ж а қ т ы қ ұ б ы л ы с е к е н і анықталды. Оның **әрі толқындық, әрі корпускулалық қасиеті бар болып шықты**. Бұл ж а р ы қ т ы ң е к і ж а қ т ы л ы ғ ы деп аталды. Жарықтың осы екі жақтылық қасиеті бір-біріне қайшы келмейді, қайта бірін-бірі толықтырады. Ұзын толқынды жарық сәулелерде жарықтың толқындық қасиеті, ал қысқа толқынды сәулелерде оның кванттық (бөлшектік) қасиеті басым болады.

Ақ жарық – шашыраған күн жарығының түйсігімен үйлесетін қалыпты бей-тарап түс түйсігін тудыратын күрделі спектрлі электромагниттік сәуле.

Сызықтық полярланған жарық – жарық векторы кеңістіктің әрбір нүктесінде өзгермейтін бағыт бойымен тербелетін жарық.

Табиғи жарық – жазықтық полярлануы мүмкін бағыттардың барлығында, осындай кез келген жазықтықтағы когерентті емес жарық толқындарының тербелістерінің қарқындылығы бірдей болатын жиынтығы.

ЖАРЫҚ АҒЫНЫ – сәуле ағынын бағалайтын сәулелік шама, яғни жарық сезу түйсігін тудыратын оптикалық сәуле қуаты. Егер жарық көзінен шыққан жарық айналаға бірдей таралса, онда жарық ағыны мына формула бойынша анықталады: $\Phi = W/t$, мұндағы W – сәулелік энергия мөлшері, t – уақыт. Кез келген жарық көзінің



Жарықтың толқындық табиғатын жарықтың жіңішке шоғын екі саңылау (А) арқылы өткізіп көрнекі түрде көрсетуге болады. Саңылаулар арқылы өткен екі сәуле экранға түскенде интерференциялық сурет шығарады. Толқындардың екі дөңес немесе екі ойыс өркеші түйіскен тұстарда (Б) жарық дақ, ал дөңес өркештер мен ойыс өркештер түйіскен тұста (толқындар бірін-бірі жойып) күңгірт дақ (В) байқалатын болады.

уақыт бірлігінде айналаға таралатын сәулелік энергиясының мөлшері осы жарық көзінің толық жарық ағыны делінеді. Жарық ағынының Халықаралық бірліктер жүйесіндегі өлшеу бірлігі – люмен (лм).

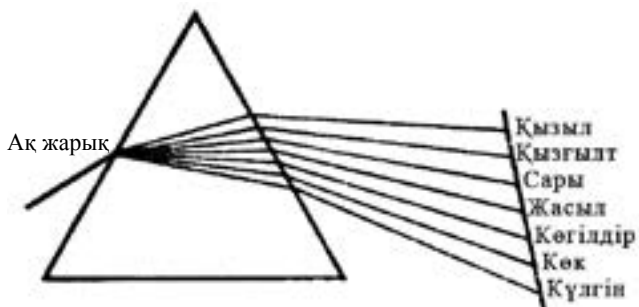
ЖАРЫҚ АЖЫРАТҚЫШ – жарық көзінен түскен жарықты өзінен өтетін және шағылысқан жарыққа бөліп ажыратуға арналған **жартылай мөлдір оптикалық айна**.

ЖАРЫҚ ДИОДЫ (грекше «ди – екі рет» + «ходос – жол»), **жарық шығарғыш диод** – электрондық-кемтік ағысулы немесе гетероағысулы не металл – жартылай өткізгіштік жанаспалы жартылай өткізгіш кристалда жүзеге асатын **инжекциялық электр люминесценциялық құбылыс негізінде электр энергиясын оптикалық сәуле энергиясына түрлендіретін жартылай өткізгіш аспап**. Жарық диодында тұрақты немесе айнымалы ток өтетін кезде осы ағысуға іргелес ағысу аймағына (жанаспаға) артық ток тасушы – электрондар мен кемтіктер инжекцияланады; бұлардың *рекомбинациясы* оптикалық сәуле шығарумен қабаттаса өтеді.

ЖАРЫҚ ДИСПЕРСИЯСЫ (латынша «дисперсио – шашырату») – заттың сыну көрсеткішінің (n) жарық толқынының жиілігіне (ν) [не толқын ұзындығына (λ)] тәуелділігі; жарық толқындарының фазалық жылдамдығының оның жиілігіне тәуелділігі. **Жарық дисперсиясының салдарынан ақ жарықтың призма арқылы өтуі кезінде спектрлерге жіктеледі**. Осы спектрді зерттеу арқылы 1672 жылы ағылшын физигі Исаак **Ньютон** (1643–1727) жарық дисперсиясын ашқан. Спектрдің берілген аймағы үшін мөлдір денелерде жарық толқындарының жиілігі (ν) артқанда (λ кемігенде), сыну көрсеткіші n де артады, n -нің λ -ге тәуелділігі байқалатын құбылыс қалыпты жарық дисперсиясы деп аталған.

Әртүрлі жиілікпен таралатын жарық толқындары белгілі бір ортада (зат ішінде) түрліше фазалық жылдамдықпен тарайды. Призмадан немесе басқа бір мөлдір денеден өткен жіңішке ақ жарық шоғы түрлі түсті спектрге жіктеледі. Жеті түстен құралған бұл спектрдің ең көбірек ауытқитыны және ең қысқа толқындары (жиілігі үлкені) – күлгін сәуле, ал ең аз ауытқитыны және ең ұзын толқындары – қызыл сәуле.

Классикалық түсінік бойынша атомдардың немесе молекулалардың электрондары жарық толқындарының электр өрісінің әсерінен келіп түсетін толқындардың жиілігіне тең



Призма арқылы ақ жарықты түрлі түстерге жіктеу

жиілікпен е р і к с і з т е р б е л е д і. Жарық толқынының жиілігі электрондардың өздік тербелісінің жиілігіне жақындаған кезде жарықтың жұтылуы себепші болатын р е з о н а н с құбылысы пайда болады. Тербелістердің өздік жиіліктерінің болуы сыну көрсеткішінің (n) жиілікке (ν) тәуелділігіне әкеп соғады, осы тәуелділік жарық дисперсиясының бүкіл үрдісін көрсетеді. Кванттық теория негізінен классикалық түсінікті қолдады. Кванттық теория қоздырылған күйлердегі атомдар санының едәуір артық болатын жағдайларындағы жарық дисперсиясын түсіндірді.

Аномалді жарық дисперсия – жарықтың толқын ұзындығының кемуіне байланысты заттың сыну көрсеткішінің кемуі.

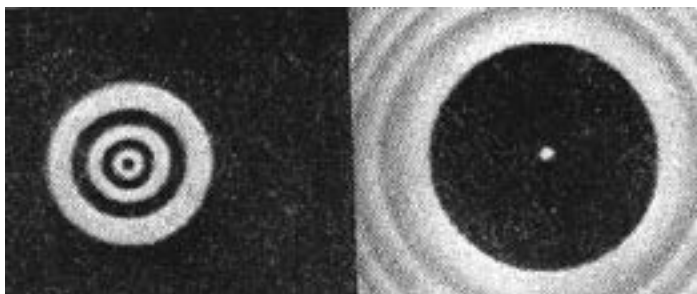
Дыбыс дисперсиясы – синусоидалы дыбыс толқындарының фазалық жылдамдығының толқындар жиілігіне тәуелділігі.

Толқындар дисперсиясы – синусоидалы толқындардың фазалық жылдамдығының толқындар жиілігіне тәуелділігі.

ЖАРЫҚ ДИФРАКЦИЯСЫ (латынша «дифрактус – сынған») – т а р м а ғ ы н а д а (көп қолданылатын) – жарық сәуленің мөлдір емес дене нобайын (контурын) орап өту құбылысы, сол себепті жарықтың геометриялық көлеңке аймағына енуі; к е ң м а ғ ы н а д а – геометриялық оптика түсініктерін қолдануға жақын жағдайларда жарықтың толқындық қасиеттерінің білінуі. Табиғи жағдайларда жарық дифракциясы, әдетте алыста орналасқан жарық көзінен жарықталған зат көлеңкесінің шекарасы жайылып кеткендей бұлыңғырланып байқалады. Кеңістіктік аймақтарда сәуле ағындарының тығыздығы едәуір өзгеретіндіктен жарық дифракциясының көрінісі бір-біріне қарама-қарсы айқын байқалатын болады.

Жарық дифракциясының алғашқы қарапайым мөлшерлік теориясын 1816 жылы француз физигі Огюстен **Френель** (1788 – 1827) тұжырымдаған, оны екінші

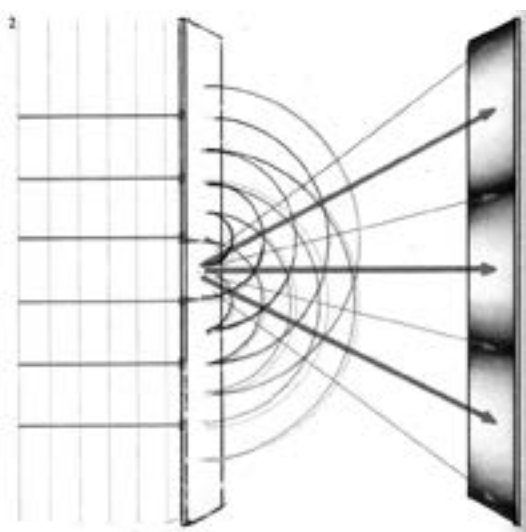
ретті толқындардың *интерференциясы* ретінде түсіндірген (*Гюгенс – Френель принципі*). Осы теорияның әдісінің кемшілігі бола тұрса да бағалау, есеп-қисаптарда маңызын жойған жоқ. Экранға түсетін толқындар шебі **Френель зоналарына**



1-сурет. Жарықтың саңылаудан және қалқадан пайда болатын дифракциялық сақиналары: сол жақта – дөңгелек саңылаудан өткен кезде пайда болатын (жұп санды зона сиятын саңылауда); оң жақта – дөңгелек қалқадан өткен кезде пайда болатын дифракциялық сақиналар

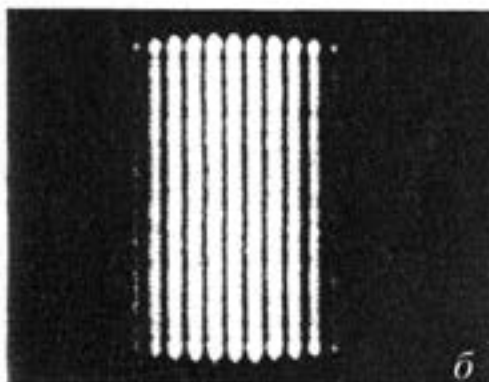
ажыратылады. Екінші ретті жарық толқындары экранда көрінбейді және бақылау нүктесіндегі жарық өрісі бүкіл үлестердің қосындысымен анықталады. Егер экрандағы саңылау (тесік) толқын ұзындығының жұп саны болатындай ашық қалдырылса, онда дифракциялық суреттің ортасында дөңгелек күңгірт дақ, ал зоналар саны толқын ұзындығының тақ санындай болған кезде әлгі саңылау – дөңгелек жарық дақ болып көрінеді. Онша көп емес Френель зонасы жауып тұрған экранның көлеңкесінің ортасында дөңгелек жарық дақ пайда болады (1-сурет). Бақылау нүктесінде зоналардың жарық жиегіндегі үлесі зоналардың аудандарына пропорционал және зона нөмірі артқанда баяу кемитін болады. Көрші зоналар қарама-қарсы таңбалы үлес қосады, себебі бұлар шығаратын толқындардың фазасы қарама-қарсы болады.

Дифракция пайда болатын денелердің өлшемдері мен Френель зонасының шамаларының арасындағы қатынастарға тәуелді түрде жарық дифракциясы Френель дифракциясы және Фраунгофер дифракциясы делінген екі түрге ажыратылған. Френель әдісі саңылаудың өлшемі Френель зонасының өлшемімен қарайлас болғанда эффектілі болады. Осы жағдайда саңылаудағы сфералық толқындар бөлшектенетін зоналар саны аз болғанда жарық дифракциясының суретін анықтайды. Егер экрандағы саңылау Френель зонасынан кіші болса (Фраунгофер дифракциясы), бақылаушы және жарық көзі экраннан қашық орналасса, толқын шебінің қисықтығын елемей, оны жазық деп есептеуге болады. Саңылау параллел монохроматты сәуле шоғымен жарықталғанда экранда бірқатар күңгірт және жарық жолақтар пайда болады. Егер жарық саңылау жазықтығына перпендикуляр түсетін болса, жолақтар жолақ ортасына қатысты симметриялы орналасатын болады (2-сурет).



Жарық толқыны заттың шетін (жиегін) орап өткенде дифракция пайда болады. Әдетте бұл эффект өте әлсіз байқалады. Бірақ, егер жарық толқынының ұзындығы (көрінетін жарық үшін жуық шамамен 0,000055 см) жарық өтетін саңылаудың өлшемімен қарайлас болса, онда дифракция бақыланарлықтай шамада көрінетін болады. Жарық толқындары саңылаудың шетінен (жиегінен) жарық көзінен шығатындай таралатын болады, оған қоса экранда жарық және күңгірт жолақтар алмасқан сурет пайда болады.

Дифракция жарыққа ғана тән емес, басқа да толқындық үрдістерде де байқалады. Механикалық толқындар



2-сурет. Саңылаудағы Фраунгофер дифракциясы

жолында кездескен тосқауылды орап таралып кетеді. Жарық дифракциясы кезінде жарықтың түзу сызық бойымен таралу заңы, яғни геометриялық оптиканың негізгі заңдары бұзылады. Жарық толқындарының ұзындығы өте кіші болғандықтан, жарық дифракциясы қалыпты жағдайда байқалмайды. Жарық дифракциясы – жарықтың толқындық қасиетін дәлелдейтін негізгі құбылыстардың бірі. Бұл құбылысты итальян физигі Франческо Гримальди (1618–1663) ашқан.

а – электронның дифракциясы; б – жарық дифракциясы

Жарық дифракциясының жуық теориясы Гюйгенс – Френель принципіне негізделген.

Жарық дифракциясы нәтижесінде ұзын толқынды сәулелер едәуір, қысқа толқынды сәулелер аз ауытқып бұрылады, яғни күрделі жарық толқындарының ұзындықтары бойынша жіктеледі, яғни дифракциялық спектрлер пайда болады.

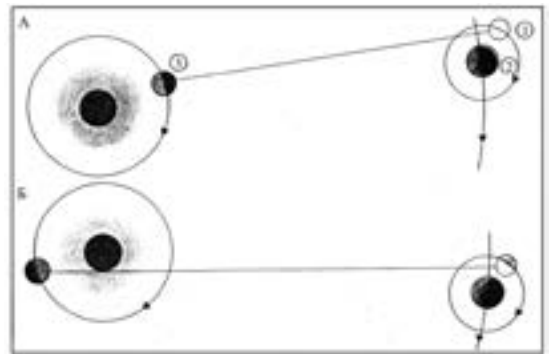
Жарық дифракциясы көшеде жанып тұрған үлкен шамға терлеп тұрған терезенің әйнегі арқылы қараған кезде әлгі шамның айналасынан байқалатын әлсіз түсті дөңгелектер – әйнекке шөккен ұсақ су тамшыларынан жарық өткенде пайда болатын жарық сәуленің дифракциясының нәтижесі болады. Аязды күндері Күн дискісінің айналасынан байқалатын ақшыл түсті дөңгелектер жарықтың ауадағы ұсақ мұз кристалдарынан өткенде пайда болатын дифракциясынан туындайды. Тіптен кей кездері электр шамының жарқыраған қылына көзді жұмыңқырап кірпіктер арасынан қараған кезде де байқалатын түрлі түсті жолақтар – кірпік арқылы пайда болатын дифракциялық құбылыс. Кішкене тосқауыл қалқа арқылы өткен жарық сәуледен үлкен экранда пайда болған дифракциялық суреттің дәл ортасында пайда болатын жарық дақ (дөңгелек пішінді) жарық сәуленің жолында кездескен қалқаны орап өтуі нәтижесінде пайда болатынының дәлелі болмақ. Су айдыны бетінде кішкене саңылау арқылы өткен су толқынында дифракциялық құбылыс байқалады. Саңылаудың ені су толқынының ұзындығының жартысына тең

болған дифракциялық сурет сызбада көрсетілген. Сонымен дифракция дегеніміз тосқауылдарды толқын ұзындығына қарайлас толқындардың орап өту құбылысы болып табылады.

ЖАРЫҚ ДҮМПУІ, жарықтың тебуі – 1) Атомның жарықтық дүмпуі – фотон тарататын (шығаратын) атомның фотонның ұшып шығу бағытына қарама-қарсы бағытталған дүмпу (тебілу) импульсін алатын жарықтың қозғалтқыштық әсері. *Өздік сәуле шығару* кезінде әртүрлі атомдар тобы кез келген бағыттан дүмпу импульстерін алады; *еріксіз сәуле шығару* кезінде белгілі бір бағыттан ғана дүмпу импульсін алады. 2) Жарық көзінің жарықтық дүмпуі – жарық көзі тарататын (шығаратын) жарық ағынының осы жарық көзі тұтынатын қуатқа қатынасы. Ваттқа шаққандағы люменмен өлшенеді (лм/Вт); жарық көздерінің үнемділігінің сипаттамасы болады; жалпы мақсаттағы қыздыру шамдарының жарықтық дүмпуі 8 – 20 лм/Вт, люминесценциялы шамдардікі – 90 лм/Вт-қа дейін, металгалогендік және натрийлік шамдарда – 130 лм/Вт-қа дейін жетеді.

ЖАРЫҚ ЖЫЛДАМДЫҒЫ, бос кеңістіктегі (вакуумдағы) c – кез келген электрмагниттік толқындардың (оның ішінде жарық толқындары да бар) таралу шапшаңдығы; физикалық іргелі тұрақты шамалардың бірі; кез келген физикалық ықпалдардың шектік жылдамдығы болып табылады және санақ жүйесінің біреуінен екіншісіне ауысқанда инвариантты (өзгермейтін) болады. c (**жылдамдық**) **шамасы материалдық дененің массасы мен толық энергиясын байланыстырады**; санақ жүйесі өзгерген (**Лоренц түрлендірілулері**) кезде координаттарды, жылдамдықтарды және уақытты түрлендіру жарық жылдамдығы арқылы өрнектеледі; жарық жылдамдығы өзгедей көптеген қатынастарға енген. Ортадағы жарық жылдамдығы c' ортаның сыну көрсеткішіне (n) тәуелді, бұл көрсеткіш әртүрлі жиілік (ν) сәуле үшін: $c'(\nu) = c/n(\nu)$.

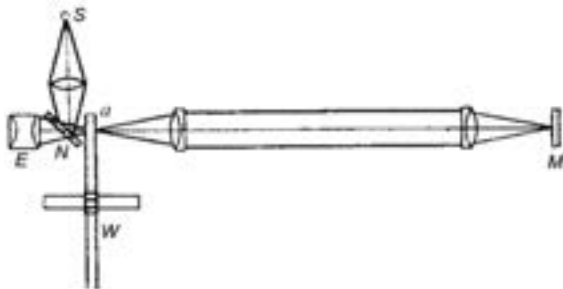
Егер сөз монохроматтық емес жарық үшін болса (вакуумдағы жарық жылдамдығы үшін осы екі шама үйлеседі), онда осы тәуелділік ортадағы топтық жылдамдықтың фазалық жылдамдықтан өзгешелігі болатынын



О.Ремер Юпитер серігінің (1) тұтылуын (2) қалыпта байқаған. Жер (3) және Юпитер Күнге қатысты оның бір жағында орналасқанда Юпитер серігінен (1) келетін жарық әлгі Юпитер мен Жер Күнге қатысты оның екі жағында (Б) орналасқан кездегіден тез жететіндігін анықтаған. Осы жағдайлардағы арақашықтықтарды және уақыт аралығын өлшей отырып Ремер жарық жылдамдығын есептеп тапқан.

аңғартады. Тәжірибе жүзінде c' анықтаған кезде жарықтың топтық жылдамдығы немесе сигналдың жылдамдығы немесе энергияның таратылу жылдамдығы өлшенеді.

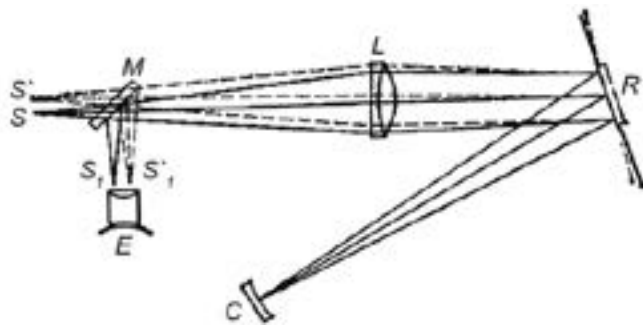
Жарық жылдамдығын алғаш рет 1676 жылы дат астрономы Оле Рёмер (1644 – 1710) Юпитер ғаламшарының серіктерінің тұтылу уақыттарының аралығын өлшеу бойынша анықтаған. 1728 жылы ағылшын астрономы Джеймс Брэдлей (1693 – 1762) жұлдыздар жарығының *абберациясын* бақылау негізінде жарық жылдамдығын анықтаған.



1-сызба. Физо әдісі бойынша жарық жылдамдығын анықтау.

Жер жағдайында жарық жылдамдығын дәл анықталған қашықтықты (базаны) жарықтың өту уақыты бойынша алғаш рет 1849 жылы өлшеген француз физигі Арман Физо (1819 – 1896) болды. А.Физоның тәжірибесінде жарық көзінен шыққан (S) жарық шоғы жартылай мөлдір айнадан (N) шағылысып, айналып тұрған тісті дискі (W) арқылы ауық-ауық үзіліп тұрған, ара қашықтығы ~ 8 км MN базаның M нүктесінде орнатылған айнадан шағылысып әлгі тісті дискіге қайтып оралған (1-сызба). Жарық дискінің тісіне түскен кезде бөгіліп бақылаушыға жетпей қалатын болған. Жарық дискі тістерінің екі аралығына түскенде оны бақылаушы окуляр (E) арқылы көретін болған. Дискінің айналу жылдамдығы белгілі болғандықтан жарықтың база аралығынан өту уақыты анықталған. Физо өз тәжірибесінің нәтижесінде жарық жылдамдығы үшін $c = 313300$ км/сек мәнін анықтаған. 1862 жылы француз физигі Жан Фуко (1819 – 1868) өзінің отандасы ғалым Доминик Арагоның (1786–1853) идеясы бойынша тісті дискінің орнына тез айналатын (1 секундта 512 айналыс) айна пайдаланылған тәжірибені жүзеге асырған (2-сызба). Айнадан (R) шағылған жарық шоғы базаға қарай бағытталған және одан қайтып келген жарық шоғы қайтадан белгілі бір аз бұрышқа бұрылып үлгерген әлгі айнаға түскен. База 20 м болғанның өзінде Фуко жарық жылдамдығының 298000 ± 500 км/сек-қа тең мәнін тапқан. Физо мен Фуконың тәжірибелерінің негізгі идеялары мен сұлбалары кейінгі кезде жасалған көптеген тәжірибелерге негіз болған. 1926 жылы америка физигі Альберт Майкельсонның (1852 – 1931) жасаған тәжірибесінде жарық жылдамдығы $c = 299796 \pm 4$ км/сек мәнге тең болған. А.Майкельсонның тәжірибесі Калифорниядағы тау шыңдары Вильсон мен Антонио аралығында (ара қашықтығы 35,4 км) жүзеге асырылған. Тәжірибе жасалған қондырғының сұлбасы сызбада көрсетілген. Антонио шыңында D ойыс айна, ал Вильсон шыңында ойыс

айна (B) және сегіз қырлы айна (A) және жарық көзі (S) орналасқан. Жарықтың жолдары сызбада көрсетілген. Сәуле D айнадан екі рет шағылысып B айнаға, одан соң жазық айналар i мен k -ға және сегізқырлы A айнаның l қырына түседі.



2-сызба. Айналмалы айна әдісімен (Фуко әдісімен) жарық жылдамдығын анықтау: S – жарық көзі; R – шапшаң айналатын айна; C – қисықтық ортасы R -дің айналу өсімен үйлесетін қозғалмайтын ойыс айна; M – жартылай мөлдір айна; L – объектив; E – оқуляр; RC – дәл өлшенген арақашықтық. Үзік сызықпен R -дің жарықтың RC жолын жүріп өтетін және кері бағытта өтетін уақыттағы өзгертін жолы көрсетілген. L объектив шағылған шоқты S' нүктесіне жинақтайды. Жарық жылдамдығы SS' ығысуын өлшеу арқылы анықталады.

XIX ғасырда жарық жылдамдығын анықтаудың физикада маңызы зор болды, ол жарықтың толқындық теориясын қосымша түрде растады, сонымен қатар оптиканың электр-магне-

тизммен байланысы орнықтырылды. Жарық жылдамдығының анықталған жылдамдығы электромагниттік толқындардың өлшенген мәндерімен үйлесуі ағылшын физигі Джеймс Максвеллдің (1831–1879) жарықтың электромагниттік теориясын жасау кезінде бастама көз ретінде пайдаланылған.

1972 жылы америка ғалымы К.Ивенсон жиіліктік цезийлік стандарты бойынша CH_4 – лазерінің сәулесінің жиілігін 11 таңбалық дәлдікпен анықтаған. Оның есептеп тапқан жарық жылдамдығы $c = 299792456,2 + 0,2$ м/сек-қа тең болған. 1973 жылы Халықаралық комитеттің Бас ассамблеясы ғылым мен техника үшін жарықтың вакуумдағы жылдамдығын $299792458 \pm 1,2$ м/сек-қа тең деп белгілеген.

ЖАРЫҚ ЖЫЛЫ – жарықтың бір жылда, яғни 365, 246 тәулікте таралып жететін жолына тең қашықтық өлшемі. Жарық жылы $9,46 \cdot 10^{15}$ м, немесе 0,307 парсекке тең. Күннен Галактиканың ортасына дейінгі қашықтық жуық шамамен 30 мың жарық жылына тең; Біздің Галактикамыздың диаметрі – 100 мың жарық жылынан артық. 1 жарық жылы = 63277 астрономиялық бірлік (а.б.) = 0,3068 парсек = $9,4605 \cdot 10^{12}$ км = $9,4605 \cdot 10^{15}$ м.

ЖАРЫҚ ИНТЕРФЕРЕНЦИЯСЫ (латынша «интер – өзара» + «феррио – сығамын») – екі немесе бірнеше жарық толқындарының қабаттасулары кезінде жарық сәуле энергиясының кеңістіктік қайта үлестірілуі; толқындар интерференциясының дербес жағдайы. XVII ғасырда ағылшын физигі Исаак Ньютон (1643 – 1727) да жарықтың кейбір интерференциялық құбылысын бақылаған,

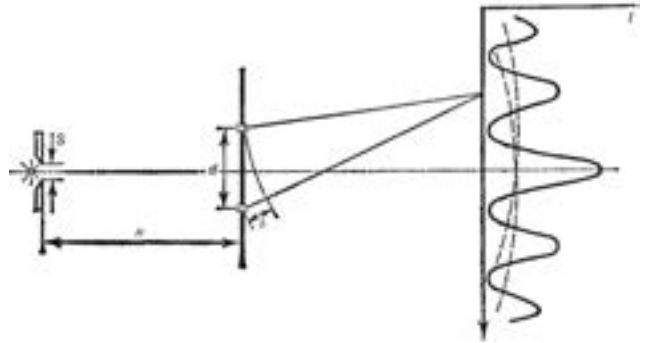
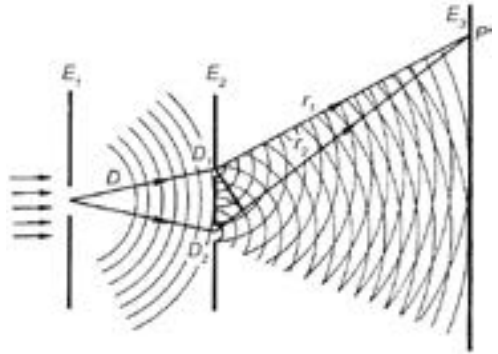
бірақ оның корпускулалық теориясы бұл құбылысты түсіндіре алмаған. Жарық интерференциясының дұрыс түсіндірмесін толқындық құбылыс ретінде XIX ғасырдың басында француз физигі Огюстен **Френель** (1788 – 1827) және ағылшын физигі Томас **Юнг** (1773 – 1829) тұжырымдады. Тұрақты (уақыт бойынша тұрақты) интерференциялық кескін-сурет – жарықтың қарқындылығы артатын және кемитін тұрақты түрде қайталанбалы аймақтар (мысалы, Ньютон сақиналары) сипатталатын жарық интерференциясы байқалады. Осы құбылыстарды қатаң түсіндіру жарықтың толқындық және корпускулалық қасиеттерін ескеруді қажет етеді және де оның жауабы кванттық электрдинамика негізінде беріледі.

Тұрақты жарық интерференциясы толқындардың қабаттасуы кезінде фазалардың тұрақты айырымы болуынан пайда болады. *Лазерлер* пайда болғанға дейінгі уақытта жарықтың когерентті шоқтары бір ғана жарық көзінен таралған сәулені екіге ажырату арқылы (мысалы, Ф р е н е л ь а й н а с ы) шығарылып келді. Когеренттіліктің талап етілуі жарық көзінің бұрыштық өлшемдеріне және сәуле спектрінің еніне шектеу қойды. Мысалы, **Юнгтің** тәжірибесінде сызықтық өлшемі кішкене сәуле таратушы бет (S) жіңішке екі саңылауды жарықтайды (1-сызба), когеренттілік $S \leq \lambda R/d$ шартымен қамтамасыз етілген, мұндағы λ – жарық толқынының орташа ұзындығы, R – жарық көзінен саңылаулы экранға дейінгі ара қашықтық, d – саңылаулар арасының қашықтығы. Когеренттілік интерференцияланушы сәулелер жүрістерінің айырымына (δ) да тәуелді, бұл айырым жарық толқындарының ұзындығымен өрнектеледі, осы айырым интерференцияның **реті** деп аталған. Когеренттілік (δ) артқанда онымен бірге интерференциялық кескін-суреттің карама-қарсы түстілігінің (контрастылығы) айқындығы спектр мен жүріс айырымы ($\Delta\lambda$) кең болған сайын кеми түседі. Интерференциялық кескін-суреттің көрінерлік кезіндегі жүріс айырымы $(\Delta\lambda)^{-1}$ реттілікті болады.

Ақ жарықта интерференциялық кескін-сурет ең төменгі реттілікті ($1 - 2=$) болады, сонымен бірге боялған түсті болады, интерференциялық кескін-суреттің максимумдары мен минимумдары толқын ұзындығына (λ) тәуелді. Интерференциялық кескін-суреттің жіңішке спектрлік сызықтарының реттілігі $10^5 - 10^6$ -не дейін жетеді, бұл бірнеше сантиметр жүріс айырымына сәйкес келеді. Монохроматтылығы жоғары лазерлік жарық көздері үшін мүмкін болатын жүріс айырымы мыңдаған километрге жетеді.

Когеренттілікке байланысты шектеулер нақты жарық көзінен пайда болатын интерференциялық кескін-суреттердің қабаттасуын қарастыру арқылы түсінікті болмақ. Үлкен өлшемді жарық көзі кезінде қосындылық интерференциялық кескін-сурет айқын болмай бұлдырланып (жайылып) көрінетін болады. Интерференциялық

кескін-суреттер екі сәулелік және көп сәулелік болып ажыратылады. Алғашқы жағдайда жарық интерференциялық кескін-суреттің әрбір нүктесіне ортақ жарық көзінен екі жолмен келеді (сызбадағыдай), бұған қосымша интерференциялық кескін-суреттегі қарқындылықтың үлестірілуі гармониялық функция болады. Көп сәулелік интерференциялық кескін-сурет бастапқы толқындық шепті көптеген рет шағылыстыру арқылы ажыратылып алынған көптеген когерентті толқындардың қабатталуларынан (мысалы, Фабри-Перо интерферометрімен) не көп бөлікті периодты құрылымдардағы дифракциялардан пайда болады. Көп сәулелік жарық интерференциясы кезінде



1-сызба. Юнг тәжірибесінің сызбасы мен сұлбасы. Оң жақтағы тұтас сызық экрандағы қарқындылықты көрсетеді, үзік-үзік сызық экранның жарықталынуын білдіреді.

интерференциялық кескін-суреттің қарқындылығы (δ) гармониялық функция болмайды. Көп сәулелік жарық интерференциясы кезіндегі интерференциялық кескін-суреттің қарқындылығының қатаң тәуелділігі спектрлік аспаптарда кеңінен пайдаланылады.

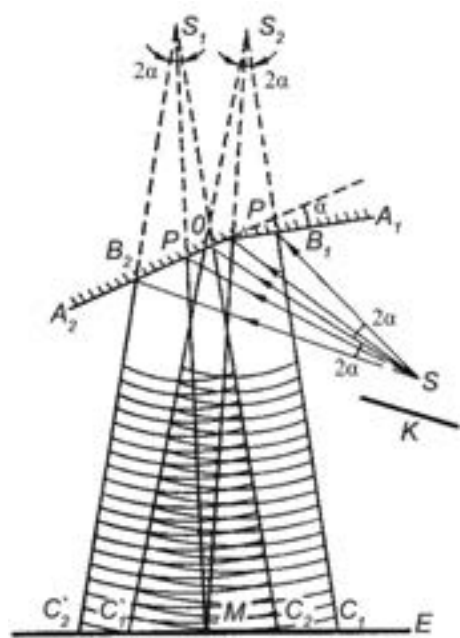
Табиғи жағдайда көрінетін жарық интерференциясы жұқа пленкалардың түрлі түске боялуы (су бетіндегі майлы пленка, сабын көпіршіктері, металл беттеріндегі тотықтар) болып табылады, бұл құбылыс екі беттік пленкадан шағылысқан жарықтың интерференциясынан пайда болады. Қалыңдығы айнымалы жұқа пленкаларды созылыңқылы жарық көзімен жарықтаған кезде пленканың бетінде интерференциялық кескін-сурет бір орында шектелетін болады, сонымен бірге осы интерференциялық жолақ пленканың белгілі бір қалыңдығына сәйкес келеді (бірдей қалыңдықты пленка). Ақ жарықта жолақ боялған болады. Қалыңдығы тұрақты жұқа пленкаларда (λ -дің үлестеріне дейінгі дәлдіктегі) оған бірдей бұрышпен түсетін сәулелердің жүріс айырымы бірдей болады және интерференциялық жолақ бірдей көлбеулікті жолақ деп аталған. Бұлар

шексіздікте шектелген және де оларды линзаның фокустық (тоғысу) жазықтығында бақылауға болады.

Жарық интерференциясына жарықтық «соғуы» да жатады, бұл құбылыс жарық өрістерінің әртүрлі жиіліктерінің қабаттасуынан пайда болады. Бұл жағдайда кеңістікте қума интерференциялық кескін-сурет пайда болады. Жарық қарқындылығы берілген нүктеде интерференцияланатын толқындардың жиіліктерінің айырымына тең жиілікпен өзгереді. Жарықтың «соғуы» интерференцияланатын сәулелердің уақыт бойынша өзгеруі кезінде жарық интерференциясының әдеттегі сұлбасы бойынша пайда болады. Жарықтың тәуелсіз көздерінің сәулелеріндегі жарықтың соғуын байқау тек лазерлік көздер үшін ғана мүмкін.

S-тен шыққан сәулелер E экранға тіке түспес үшін K қалқа қойылған. S₁ мен S₂ – бастапқы жарық көзінің жорымал кескіндері. Жазық айналардан шағылысқан жарық шоқтарын осы S₁ және S₂ жорымал кескіндерден шыққан деп қарастыруға болады. Бұлар когерентті жарық шоқтары (толқындары) болып есептеледі және берілген нүктеге әр түрлі жол жүріп жеткен. Сондықтан да осы толқындар тоғысқан (қосылған) алқапта (C₂ C₁MC₂C₁) интерференциялық кескін-сурет байқалады. Интерференциялық бейненің кескін-суреттің ортасы (M нүктесінде) жарық, ал оның екі жағында күңгірт қара және жарық жолақтар алма-кезек ауыса орналасқан. Т.Юнгтің тәжірибесінде (3-сызба) жарықтың параллель шоғы кішкене саңылауы бар E₁ экраннан өткен соң, екі саңылаулы (D₁ және D₂) экранға (E₂) түседі. Осы екі саңылаудан өткен жарық шоқтарының қабаттасуы нәтижесінде E₃ экранда интерференциялық кескін-сурет пайда болады. Бұл тәжірибелерде жарық интерференциясы жарық көзінің бір нүктесінен шыққан толқындардың қабаттасуы кезінде ғана байқалады. Жарық көзінің әр түрлі нүктелерінен таралған толқындардың қабаттасуы нәтижесінде пайда болған интерференциялық кескін-суреттердің айқындылығы көмескіленеді; шекаралары айқын бөлінбей бір-бірінің үстіне қабаттаса орналасады.

Жарық интерференциясы р е ф р а к т м е т р и я д а (ортаның сыну көрсеткішін



2-сызба. Френель тәжірибесінің сұлбасы

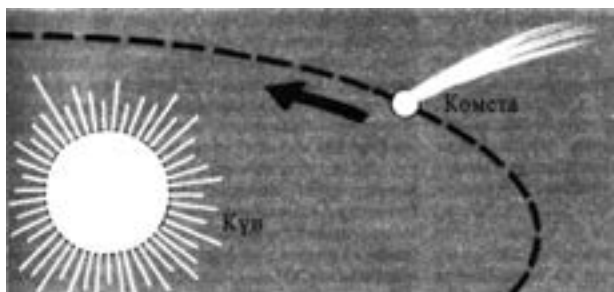
өлшеуде) арақашықтықты және бұрыштарды дәл өлшеу үшін спектрлік талдауда, жарық сүзгілерін, айналарды жасауда; *голография* жарық интерференциясы құбылысына негізделген. Полярланған сәулелердің интерференциясы жарық интерференциясының маңызды жағдайы болып табылады.

ЖАРЫҚ КВАНТЫ (латынша «куантум – қанша») – электрмагниттік сәуленің кванты – *фотон* деген ұғыммен мағыналас атау.

ЖАРЫҚ КҮШІ – жарық шамаларының көзге көрінетін сәуле таратушы көздің жарқырауын сипаттайтын шамалардың бірі. Қарапайым денелік бұрыштың ішіндегі жарық көзінен таралатын жарық ағынының осы денелік бұрышқа қатынасына тең. Жарық күші Халықаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ-де) бірлігі – **к а н д е л а** (кд).

ЖАРЫҚ ҚЫСЫМЫ – жарықтың оны шағылдырушы және жұтушы денелерге, бөлшектерге, сонымен қатар жеке молекулаларға және атомдарға әсер ететін қысымы, жарықтың пондермоторлы (латынша «пондус – салмақ, ауырлық») және «мотор – қозғалтатын») әсерінің дербес жағдайы. Жарық қысымы туралы алғашқы болжамды 1619 жылы неміс астрономы Иоганн **Кеплер** (1571 – 1630) Күннің маңайынан ұшып өтетін кометалардың құйрықтарының Күннен тысқары қарай бағытталуын түсіндіру үшін айтқан болатын. 1873 жылы ағылшын физигі Джеймс **Максвелл** (1831 – 1879) электрмагниттік теорияға сүйеніп жарық қысымының шамасын алдын ала болжап айтқан. Максвелл тіптен күшті жарық көздері (Күннің, электр доғасының) үшін бұл қысым шамасының өте аз болатынын ескерткен. Жер жағдайында жарық қысымы өзгедей құбылыстармен (конвекциялық токпен, радиометриялық күштермен) бүркемеленген. Бұл құбылыстардың жарық қысымынан мыңдаған есе артық болатыны белгілі. Сондықтан жарық қысымының шамасын өлшеу өте қиын іс. Жарық қысымын ғылыми тәжірибе жүзінде алғаш рет 1899 жылы анықтаған орыс физигі Петр **Лебедев** (1866 – 1912) болды. Лебедев жүзеге асырған тәжірибедегі аспаптың негізгі бөлігі – әртүрлі металдар (платина, алюминий, никель) мен слюдадан жасалған диаметрі 5 мм жазық, жеңіл шағын қанаттар болды (1-сызба).

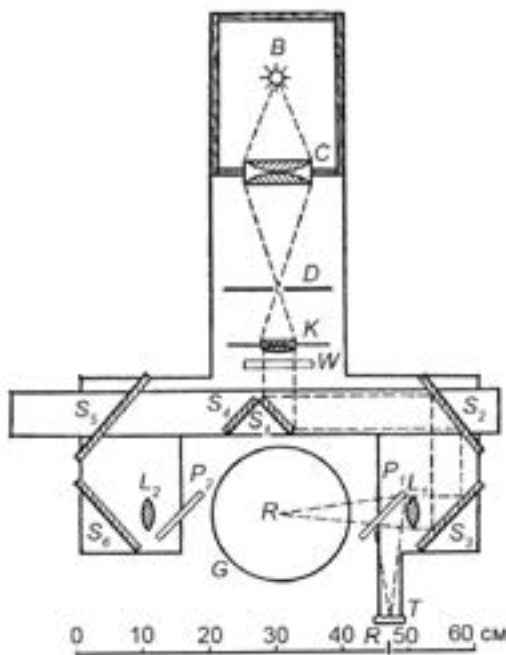
Қанаттар жіңішке әйнек жіпке ілініп, ауасы сорылған әйнек ыдыстың (G) ішіне орналастырылды. Қанаттарға арнаулы оптикалық жүйе (B) арқылы күшті жарық сәулесі түсіріледі. S_1 және S_2 айналарды жылжыту



Жарық қысымынан Комета құйрығының пайда

жарықтың қанаттарға түсу бағытын өзгертуге мүмкіндік берген. Құрылғының жалпы құрылысы мен өлшеу әдісі жарықты шағылдыратын немесе жұтатын қанаттардың жарық қысымын анықтауға кедергі келтіретін радиометрлік күштерді мүмкіндігінше кемітуге мүмкіндік берді, осының нәтижесінде қанаттар бұралып жіпті ширататын (иіретін) болған. 1907 – 10 жылдары Лебедев газдағы жарық қысымын өлшеген, бұл қысым қатты денедегі жарық қысымынан жүз есе аз болған. Лебедевтің кемелдендірілген тәжірибелерінің нәтижелері Максвеллдің есептеп тапқан нәтижелерімен толықтай үйлескен. Осы жайт жарықтың электрмагниттік теориясын растайтын тағы бір дәлелі болды. Осы теория бойынша жазық электрмагниттік толқынның дененің бетіне ықпал (тік бағытта) ететін қысымы дене бетіне түсетін электрмагниттік энергияның тығыздығына тең. Осы энергия денеге түсетін және денеден шағылатын толқындардың энергияларының қосындысынан құралады. Егер дене бетінің 1 см^2 ауданына түсетін электрмагниттік толқынның қуаты Q (эрг/см²·сек), ал шағылу коэффициенті R болса, онда дене бетіне жақын аймақтағы энергияның тығыздығы $u = Q(1+R)/\text{сек}$ -қа тең болады. Дененің бетіндегі жарық қысымы осы шамаға тең болады: $p = Q(1+R)/\text{сек}$ (эрг/см² немесе Дж/м³). Мысалы, Күннің Жерге келетін сәулесінің қуаты $1,4 \cdot 10^6$ эрг/см²·сек немесе $1,4 \cdot 10^3$ Вт/м²; сондықтан абсолют жұтушы бет үшін $p = 4,3 \cdot 10^{-5}$ дин/см = $4,3 \cdot 10^{-6}$ Н/м². Жерге түсетін Күн сәулесінің жалпы қысымы $5 \cdot 10^{13}$ дин ($6 \cdot 10^8$ Н), бұл қысым Күннің тарту күшінен 10^{13} есе аз.

Жарық қысымының болуы сәуле ағынының тек энергиясы (сондықтан массасы да болады) ғана болмайды, оған қоса импульсінің де болатынын көрсетеді. Кванттық теорияның көзқарасы бойынша жарық қысымы – жарықтың жұтылу немесе шағылу үрдісі (процесі) кезінде денеге фотондар импульсін дарытудың (берудің) нәтижесі.



Лебедев тәжірибесінің сұлбасы: B – жарық көзі (көмір доғасы); C – конденсатор; D – металл диафрагма; K – линза; W – жарықсүзгі; S_1 және S_6 – айналар; L_1 және L_2 – линзалар; R – қанаттардағы (D) диафрагмалардың бейнелері (суретте әйнек баллонның (G) ішіндегі қанаттар көрсетілмеген); P_1 және P_2 – әйнек пластинкалар; T – термобатарея; R_1 – диафрагманың (D) термобатарея бетіндегі бейнесі

Жарық қысымы масштабтары біріне-бірі қарама-қарсы екі құбылыста – астрономиялық және атомдық аймақтарда маңызды. Астрофизикада жарық қысымы газдар қысымымен қатар жұлдыздардың орнықтылығын (гравитациялық сығымдау күшіне қарсы әсер етіп қамтамасыз етеді. Атомдық аймақтағы жарық қысымының эффектісіне жарық қысымының өз импульсінің бір бөлігін жоғары энергиялы *фотондарға* (γ -кванттарға) немесе сәуле шығару және жұту үрдістері кезінде кристалл атомдарының ядроларына беру құбылысы жуық келеді (*Мессбауэр эффектi*).

Жарық қысымын жердегі қолданбалық бірқатар мәселелерді шешу үшін пайдалану *лазерлердің* пайда болуынан кейін мүмкін болды. Лазерлік сәулені радиусы толқын ұзындығына жуықтау даққа тоғыстауға (фокустауға) болады. Жарық энергиясының шоғырлануы нәтижесінде жарық қысымының күші ұсақ бөлшектерді (0,1 – 100 мкм) ауада немесе өзге бір ортада ұстап тұруға [оптикалық жеңілдеуге (левитацияға)], тіптен оларды қозғалтуға жеткілікті болады. Бір заттың әртүрлі мөлшері бөлшектері әрқилы жарық қысымына ұшырап әралуан жылдамдықпен қозғалатын болады. Осы қысым күшімен бөлшектерді әртүрлі сыну көрсеткіштері бойынша ажыратып топтауға болады.

ЖАРЫҚ МОДУЛЯЦИЯСЫ, оптикалық сәуле модуляциясы – оптикалық сәуленің тербелістерінің амплитудасының (қарқындылығының), жиілігінің, фазаларының немесе полярлануының уақыт бойынша берілген заңы негізінде өзгерту. Оптикалық сигналдар арқылы ақпарат тарату немесе белгілі бір параметрлі жарық ағындарын тудыру үшін қолданылады. Қандай сипаттаманың өзгертілуіне тәуелді түрде **амплитудалық, фазалық, жиіліктік** немесе **полярланған модуляцияларға** ажыратылады. Сәулені қарапайым таратқыштар (атомдар, иондар) шығарған кезде жарықтың **табиғи модуляциясы** пайда болады; фотондардың осындай сәуле таратқыштарды шығару тәуелсіздігі және осы фотондардың жиіліктерінің әртүрлі болуы сәуленің жиіліктер жиынтығының болуына әкеп соқтырады және амплитуда бойынша ұйытқуларға ұшыратады, яғни **амплитудалық-жиіліктік модуляцияланған** болып табылады. Табиғи жиіліктік жарық модуляциясы молекулаішілік тербелістердегі жарықтың серпімсіз шашырауы (жарықтың комбинациялық (шашырауы) және *конденсацияланған орталардағы* серпімді толқындарда да (**Мандельштам – Бриллюэн шашырауы**) пайда болады. Осы екі жағдайда да шашыраған жарықтың құрамында түскен жарықтың жиілігінен айырмашылығы болатын жиілік те болады.

Оптикалық сәуле көзінің өзінде тікелей пайда болатын жарық модуляциясы – ішкі жарық модуляциясы, ал сәуле параметрлері жарық көзінен шыққан соң **модулятор** арқылы өзгертілетін жарық модуляциясы – **сыртқы жарық мо-**

дуляциясы деп аталған. Жарық модуляциясы жарық ағындарының әркілы орталарда таралуы кезінде өтетін физикалық эффектілер электрооптикалық, магнитооптикалық, серпімдіоптикалық эффектілер негізінде де жүзеге асырылады. По к к е л ь с э ф ф е к т і с і н е негізделген жарық модуляциясы кең таралған. Керр эффектісіне негізделген жарық модуляциясы бар. Магниттік оптикалық эффектілердің арасында көп қолдау тапқаны Фарадей эффектісі болды (мөлдір заттардағы).

Лазерлердің пайда болуы ішкі жарық модуляциясын қарқынды дамытты. Бұл модуляция лазердің параметрлерін өзгерту есебінен когерентті сәулені басқаруға негізделген. Осы жағдай лазердің оптикалық резонатордың ішінде орналастырылған көптеген құрылғылары сыртқы модуляторлар ретінде пайдаланылды.

Жарық модуляторлары техникада және ғылыми зерттеулерде, мысалы, оптикалық байланыста, есептеу техникасында қолданылуда.

ЖАРЫҚ РЕФРАКЦИЯСЫ (латынша «рефрактус – сындырылған»), к е н а ғ ы н а д а – жарықтың сынуы, яғни жарық сәуле өтетін ортаның сыну көрсеткішінің (n) өзгерісі кезіндегі жарық сәуленің таралу бағытының өзгеруі. Көбінесе «жарық рефракциясы» ғылыми атауымен сыну көрсеткіші (n) бір нүктеден екінші нүктеге дейін n біртіндеп (жатық) өзгертін ортадағы оптикалық сәулелерді сипаттау (мұндай орталарда жарық сәуленің траекториясы – бірте-бірте иілетін сызықтар болады), ал «сыну» деген ғылыми атаумен көбінесе әртүрлі сыну көрсеткіші (n) болатын біртекті екі ортаның ажыратылу шекарасындағы сәулелер бағыттарының кенеттен өзгеруін сипаттау үшін пайдаланылады. Атмосфералық оптикада, дәстүрлі көзілдірік оптикасында және көз оптикасында «рефракция» ғылыми атауы пайдаланылады.

ЖАРЫҚ СЕЗГІШТІК – материалдардың жарықтың әсері және соңынан химиялық өңдеу нәтижесінде кескін (бейне) түзу қасиеті.

ЖАРЫҚ СҮЗГІ – өзіне түскен оптикалық сәулелердің спектрлік құрамдарын және энергиясын өзгертуші құрылғы. Жарық сүзгінің әсері спектрлік іріктеушілігі болатын кез келген оптикалық құбылыстарға – жарықты жұтылуына (абсорбциялық жарық сүзгі), жарықтың интерференциясына (интерференциялық жарық сүзгі), жарықтың шағылуына (шағылдырғыштық жарық сүзгі), жарық дисперсиясына (дисперсиялық жарық сүзгі), т.б. негізделген бола алады.

ЖАРЫҚТАЛҒАН ОПТИКА – оптикалық бөліктердің беттеріне қалыңдығы оптикалық сәуленің толқын ұзындығына қарайлас жарықты жұтпайтын пленкалар қаптау арқылы әлгі беттердің сәуле шағылдыру коэффициенттерін кеміту. Жарықтағыш пленкасыз, тіптен сәулелердің қалыпты түсуі кезінде түсетін сәуленің

10% қарқындылығы жарықтың шағылдырылуы себепті шығындалады. Беттер саны көп оптикалық жүйелерде (мысалы, объективтерде) жарықтың шығыны 70%-дан асады. Жарықты сындырушы беттерден көптеген рет шағылу аспаптар ішінде жарықтың шашыратылуының пайда болуына әкеп соқтырады, бұл жайт аспаптардың оптикалық жүйелері тудыратын кескіндердің сапасын нашарлатады. Осы қажетсіз құбылыстар жарықталған оптика арқылы жойылады. Жарықталған оптика – ж ұ қ а қ а б а т т а р оптикасының маңызды қолданылуының бірі болып табылады. Жарықталған оптика – жарықтаушы пленканың алдыңғы (үстіңгі) және артқы (астыңғы) шекараларынан шағылыстырылған жарық интерференциясының нәтижесі; бұл оптика шағылысқан жарық толқындарының өзара «өшірілуіне», сондықтан өтетін жарықтың қарқындылығының күшеюіне әкеп соқтырады. Егер жұқа пленканың қалыңдығы жарық толқыны ұзындығының төрттен бір үлесінің тақ санына тең болса, ал пленканың сыну көрсеткіші n_2 мына $n_2^2 = n_1 n_3$ теңдігін қанағаттандыратын болса (мұндағы n_1 және n_2 – пленканың сыну көрсеткіштері) түсу бұрышы қалыпты жағдайға жақын болған кезде жарықталу эффектісі ең үлкен мәнге ие болады. Жарықталу эффектісі ортаға түсетін электрмагниттік сәуленің қарқындылығы артқан кезде **резонанстық жұтылу** жылдамдығының кемуі. Бұл эффектінің себебі – резонанстық ауысудың қанығуы (энергия деңгейлерінің қоныстануының теңгерілуі) болып табылады. Сәуле қарқындылығының артуы орта деңгейлерінің толымдылығын теңгереді. Осы жағдайда жұтылу шамасы *релакция* үрдісінің жылдамдығымен, яғни қоздырылған атомның қоршаған ортаға энергия беру жылдамдығымен анықталатын болады.

ЖАРЫҚТАЛУ – жарықталатын беттің бірлік ауданына түсетін жарық ағыны. Жарықталудың бірлігі л ю к с және ф о т [1 фот = 10^4 люкс (лк)]. Энергетикалық жүйелерде фотометриялық ұқсас шама энергетикалық жарықталу немесе сәулелену деп аталған.

ЖАРЫҚТАН АСҚЫНЖЫЛДАМДЫҚ – берілген ортада дыбыстың таралу жылдамдығынан артық жылдамдықпен қозғалатын ортаның немесе ортадағы дененің қозғалыс шапшандығы. *Салыстырмалық теориясы* бойынша кез келген сигнал жарықтың вакуумдағы жылдамдығынан (c) артық жылдамдықпен тарала алмайды. Барлық тербелмелі қозғалыстар т о п т ы қ жылдамдық және ф а з а л ы қ жылдамдықпен сипатталады. Сыну көрсеткіші $n > 1$ болатын ортадағы материалдық бөлшектің жылдамдығы жарықтың сол ортадағы жылдамдығынан артып кетуі мүмкін. Зарядты бөлшектің мұндай ортадағы қозғалысы кезінде Черенков сәулесі (*Черенков – Вавилов сәуле шығаруы*) пайда болады. Оның жылдамдығы c/n -артық болуы мүмкін.

ЖАРЫҚТЫЛЫҚ – жарқырауық беттің берілген бағытта жарық шығаруын сипаттайтын шама. Жарықтылық белгілі бір бағыттағы жарық күшінің (I) жарқырауық бет ауданының (S) сол бағытқа перпендикуляр жазықтықтағы проекциясына қатынасы арқылы өлшенеді: $B = I/S \cdot \cos\alpha$, мұндағы α – жарқырауық бетке түсірілген перпендикуляр мен жарық күші бағытының арасындағы бұрыш. Ол Халықаралық бірліктер жүйесінде нитпен ($\text{кд} \cdot \text{м}^2$) өлшенеді.

ЖАРЫҚТЫҢ ГАЗ-РАЗРЯДТЫ КӨЗДЕРІ – газдардағы, заттардың буларындағы немесе қоспаларындағы электр разрядтары нәтижесінде оптикалық сәуле шығаруға арналған газ-разрядты шамдар (аспаптар). Газ-разрядты шамдар жасау 1802 жылы орыс физигі Василий **Петров** (1761 – 1834) ашқан *доғалық разрядтың* жарық шығару құбылысына негізделген. Электр разрядын іс жүзінде жарықтандыруға пайдалану 1876 жылы орыс өнертапқышы Павел **Яблочковтың** (1847 – 1894) жаңалығынан кейін (доғалық көмірлі шамға патент алған) ғана дамытыла басталған. Газ-разрядты шамдардың кәдімгі электрлік қыздыру шамдарынан өзгешелігі: бұлардың сәулелік спектрлері мкм-дің (микрометрдің 10^{-6}) ондық үлесінен бірнеше мкм-ге дейінгі диапазондағы оптикалық аймақты қамтиды.

ЖАРЫҚТЫҢ ЕРІКСІЗ ШАШЫРАУЫ – өте жоғары қарқындылықты жарық толқыны түскен және шашыраған сәуленің өзінің ықпалымен заттың құрамына енген микробөлшектердің (электрондардың, атомдардың, молекулалардың) қозғалыстарының өзгеруі себепкер болған әлгі заттағы жарықтың шашырауы. Осы шашырау атомдардың молекулаішілік тербелістерінен не молекулалардың айналуынан, не электрондардың атомдар ішіндегі қозғалыстарынан туындайтын еріксіз комбинациялық шашырауға; ортаның серпімді (яғни, дыбыстық немесе гипердыбыстық) тербелістері қатысатын **Мандельштам-Бриллюэннің еріксіз шашырауына** ажыратылған. Жарық сәуленің еріксіз шашырауы қатты денелерде, сұйықтарда, газдарда, плазмада байқалады.

Егер түсетін жарықтың қарқындылығы аз болса, онда заттарда түсетін толқындардың тек өрістерінің әсерінен заттардың микробөлшектерінің қозғалыстарының өзгеруі себепші болатын жарықтың өздігінен шашырауы пайда болады. Түсетін жарық сәуленің қарқындылығы өте үлкен болатын кезде ортаның сызықты емес қасиеттері байқалады. Ортаның микробөлшектеріне тек түсетін сәуле ғана емес, сонымен бірге шашыраған сәуленің де, оған қоса микробөлшектердің меншікті тербелістерінің жиілігіне тең күштер де әсер ететін болады.

Жарықтың еріксіз шашырауын лазердің қарқынды сәулесін аса жарықтылығы өте жоғары сәулеге түрлендіру және заттарда қарқынды гипердыбыс және микробөлшектердің өзгедей қозғалыстарын қоздыру, заттардың микроқұрылымдарын зерттеу үшін пайдаланылады.

ЖАРЫҚТЫҢ ЖҰТЫЛУЫ – заттар толтырылған орта арқылы өтетін оптикалық сәуленің қарқындылығының кемуі (азаюы). Жұтылуды сипаттайтын негізгі заң – Б у г е р з а ң ы $J = J_0 \exp(-k_\lambda l)$. Бұл заң жұтушы орта l қалыңдығынан өткен жарық шоғын (J) түсетін шоқтың (J_0) қарқындылығымен байланыстырады. Жарықтың қарқындылығына (J_0) тәуелді болмайтын k_λ коэффициент жұтылу коэффициенті деп аталған, k_λ коэффициенті әдетте әртүрлі толқын ұзындығы үшін түрлі-түрлі болады. Бұл заңды 1729 жылы француз физигі Пьер Бугер (1698 – 1758) тәжірибе жүзінде ашқан, кейіннен 1760 жылы неміс ғалымы Иоганн Ламберт (1728 – 1777) теория жүзінде тұжырымдаған. Ол теория бойынша заттың кез келген қабатынан өткенде жарық ағынының қарқындылығы k_λ жұтылу коэффициентіне және қабаттың қалыңдығына тәуелді белгілі бір үлеске кемитін болған. Бұл заңның физикалық мағынасы k_λ -ді сипаттайтын фотондардың үрдісі шығындалуы болады, бұл фотондардың тығыздығына, яғни қарқындылығына және жұтқыш қабаттың қалыңдығына (l) тәуелді емес. Бұл сәуленің қарқындылығы өте жоғары болмайтын жағдайда тура болады.

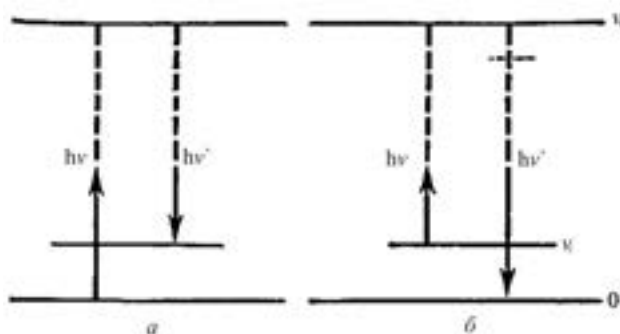
Кванттық теорияға сәйкес жарықтың жұтылуы жұтушы атомдардағы, иондардағы, молекулалардағы электрондардың ауысуларына немесе қатты денелердегі едәуір төменгі энергиялар деңгейлерінің едәуір жоғары энергиялар деңгейлеріне ауысуларына байланысты пайда болады. Кері бағытта негізгі немесе төменгі қоздырылған күйге ауысу – фотон шығару немесе сәуле шығарусыз, не аралас-құралас (комбинациялы) тәсілмен ғана мүмкін болады. Қарқындылығы жоғары жарықтың жұтылуы Бугер заңына бағынудан қалады. Оның себебі өте көп мөлшерде жұтылған бөлшектер қоздырылған күйде «ұзақ» уақыт тұрып қалатындықтан жарық жұту қасиетін жоғалтады, осыдан ортаның жарық жұту сипаты едәуір өзгереді.

Егер жұтушы ортада жасанды т о л ы м д ы л ы қ и н в е р с и я с ы жасалатын болса, яғни жоғарғы деңгейдегі қоздырылған күй төмендегіден артатын болса, онда түсетін ағынның әрбір фотоны өзіндей фотон индукциялайтын болады, соның нәтижесінде ол **фотон жұтылмайтын** болады. Осының салдарынан жарық күшейтіледі. Осы құбылыс Бугер заңында формальды түрде **теріс жұтылу** коэффициентіне (k_λ) сәйкес болады, сол себепті осы құбылыс т е р і с ж а р ы қ ж ұ т ы л у деп аталған. Осы құбылысқа кванттық генераторлардың (лазерлердің) және кванттық күшейткіштердің әсерлері негізделген.

ЖАРЫҚТЫҢ КОМБИНАЦИЯЛЫҚ ШАШЫРАУЫ – заттың (газдың, сұйықтың және кристалдың) жарық жиілігін едәуір өзгертуге ұшырататын шашыратылуы. Егер жарық көзі сызықтық спектр шығаратын болса, онда жарықтың

комбинациялық шашырауы кезінде шашыратылған сәуленің спектрінде саны және орналасуы заттардың молекулалық құрылымымен тығыз байланысты қосымша сызықтар пайда болады. Жарықтың комбинациялық шашырауы кезінде жарықтың бастапқы ағынын түрлендіру әдетте жарықты шашыратқыш молекулалардың өзге бір тербелмелі және айналмалы энергия деңгейіне ауысуымен қабаттас өтеді, сонымен қатар шашырау спектріндегі жаңа сызықтардың жиіліктері түсетін жарықтың жиіліктерінің және шашыратқыш молекулалардың тербелмелі және айналмалы жиіліктерінің аралас-құралас (комбинациялық) жиіліктері болып табылады. Сол себепті жарықтың комбинациялық шашырауы деп аталған.

Жарықтың комбинациялық шашырауының спектрлерін байқау үшін зерттелетін жарықтың қарқынды шоғын нысанға шоғырландыру қажет. **Жарықты қоздыру көзі ретінде сынапты шам** қолданылады, соңғы кезде жиірек *лазерлер* қолданылатын болды. Шашыратылған жарық фототграфиялық немесе фотоэлектрлік әдістермен тіркеледі.



Жарықтың комбинациялық шашырауы кезіндегі стокстық (а) және антистокстық (б) ауысуларының сұлбалары: 0 – негізгі деңгей; v_i – тербелмелі деңгей; v_e – молекуланың аралық электрондық деңгейі

Кванттық теорияға сәйкес жарықтың комбинациялық шашырау үрдісі бір-бірімен байланысқан екі әсерден құралған. Бұлар энергиясы $h\nu$ бастапқы фотонды жұту және молекулалар электрондарының түсетін жарық толқындардың өрістерімен өзара әсерлесуінен туатын энергиясы $h\nu'$ фотонды тарату (шығару) (мұндағы $\nu' = \nu \pm \nu_i$). Қозбаған күйдегі молекула $h\nu$ энергиялы кванттың әсерінен аралық электрондық күй арқылы $h(\nu - \nu_i)$ квант шығарады, соның нәтижесінде $h\nu$ энергиялы тербелмелі күйге ауысады. Осы үрдіс шашыраған жарықта жиілігі $\nu - \nu_i$ болатын стокстік (кинематикалық тұтқырлықтың бірлігі) сызықтардың пайда болуына әкеп соқтырады (сызба, а). Егер фотонды тербеліс қоздырған жүйе жұтатын болса, онда жүйе шашыратылу-дан соң нөлдік күйге ауысады, сонымен бірге шашыраған фотонның энергиясы жұтылған энергиядан артық болады. Осы үрдіс жиілігі $\nu - \nu_i$ болатын антистокстік сызықтардың пайда болуына әкеп соқтырады (сызба, б).

Лазерлерді жарықты қоздырушы көз ретінде пайдаланудың нәтижесінде жарықтың комбинациялық шашырау әдісімен зерттелетін нысандардың

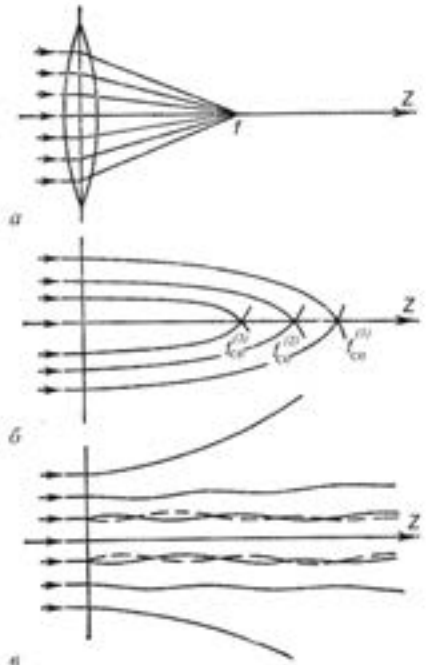
(объектілердің) аясы едәуір артты. Осы әдіспен газдарды және боялған ұнтақтарды, мысалы, жартылайөткізгіш материалдарды зерттеу мүмкін болды.

Осы құбылысты 1928 жылы кеңес физиктері Григорий **Ландсберг** (1890 – 1957) және Леонид **Мандельштам** (1879 – 1944) (кварц кристалдарында) және үнді физиктері Чандрасекхара **Раман** (1888 – 1970) және Кариаманиккам **Кришнан** (1898 – 1961) (сұйықтарда) бір мезгілде, әрқайсысы өз беттерінше ашқан. Соңғы екі ғалымның еңбектері дүниежүзілік әдебиетте бұрынырақ жарық көргендіктен, шет елде бұл құбылысты **раман-эффектісі** деп атап кеткен.

ЖАРЫҚТЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ЭКВИВАЛЕНТІ (латынша «экваленс – маңызы бірдей, бірдей бағалы») – сәуле ағынының ондағы жарық ағынына қатынасы. «Жарықтың механикалық эквиваленті» ұғымы әдетте жарық диапазонында жататын монохроматты сәулеге қатысты қолданылады. Осы ұғымға кері ұғым **жарықтың эффектілігі** деп аталған. Жарықтың механикалық эквиваленті жарық толқынының ұзындығының (λ) функциясы болып табылады және толқын ұзындығы $\lambda \approx 555$ нм (нанометр) болған кезде ол 0,00146 Вт/лм (Ватт/люмен)-ге тең болады.

ЖАРЫҚТЫҢ ӨЗДІК ФОКУСТАЛУЫ – жарық өрісінің қарқындылығының өсуіне орай сыну көрсеткіші n артатын сызықтық емес ортада жарық толқынының энергиясының шоғырлануы. Сызықты емес орта жарық шоғының (кеңістіктік шектелген жарық толқыны) әсерінен оптикалық біртекті орта болып, онда сәуленің қисық сызықты таралуы (сызықты емес *рефракция*) пайда болады. Егер (n) сыну көрсеткіші электр өрісінің кернеулігінің (E) өсуіне байланысты артатын болса, онда сәулелер иіліп қарқындылығы үлкен аймаққа шоғырланады – орта **көлемдік жинағыш сызықтық емес линза** болады, оның фокусы шоқтың ортаға енетін тұсынан f_{ce} қашықтықта орналасады (сызба, а).

Жарықтың өздік фокусталуы кезінде қуатты қарқындылықтың бірінші фокусынан кейін екінші фокусының, одан соң тағы басқа фокусының, яғни көп фокусты құрылымның



Сәулелер траекториялары: а – жарық шоғының кәдімгі линзамен фокусталу (тоғыстау) кезіндегі траекториясы; б – сызықтық емес ортадағы өздік фокусталу кезіндегі; в – сызықтық емес диэлектрлік толқын өткізгіштегі фокусталу траекториясы

пайда болуы мүмкін. Ток көзінің қуаты артқан сайын фокустар саны артады және олар сызықты емес ортаға ену тұсына қарай жақындайтын болады (*сызба, б*).

Кризистік қуатты тасушы шоқ сызықты емес ортада өз пішінін сақтайды, ол тұрақты диэлектриктік толқынөткізгішке айналады (*сызба, в*). Егер жарықтың қарқындылығының артуына байланысты ортаның сыну көрсеткіші кемитін болса, онда өздік фокусталуға кері құбылыс өздік фокусталуы (тоғысталуы) болмайтын, шашырауға ұшырайтын жағдай (дефокусировка) пайда болады. Жарық шоғына перпендикуляр бағытта қозғалатын сызықтық емес ортада (сұйықтың және газдың *конвекциялық* ағынында, т.б.) жарықтың берілген бағыттан өздік ауытқуы пайда болады.

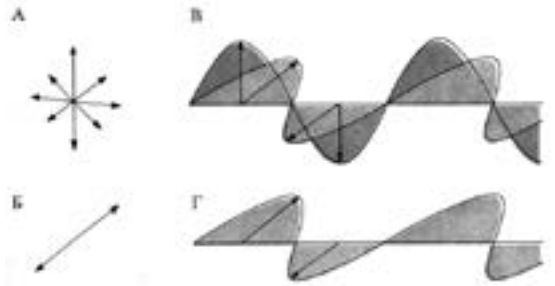
Жарықтың өздік фокусталуын 1962 жылы Г.Аскарьян теория жүзінде алдын ала болжаған, оны алғаш рет байқаған Н.Пилипецкий мен А.Рустамов болды (1965). Жарықтың өздік фокусталуы және ондай фокусталу болмайтын жағдай *конденсацияланған орталарда және газдарда* (ауада және плазмада да) байқалады.

ЖАРЫҚТЫҢ ПОЛЯРЛАНУЫ (грекше «полос – ось, полюс») – оптикалық сәуленің жарық толқындарының көлденең *анизотропиясын*, яғни жарық сәулеге перпендикуляр жазықтықтағы әркілі бағыттардың эквивалентті болмайтынын анықтайтын физикалық сипаттамасы. Жарық сәуленің көлденең анизотропиясын 1690 жылы алғаш болып голланд физигі Христиан Гюйгенс (1629 – 1695) исланд шпатының кристалымен жасаған тәжірибесінде ашқан. «**Жарықтың полярлануы**» ұғымын ғылымға (1704 – 1706) енгізген ағылшын физигі Исаак Ньютон (1643 – 1727) болды. Жарықтың полярлануын түсіндіруде бұл құбылыстың *жарық интерференциясы* эффекттерінде көрініс табуы, екі жарық сәуленің өзара перпендикуляр жазықтарда тікелей интерференцияланбайтын фактісінің маңызы зор болды. Жарықтың полярлануы ағылшын физигі Джеймс Максвеллдің (1831 – 1879) жарықтың электромагниттік теориясында (1865 – 1873) табиғи түсіндірмесін тапты. Электромагниттік толқындардың көлденең толқын болуы жазықтықта бөлініп берілген бағытының болуы себепті толқынды таралу бағытына қатысты осьтік симметриядан айырған (электр өрісінің кернеулігінің E векторы және магнит өрісінің кернеулігінің H векторы), электромагниттік толқындардың E және H векторлары біріне-бірі перпендикуляр болады, жарық шоғының полярлануын толық сипаттау үшін осы векторлардың тек біреуінің ғана тәртібін білу қажет. Әдетте осы мақсат үшін E векторы таңдалып алынады.

Кез келген жеке алынған әрбір қарапайым сәуле көздерінің (атомдардың, молекулалардың) шығарған сәулелері әрқашан полярланған болады. Бірақ жарықтың макрокопиялық көздері әлгіндей көптеген сәуле шығарғыш

бөлшектерден құралған; E вектордың (яғни электр өрісінің кернеулігінің) және жеке бөлшектердің сәуле шығару моменттері көп жағдайларда ретсіз таратылған болады. Сондықтан жалпы сәуле шығару бағыты E әрбір момент үшін алдын ала болжанбайды. Осыған ұқсас сәуле полярланбаған немесе табиғи жарық деп аталған.

Егер де жарық шоғының (E) векторының екі өзара перпендикуляр компоненттері (проекциялары) уақыт бойынша тұрақты фазалар айырымымен тербелетін болса, онда **жарық толықтай полярланған** деп аталады. Жарық екі ортаның ажыратылу шека-



Полярланбаған жарықта электр және магнит өрістерінің тербелістері толқынның таралу бағытына (А) тік бұрышпен орналасқан өзара перпендикуляр кез келген жазықтықтарда жүзеге асады. Полярланған жарықта электр өрісінің тербелістері тек бір ғана жазықтықта (Б) өтеді, мұндағы электр және магнит өрістерінің тербелістері біріне-бірі өзара перпендикуляр болады (В). Электр өрісі тербелетін жазықтық полярлану жазықтығы (Г) деп аталған.

расында, шекараның оптикалық сипаттамаларының айырмашылығы болуының нәтижесінде жарықтың шағылысуы және сынуы кезінде түсу жазықтығына параллель және перпендикуляр компоненттер үшін полярланған жарықтың пайда болуы мүмкін. Жарық **анизотропты ортадан** (табиғи немесе индукцияланған оптикалық анизотропты) өткенде немесе әртүрлі полярлануға арналған жұту коэффициенттерінің айырмашылығының болуы нәтижесінде немесе **қосарланып сыну кезінде полярлана** алады. Жарық поляризациясы жарықтың шашырауы, буларда, сұйықтарда және қатты денелердегі **резонанстық сәулелердің оптикалық қоздырылуы кезінде пайда болады**. Әдетте лазерлердің сәулелері **толықтай полярланған**. Күшті магниттік және электрлік өрістерде жұтылу спектрі сызықтарының бөлшектену компоненттерінің толықтай полярлануы газтәрізді және конденсацияланған жүйелердің *люминесценциялары* байқалады.

Осы эффектiлердiң кейбiреулерi жарықтың полярлануы және түрлендiрулерi жүзеге асырылатын және полярлану күйлерi талданатын қарапайым полярлауыш аспаптар – **поляризаторлардың**, фазалық пластинкалардың, талдауыштардың (анализаторлардың), оптикалық компенсаторлардың (есесiн қайтарғыш құрылғылардың) негiзiне жатқан.

Жарық шоғының сәуле сындырушы ортадан өтуi салдарынан полярлану күйiнiң өзгерiсi кристалдардың оптикалық анизотропиясын зерттеу үшiн пайдаланылады. Оптикалық анизотропияны бақылау арқылы зерттеу кезiнде х р о м а т и к а -

л ы қ п о л я р л а н у – полярланған ақ жарық шоқтың анизотропты кристалл және талдауыш арқылы өткен соң түрлі түске боялып көріну эффектісі кеңінен пайдаланылады. Хроматикалық полярлануда полярланған сәулелердің *интерференциясы* эффектілі түрде байқалады.

Жарықтың полярлануы және полярланған сәуленің заттармен өзараәсерлесулері ғылыми зерттеулерде кристаллхимиясында және қатты денелердің құрылымдарын, кристалдардың оптикалық қасиеттерін, күйлер табиғатын, сондай-ақ астрономиялық нысандар туралы ақпарат алу үшін қолданылады.

Әйнектен немесе су бетінен шағылған жарық ішінара полярланған болады. Сол себепті шағылған жарық дүкеннің витринасындағы нәрселерді айқын байқауға кедергі келтіреді. Полярландырғыш сүзгісі болатын фотоаппаратпен түсірілген витринаның көрінісі анық болып шығады. Күн сәулесінен қорғаныштық көзділіктің әсері айтылған жайтқа ұқсас. Мөлдір материалдарда пайда болатын кернеулерді байқау үшін оларды полярланған жарықпен сәулелеу жеткілікті.

Кәдімгі жарық толқынында электр және магнит өрістері көп жағдайда толқындардың таралу бағыты арқылы өтетін жазықтықтарда тербеледі. Полярланған жарықта әлгі тербелістер тек бір ғана жазықтықта тербеледі. Жарық сүзгі арқылы өткен кезде белгілі бір жазықтықта жүзеге асатын тербелістен өзгелерінің барлығын жұтады. Осыдан кейін полярланған жарық екінші сүзгіден тек ол сәйкес бұрышпен бағытталған тербеліс мүмкін беретін жағдайда ғана өте алады. Кері жағдайда жарық өте алмайды. Белгілі бір бұрышпен шағылған жарық полярланған болады; күн сәулесінен қорғанысқа арналған полярланған әйнек жарықтылықты кемітеді, осының нәтижесінде шағылған сәулені азайтады. Кейбір химиялық заттардың, мысалы, қанттардың ерітінділері өтетін жарықтың полярлану жазықтығын айналдырады. Осы эффект химияда ерітінділерді талдау (анализдеу) үшін пайдаланылады.

ЖАРЫҚТЫҢ ПОНДЕРМОТОРЛЫҚ ӘСЕРЛЕРІ (латынша «пондус – салмақ, ауырлық» + «мотор – қозғалтамын») – оптикалық жарықтың денелерге, бөлшектерге немесе жеке атомдарға және молекулаларға тигізетін механикалық әсерлері. Жарық өзі сәулелейтін денеге (жарықтың қысымын) немесе оны шығарушы денеге [(жарықтың дүмпуін (тебуін)] импульс (қозғалыс мөлшерін) және қозғалыс мөлшерінің моментін береді (С а д о в с к и й э ф ф е к т і с і). Жарық өрісі электр өрісінің кернеулігімен сипатталатын болғандықтан жарықтың пондермоторлық әсерлерін кері пьезоэлектрлік эффектіге, лазерлік сәуленің ықпалымен пайда болатын *электрстрикцияға* жатқызуға болады.

ЖАРЫҚТЫҢ СЫНУЫ – оптикалық сәуленің (жарықтың) екі ортаның бөліну шекарасы арқылы өтуі кезінде таралу бағытының өзгеруі. Сыну көрсеткіштері n_1 және n_2 болатын біртекті изотропты мөлдір (жұтпайтын) ортаның ұзын жазық ажырау шекарасындағы жарықтың сынуы мына екі заңдылықпен анықталады: сынуға ұшыраған сәуле түскен сәуле мен ажырау бетіне нормал (перпендикуляр) арқылы өтетін жазықтықта жатады; сәуленің түсу бұрышы (φ) және сыну бұрышы χ_0 Снелльдің (Снеллиустың) сыну заңымен: $n_1 \sin \varphi = n_2 \sin \chi$ байланысқан. Түскен сәуле мен сынған сәуле өзара қайтымды болады.

Жарықтың сынуы жарықтың шағылысумен қабаттаса өтеді; сондықтан сәулелердің сыну энергиясы мен шағылысу энергиясының қосындысы (бұлардың сан жүзіндегі өрнегі *Френель формуласынан* шығады) түсетін шоқтың энергиясына тең болады. Бұлардың салыстырмалы қарқындылықтары түсу бұрышына (φ), n_1 және n_2 сыну көрсеткіштеріне және түсетін шоқтағы жарықтың полярлануына тәуелді. Түсу бұрышының (φ -дің) кез келген мәнінде, $\varphi=0$ болмайтын кезде жарықтың сынуы полярланған сәуле күйінің өзгеруімен қабаттасады.

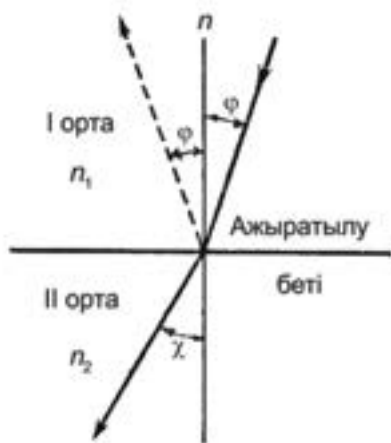
Жалпы жағдайда ортаның сыну көрсеткіші (n) жарықтың толқын ұзындығына (λ) тәуелді (*жарық дисперсиясы*); сондықтан монохроматты емес жарықтың сынуы кезінде, оның толқын ұзындығы әртүрлі құраушылары әрқилы бағыттар бойынша таралады. Линзалардың және басқа оптикалық құрылғылардың (жарық сәуленің таралу бағытын өзгертетін және оптикалық кескіндер тудыратын) құрылысы жарықтың сыну заңдарына негізделген.

ЖАРЫҚТЫҢ ТЕСУІ, оптикалық тесу, лазерлік ұшқын – оптикалық жиілікті электромагниттік өрістердің әсерінен заттардың қарқынды иондануы нәтижесінде *плазмалық* күйге ауысуы. Бұл жарықтың тесуі *модуляцияланған* төзімділік режимде жұмыс істейтін рубин кристалындағы қуатты импульстік лазердің сәулесін ауада фокустау (тоғыстау) кезінде 1963 жылы алғаш рет байқалған. Жарықтың тесуі кезінде **линзаның фокусында күшті жарқылды ұшқын** пайда болады, бұл құбылысты бақылаушы **күшті дыбыс шығуымен** қабаттас байқайды.

Оптикалық жиілікте газды тесу үшін өте күшті $10^6 - 10^7$ В/см электр өрісі қажет, бұл шама лазер сәулесіндегі $\sim 10^9 - 10^{11}$ В/см² жарық ағынының қарқындылығына сәйкес болады. Аса жоғары жиіліктік тесу атмосфералық ауаны өріс кернеулігі $\sim 10^4$ В/см кезінде-ақ теседі. Жарықтың тесуінің екі түрі болуы мүмкін. Мұның біреуі өзінің табиғаты бойынша онша жоғары емес жиілікті өрістердегі газдың тесуінен айырмашылығы жоқ. Әртүрлі себептермен өрісте пайда болған электрондар, алғашында газ атомдарымен соқтығысу кезінде фотондарды жұтып энергия

жинақтайды, осы үрдіс (процесс) бейтарап қозған атомдардың электрондар шашыратуы кезіндегі **кванттардың тежеулік шығарылуына** қатысты кері үрдіс болып табылады. Ең соңында электрон иондауға жеткілікті энергия жинақтап атомды иондайды, **бір электронның орнына екі баяу электрон пайда болады**, үрдіс қайталанатын. Осылайша тасқын дамиды. Осы үрдіс күшті өрістерде жеткілікті түрде тез жүзеге асырылып газда тесілу пайда болады. Жарықтың тесуінің екінші түрі – оптикалық жиілікке тән, мұның нағыз кванттық табиғаты болады. Электрондар көп атомды *фотозффектінің*, яғни бір мезгілде бірнеше фотон жұтылуы нәтижесінде атомдардан жұлынып шыға алады. Көзге көрінетін диапазондағы жиілік кезінде **бір квантты фотозффектінің пайда болуы мүмкін емес**, себебі, атомдардың иондалу потенциалы кванттың энергиясынан бірнеше есе артық. Мысалы, рубиндік лазердің фотонының энергиясы 1,78 эВ-қа тең, ал аргон газының иондаушы потенциалы 15,8 эВ-қа тең, яғни **электронды жұлып ажырату үшін 9 фотон қажет**. Бірақ әдетте, көп фотонды үрдістің болу ықтималдығы аз.

ЖАРЫҚТЫҢ ШАҒЫЛЫСУЫ – жарықтың (оптикалық сәуленің) бір ортадан екінші ортаның ажыратылу шекарасына түскен кезде оның заттармен



Екі мөлдір ортаны ажырататын жазық беттегі жарықтың сынуы кезіндегі жарық сәуленің жолы. Үзік сызықпен шағылған сәуленің жолы белгіленген. Сыну бұрышы (χ) түсу бұрышынан (ϕ) үлкен; бұл жайт оптикалық тығыз ортадан тығыздығы кем ортаға ($n_1 > n_2$) сынуды білдіреді. n – ажыратылу бетіне нормал түзу (яғни перпендикуляр)

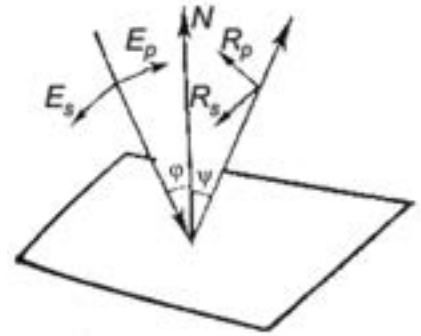
өзараәсерлесуі ажыратылу шекарасынан кері қайтып бірінші ортаға таралатын жарық толқынының пайда болуына әкеп соқтыратын құбылыс. Сонымен, ең болмағанда бірінші ортаның түсетін және шағылатын сәулелер үшін мөлдір болуы қажет. Өздігінен жарқырамайтын дене жарықтың шағылуы салдарынан осы беттерде көрінетін болады. Шағылған жарықтың қарқындылығының кеңістіктік үлестірілуі беттің (ажыратылу шекарасының) кедір-бұдырлығының өлшемдерінің түсуші сәуленің толқын ұзындығына (λ) қатынасымен анықталады. Егер кедір-бұдырлық λ -мен салыстырғанда аз шама болса, онда дұрыс немесе айналық шағылу болады. Кедір-бұдырлықтың өлшемдері λ -мен өлшемдес немесе одан артық болса (кедір-бұдыр бет, бұлдыр бет) және кедір-бұдырлық ретсіз орналасқан

болса, жарықтың шағылуы диффузиялық шағылысу болады. Түскен сәуленің бір бөлігі айналық, ал өзге бөлігі диффузиялық шағылатын аралас шағылысу түрлері де кездеседі. Егер де кедір-бұдырлық λ -мен өлшемдес және артық болып тұрақты орналасқан болса, шағылған жарықтың үлестірілуі ерекше сипатты, *дифракциялық тордан* шағылғандай болады. Жарықтың шағылуы жарықтың сыну және жұтылу құбылыстарымен тығыз байланысты.

Жарықтың айналық шағылуында түсетін және шағылатын сәулелердің белгілі орналасу қалпы бойынша ерекшеленеді: 1) шағылысқан сәуле түсетін сәуле және шағылдырушы бетке нормал (перпендикуляр) арқылы өтетін жазықтықта жатады; 2) шағылу бұрышы (ψ) түсу бұрышына (φ) тең. Шағылған жарықтың қарқындылығы (шағылу коэффициентімен сипатталатын) түсу бұрышына және түсетін сәуле шоғының *полярилануына*, сонымен қатар бірінші және екінші орталардың сыну көрсеткіштерінің қатынастарына тәуелді.

Жарықтың диффузиялық шағылуы – екінші ортаның бетінен мүмкін болатын барлық бағыттар бойынша таралады.

ЖАРЫҚТЫҢ ШАШЫРАУЫ – оптикалық сәуленің (жарықтың) заттармен өзара әсерлесуі кезіндегі осы сәуле ағындарының кез келген сипаттамасының өзгеруі. Қарқындылықтың кеңістіктік таралуы, жиіліктік спектр, жарықтың полярилануы осы сипаттамаларға жатуы мүмкін. Кеңістіктік біртекті орталардағы шашырауға себепші болатын ортаның **тек өздік емес жарқырау құбылысы ғана жарықтың шашырауы** деп аталған. Кванттық электроника мен заттардың құрылыстары туралы кванттық түсініктерге негізделген жарықтың шашырауын егжей-тегжейлі сипаттау сәуленің заттармен өзараәсерлесуінің кванттық теориясы аясында мүмкін болады. Осы теорияда жарықтың шашыратылуы белгілі энергиясы, импульсі болатын және поляриланған фотон түсетін болса, оны бөлшектерінің жұтуы, содан соң энергиясы өзге фотонды шығаруы ретінде қарастырылады. **Егер таратылған фотонның энергиясы жұтылған фотонның энергиясына тең болса** (яғни сәуле жиіліктері бірдей болса), **жарықтың шашырауы релеевтік немесе серпиді** шашырау деп аталады. Сәуле жиіліктері тең



Жарықтың айналық беттен шағылуы: N – шағылыстырушы бетке түсірілген нормал (перпендикуляр) (ажыратылу шекарасына); φ – түсу бұрышы; ψ – шағылысу бұрышы ($\varphi = \psi$); E_p, R_p, E_s, R_s – түсетін және шағылысатын толқындар амплитудаларының электрлік векторларының құраушылары

болмаған кезде, жарықтың шашырауы сәуле мен зат арасында энергияның қайта бөлініп үлестірілуімен қабаттас өтеді және бұл жарықтың серпимсіз шашырауы деп аталған.

Көп жағдайда жарықтың шашырауын сәуле шығарудың толқындық теориясының аясында түсіндіруге болады. Осы теорияның көзқарасы бойынша түсетін жарық толқыны орта бөлшектерінің **электр зарядтарының («токтардың») еріксіз тербелістерін қоздырады**, бұл өз кезегінде **екінші реттік жарық толқындарының көздері болады**.

Жарықтың шашырауына әсер ететін факторлардың көп болуы себепті оны анықтаушы ортақ тәсілді анықтау қиын. Сондықтан әртүрлі жағдайларды жеке-жеке қарастырайық. Жекелеген электронның жарықты шашыратуы серпімді үрдіс (процесс) болып табылады, бұл жағдайда шашырау қимасы (σ) – жиілікке (ω) тәуелді болмайды (**томсондық жарықтың шашырауы**).

Жекелеген атомның жарықты шашыратуының негізгі ерекшелігі – шашыраудың жиілікке күшті тәуелділікте болуында. Егер түсетін жарықтың жиілігі (ω) атом электрондарының меншікті тербелістерінің жиілігімен (ω_0) салыстырғанда кіші болса (атомның меншікті жұту жиілігіне сәйкес), онда **толық шашырау қимасы (σ) жуық шамамен жиіліктің (ω) төртінші дәрежесіне тең болады**, яғни $\sigma \sim \omega^4$ немесе $\sigma \sim \lambda^{-4}$ (мұндағы λ – жарық толқынының ұзындығы). Атомның жарық толқынының өрісінде тербелетін электрлік *дипол* ретіндегі түсінігі негізінде табылған осы тәуелділік *Рэлей заңы* деп аталған. $\omega \approx \omega_0$ болғанда σ кенеттен артып, үлкен мәнге ие болады. Жарықтың резонанстық шашырауы – резонанстық *флуоресценция* болып табылады.

Жарықтың молекулалық шашырау спектрінде рэлейлік (ығыспаған) сызықтармен қатар серпімсіз жарықтың серпімсіз шашырау (жиілік бойынша ығысқан) спектрі де пайда болады. Жарықтың молекулалық серпімсіз шашырауы – **жарықтың комбинациялық шашырауы** деп аталған.

Ұсақ бөлшектердің жарықты шашыратуын диэлектриктік бөлшектердің жарықтың дифракциялық теориясы негізінде сипаттауға болады. Бөлшектердің жарықты шашыратуының бірқатар ерекшеліктерін ағылшын физигі А.Ляв (1889) және неміс физигі Г.Ми (1908) зерттеген. Бөлшектің радиусы (r) заттағы жарық толқынының ұзындығынан едәуір кіші болғанда, атомның жарықты резонанстық емес шашыратуына ұқсас болады. Осы жағдайдағы жарықтың шашырау қимасы (және қарқындылығы r -ге және диэлектрлік өтімділіктің (ϵ) және шашыратушы заттың диэлектрлік өтімділігіне (ϵ_0) және қоршаған ортаның өтімділігіне едәуір тәуелді болады.

Жарықтың ірі бөлшектерден шашырауы ($r \gg \lambda_n$) сәуленің *интерференциясы*, бөлшектердің беттерден шағылуы және сынуы ескерілетін геометриялық оптиканың заңдары негізінде қарастырылады. Жарықтың ірі бөлшектерден шашырауы аэрозолдарда, тұмандарда, т.б. жүзеге асатын ж и е к ж а р ы қ т а р (орелдар), к е м п і р қ о с а қ т а р, г а л о, т.б. құбылыстарды тудырады.

Көптеген бөлшектерден құралған ортаның жарықты шашыратуының жеке бөлшектердің жарықты шашыратуынан маңызды айырмашылықтары бар. Бұлар, біріншіден, жеке бөлшектердің өзара және түсетін толқындар арасындағы *интерференцияларымен*; екіншіден, бір бөлшек шашыратқан сәуленің өзге бір бөлшектен **қайтадан шашыратылу**, яғни көп рет шашырау эффектілері, мысалы, бір бөлшектің шашыратқан сәулесін өзге бір бөлшектің қайтадан шашыратуы; үшіншіден, **бөлшектердің бір-бірімен өзараэсерлесуі** олардың қозғалыстарын тәуелсіз деп есептеуге мүмкіндік бермейді.

Жер атмосферасындағы күн сәулесі қысымының кездейсоқ ұйытқуындағы шашырау қимасы жекелеген бөлшектердің **жарықтың резонанстық емес шашырау** тәуелділігімен $\sigma \sim \lambda^{-4}$ сипатталады. **Аспанның көгілдір түсі осы жайт бойынша түсіндіріледі:** Атмосфера қабаты күн сәулесі спектрінің жоғары жиілікті құраушысын (көк түсті) төменгі жиілікті құраушысынан (қызыл түстен) едәуір күшті шашыратады. Оптикалық тығыз орталарда көп қайталанбалы шашыраудың маңызы зор.

XX ғасырдың 60 – 70-жылдары шегінде оптикалық сәуленің аса қуатты көздері (*лазерлер*) ашылған соң аса күшті жарық ағындарының шашырауы зерттеле басталды.

Жарықтың шашырауы әрқилы зерттеулерде пайдаланылуда. Жарықтың шашырауының спектрлері заттардың молекулалық және атомдық сипаттамаларын, олардың серпімді, *релаксациялық*, т.б. тұрақтыларын анықтауға мүмкіндік ашты. Осы спектрлер бірқатар жағдайларда тыйым салынған ауысулар туралы мәліметтер алудың бірден-бір көзі болып табылады. Жарықтың шашырауы атмосферадағы заттардың көрінуін анықтауға қолданылатын әдістердің ең маңыздысы болып табылады. **Еріксіз жарық шашырату үрдісі** (процесі) лазерлік спектроскопияның негізіне алынған.

ЖАРЫҚ ШАМАЛАРЫ – жарықтың шығарылу (таратылу) және түрлендірілу (шағылысу, өтуі) үрдістерінде (процестерінде) жарықтың әсерлерін сипаттайтын шамалар жүйесі. Жарық шамалары адам көзінің жарыққа орташа бейімділігіне қатысты анықталады. Негізгі жарық шамалары мен олардың Халықаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ) бірліктерінің кестесі.

Шамалар	Белгіленуі	Бірліктер	
		Аталуы	Белгіленуі
Жарық ағыны	Φ_v	Люмен	Лм
Жарық энергиясы	Q	Люмен-секунд	лм·сек
Сәуле шығару эффектілігі	K	Люмен ватқа	лм·Вт ⁻¹
Жарық күші	I	Кандела	кд
Жарықтық	L	Кандела квадрат метрге (ескірген атауы нит)	кд·м ⁻²
Жарықталыну	E	Люкс	лк
Жарқырау	M	Люмен квадрат метрге	лм·м ⁻²

ЖАРЫҚ ШОҒЫ – шағын денелік бұрыш ($d\Omega$) шегінде жарық бетінің (dS) бөлігі шығаратын жарық сәулелерінің жиынтығы. Егер жарық көзі бетінің жарықтылығы I болса, онда шоқ осі мен жарық көзі бетіне нормал үйлесетін болса, онда жарық шоғы таситын энергия ағыны $d\Phi = IdSd\Omega$ болады.

ЖАРЫҚ ЭНЕРГИЯСЫ – жарық ағынының жарықтану ұзақтығының көбейтіндісіне тең негізгі жарық шамасының бірі. Жарық энергиясы бірлігі – люмен-секунд (лм·сек). Энергетикалық шамалар жүйесіндегі бұған ұқсас шама – сәуле шығару энергиясы (сәулелік энергия), өлшеу бірлігі – Дж.

ЖАСАНДЫ РАДИОАКТИВТІЛІК – ядролық реакциялар нәтижесінде алынған изотоптардан байқалатын радиоактивтілік. Жасанды тәсілмен алынған атом ядроларының радиоактивтік құбылысы. Жасанды радиоактивтілікті 1934 жылы ерлі-зайыпты Фредерик (1900–1958) және Ирен (1897 – 1956) **Жолио-Кюрилер** ашты. Бұған дейін табиғи радиоактивтілік қана белгілі болатын. Жасанды радиоактивтілік пен табиғи радиоактивтілік арасында принципті айырмашылық жоқ, өйткені изотоптардың қасиеттері олардың түзілу тәсіліне тәуелді болмайды. Алайда **позитрондарды (β^+ ыдырау) шығару және электрондарды қармау үрдістері (процестері) тек жасанды радиоактивтілікте ғана байқалады.**

Қазіргі кезде белгілі радиоактивті нуклидтердің (ядросында белгілі санды протондар мен нейтрондар болатын атомдар) жалпы саны ~2000-дай болса, солардың ~300-дейі ғана табиғи радиоактивті заттар екен, өзгелері ядролық реакциялар нәтижесінде алынғандар. Жасанды радиоактивтілікті зерттеу β -ыдыраудың позитронды β^+ ыдырауын (Ирен және Фредерик Жолио-Кюрилер) және электрондық қармаудың ашылуына әкеп соқтырды.

Ядролық реакциялар нәтижесінде (мысалы, әртүрлі элементтерді α -бөлшектермен (альфа-бөлшектермен) немесе нейтрондармен сәулелендірілгенде яғни атқылағанда) радиоактивті элементтердің табиғатта кездеспейтін *изотоптары* пайда болады. Қазіргі кезде белгілі барлық изотоптардың көпшілігін жасанды

радиоактивті элементтер. Ирен мен Фредерик Жолио-Кюрилер массалық саны 27 алюминийді α -бөлшектермен сәулелендірілгенде ақтық (соңғы) «өнімі» массалық саны 30 болатын фосфордың радиоактивті изотопы пайда болатын ядролық реакцияны жүзеге асырған. Радиоактивті фосфордың изотопының позитрон шығаратыны анықталған. Радиоактивтіліктің осы түрленуі β^+ (бета плюс) = ыдырау [β^- (бета минус) = ыдырау электрон шығару (тарату) болып есептеледі].

ЖАСАНДЫ ЭЛЕМЕНТТЕР – әртүрлі ядролық реакциялар нәтижесінде алынған химиялық элементтер. Кейбір жасанды элементтер (технеций, прометий, астатин, трансурани элементтері) табиғи жағдайда кездеспейді, олар жасанды тәсілмен алынған. Жасанды элементтердің барлық изотоптары радиоактивті болғандықтан, оларды **радиоактивті элементтер** деп те атайды. Жасанды элементтер Менделеевтің периодты жүйесін толықтырып маңызын арттырумен қатар, атомның ішкі энергиясын іс жүзінде қолдану мүмкіндігіне тікелей жол ашты. 2013 жылға дейін 15 трансурани жасанды химиялық элемент белгілі болған.

ЖЕЛ – ауаның жер бетіне қатысты көкжиек бағытымен қозғалысы.

Акустикалық жел – органың дыбыс қарқындылығының таралуы кезінде пайда болатын тұрақты ағысы.

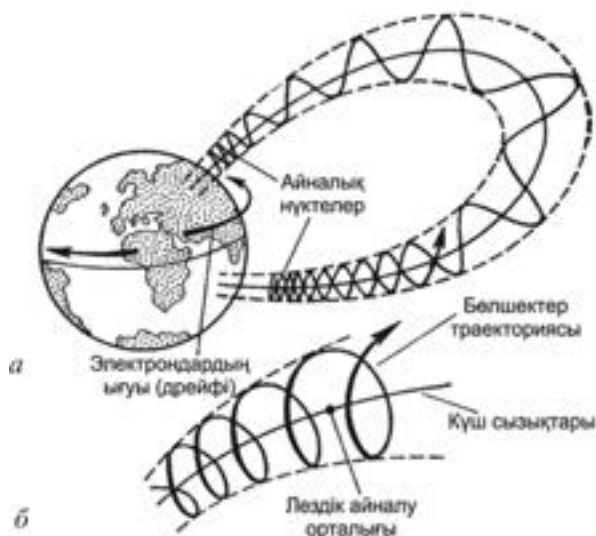
Күн желі – таралу көзі күн плазмасы болып табылатын ғарыштық кеңістіктегі бөлшектер ағыны.

Электрлік жел – электр өрісінің жоғары кернеулігі кезіндегі үшкір заттардың ұшынан ағып шығатын электр заряды.

ЖЕРДІҢ РАДИАЦИЯЛЫҚ БЕЛДЕУЛЕРІ – Жердің магнит өрісі энергиясы ондаған кэВ-тан жүздеген МэВ-ке дейінгі кинетикалық энергиясы болатын зарядталған бөлшектерді (протондарды, электрондарды, альфа-бөлшектерді және едәуір ауыр химиялық элементтердің ядроларын) ұстайтын *Жер магнитсферасының* ішкі аймағы. Зарядталған бөлшектердің Жердің радиациялық белдеулерінен тысқары шығып кетуіне геомагниттік өрістің күш сызықтарының ерекше пішіні кедергі жасайды, яғни зарядты бөлшектердің тұтқышы ретінде әсер етеді.

Жердің радиациялық белдеуі 1958 жылы ашылған. Ішкі белдеуді американ физигі Дж. Ван **Аллен** жетекшілік еткен топ, ал сыртқы белдеуді кеңес физиктері Сергей **Вернов** (1910 – 1982) пен Александр **Чудаков** (1921 - 2001) ашқан. Жердің радиациялық белдеулеріндегі бөлшектер ағыны **Жер серігіне орнатылған Гейгер санауышымен тіркелген**. Жердің магнит өрісінде магниттік тұтқыштардың болу мүмкіншілігін 1913 жылы норвег геофизигі **К.Стермер**, 1950 жылы швед физигі Ханнес **Альфвен** (1908 – 1995) алғаш ескерткен. Тек Жер серігінде орнатылған аспаптар ғана жоғары энергиялы бөлшектермен толған тұтқыштардың болатынын

анықтаған. Жердің магниттік тұтқышында ұсталған бөлшектер *Лоренц күшінің* әсерінен күрделі қозғалыс жасайды. Бұл қозғалыс спирал траекториясы бойынша Солтүстік жарты шардан Оңтүстік жарты шар арасындағы магнит өрісінің *күш сызықтары* бойымен қозғалады да, керісінше баяу қозғалатын болады (1-сызба). Бөлшектер спирал бойымен магнит өрісі артатын бағытқа қарай (Жерге жақындағанда) қозғалғанда, спиралдың радиусы мен адымы кемиді. Бөлшектердің жылдамдық векторлары шамалары бойынша өзгерместен өрістің бағытына перпендикуляр жазықтыққа жақындайды. Соңынан бөлшектер кез келген нүктеде (**айналық** деп аталатын) «шағылысатын» болады. Олар екінші Жарты шардағы түйіндес айналық нүктеге қарай жылжи бастайды. ~100 МэВ энергиялы протон Солтүстік жарты шардан Оңтүстік жарты шарға қарай магнит өрісінің күш сызықтары бойынша бір тербелісті ~0,3 секундта жасап үлгереді. Осындай протондар геомагниттік тұтқышта 100 жылға (~ $3 \cdot 10^9$ секунд) дейін



1-сызба. Геомагниттік тұтқыш (а) ұстаған зарядты бөлшектердің қозғалысы. Бөлшектер Жердің (б) магнит өрісінің күш сызықтарының бойымен қозғалады және бір мезгілде бойлық бойынша ығатын болады.

(«өмір сүру» уақыты) дейін ұсталып, осы уақыт аралығында 10^{10} -ға дейін тербеліс жасай алады. Ендік бойымен ығуы (дрейфі) едәуір аз жылдамдықпен өтеді. Бөлшектер энергиясына тәуелді түрде Жердің төңірегін бірнеше минуттан бір тәулікке дейінгі уақыт аралығында толық бір рет айналып шығады. **Оң иондар батыс бағытқа, ал электрондар – шығыс бағытқа қарай ығады.**

Жердің радиациялық белдеулері әдетте і ш к і және с ы р т қ ы белдеулерге ажыратылады. І ш к і б е л д е у д е г і протондардың энергиясы өте жоғары (20-дан 800 МэВ-ке дейін) болады (2-сызба). Ішкі белдеудегі электрондардың энергиясы 20 – 40 кэВ-тан 1 МэВ-қа дейін жетеді. Ішкі белдеудің төменгі шекарасында (жерден 200 – 300 км биіктікте) бөлшектер атомдармен және газ атомдарының молекулаларымен жиі-жиі соқтығысып, *атмосферада шашырап және «жұтылып»* өз энергиясын жоғалтады.



2-сызба. Жердің радиациялық белдеуінің құрылымы: I – ішкі белдеу; II – аз энергиялы протондар белдеуі; III – сыртқы белдеу; IV – квазиқармау аймағы

Сыртқы белдеудегі электрондардың энергиясы 40 – 100 кэВ, бөлшектердің «өмір сүру» уақыты $10^5 - 10^7$ секунд. **Күн активтілігі артқан кезде** сыртқы белдеудегі электрондардың энергиясы 1 МэВ-ке дейін, кейде одан да жоғары шамаға артатын болады. Аз энергиялы протондар белдеуінің энергиясы $\sim 0,03 - 10$ МэВ. Сыртқы белдеу мен аз энергиялы протондар белдеулері

Жерге $50 - 60^\circ$ ендікте (200 – 300 км биіктікте) жақындайды.

Атмосфераның атомдары мен молекулаларының жылулық қозғалыстарының орташа энергиясынан едәуір асатын энергиялы **қармалған бөлшектердің пайда болуының бірнеше себебі бар**. Олар: Жер атмосферасында ғарыштық сәулелер тудырған нейтрондардың ыдырауы (пайда болған протондар Жердің радиациялық белдеуін толтырады); белдеу ішінде электрондардың қатысуына себепші болатын **геомагниттік ұйытқу** кезінде белдеуге бөлшектер «толтыру»;

магнитсфераның сыртқы аймағынан ішкі аймаққа күн сәулелік табиғатты бөлшектерді үдете және баяулата ауыстыру (сыртқы белдеу электрондары және аз энергиялы протондар белдеуі осылай толтырылады) болып табылады (3-сызба). Күн желінің бөлшектерінің де Жердің радиациялық белдеуіне енуі мүмкін. Жердің радиациялық белдеуіне ішінара **күннің ғарыштық сәулелерінің** протондары мен электрондарының да қармалып магнитсфераның ішкі аймағына енуі әбден мүмкін. Жердің радиациялық белдеуін негізінен энергиясын иондауға шығындаған бөлшектер тастап шығады (осы себеп протондардың белдеу ішіндегі магниттік тұтқыштан $\sim 10^9$ секундта шығып кетуіне ықпал етеді).



3-сызба. Жер магнитсферасының құрылысы. Жебелі сызықтармен күн желі бөлшектерінің магнитсфераға ену аймағы көрсетілген.

Жердің радиациялық белдеулері Жер төңірегіндегі кеңістікте ұзақ уақыт ұшуға қауіп-қатер төндіреді. Аз энергиялы протондар ағыны күн батареяларын

істен шығарады, жұқа оптикалық кабаттарды күңгірттендіреді. Ішкі өрісте ұзақ уақыт болу жоғары энергиялы протондардың әсерінен ғарыштық кеме ішіндегі ғарышкерлердің денсаулығына әсер етуі мүмкін. Радиациялық белдеулер Жерден өзге де планеталарда Меркурий, Юпитер және Сатурнде, т.б. планеталарында да кездеседі.

ЖЕР МАГНЕТИЗМІ, геомагнетизм – 1) Жердің магнит өрісі. 2) Геофизиканың Жер магнит өрісінің уақыт бойынша таралуы мен өзгерісін, сондай-ақ әлгілермен байланысты Жердегі және атмосферадағы физикалық үрдістерді (процестерді) зерттейтін саласы. Геомагниттік өріс кеңістіктің әрбір нүктесінде кернеуліктің векторымен (T) сипатталады, мұның шамасы мен бағыты тіктөртбұрышты координаттар (*сызбаға қараңыз*) жүйесінде үш құраушымен (X, Y, Z) (солтүстік, шығыс және тік бағыттағы) немесе Жер магнетизмнің үш бөлігімен: кернеуліктің (H) көкжиектік құраушысымен, магниттік ауысумен (D) (H -пен және географиялық меридианның арасындағы бұрыш) және магниттік көлбеулігі (I) (T -мен көкжиек жазықтығының арасындағы бұрыш) анықталады. Жердің магнит өрісінің болуы (негізгі немесе тұрақты өрістің үлесі ~99%). Жердің **сұйық металдық ядросында** өтетін үрдістермен (процестермен) (**динамо-эффектісімен** өткізгіш сұйықтың немесе газ *плазманың* қозғалыстары салдарынан магнит өрісінің өздік қозуымен) түсіндіріледі. Негізгі өрістің Жердің 3 радиусына тең шамалас биіктікте *диполдік* сипаты болады, одан артық биіктікте өріс едәуір күрделі болады (мысалы, магнитсферада). Жердің магниттік полюстері ($H = 0$ болатын нүктелерде) географиялық полюстермен дәл үйлеспейді. Жердің $8 \cdot 10^{25}$ (СГС бірлігінде)-ке тең диполдік магниттік моменті Жердің айналу осімен $11,5^\circ$ бұрыш жасайды. Геомагниттік өрістің кернеулігі (T) магниттік полюстерден бастап магниттік экваторға қарай ($I = 0$ болатын сызықтарға) 55,7-ден 33,4 А/м (0,70-тен 0,42 Э-ке дейін) кемиді. Негізгі магнит өріс тек **ғасырлық баяу өзгерістерге** (вариацияларда) ғана ұшырайды. Әркілы геологиялық дәуірлерде геомагниттік өрістің полярлылығы әрқалай болған, яғни **Жердің негізгі магнит өрісі** жүздеген мың жылдан ондаған миллион жылға дейінгі кезеңде өзгеріске ұшырап отырған. *Магнитсфера* мен *ионсферадағы* токтар тудыратын айнымалы магнит өрісі (~1% шамасында) тұрақсыз. Амплитудалары 30–70γ және 5γ ($1\gamma = 10^{-5}$ Э) сәйкес түрде



Жердің магнит өрісінің құраушылары

күн-тәуліктік және ай-тәуліктік магниттік вариация периодты түрде байқалады. Магнитсфераны айнымалы тығыздықты әрі жылдамдықты зарядты бөлшектердің *күн желінің* магнитсфераны айналып орағытып өтуі, сондай-ақ магнитсфераға бөлшектердің жарып өтуі магнитсфера мен ионсферадағы ток жүйелерін өзгеріске ұшыратады. Ток жүйелері өз кезегінде жер төңірегіндегі ғарыштық кеңістікте және Жер бетінде кең диапазондағы жиілікте (10^{-5} -тен 10^2 Гц жиілікке дейінгі) және амплитудалы (10^{-3} -тен 10^{-7} Э-ке дейінгі) геомагниттік өріс тербелістерін тудырады. Магнитсфераның күшті ұйытқулары – магниттік дауылдар – Жер атмосферасының жоғарғы қабатында *поляр шұғыласын*, ионсфералық ұйытқуларды тудырады, рентгендік және төменгі жиілікті сәулелер шығарады.

ЖИІЛІК – кез келген периодты үрдістің (процестің) толық циклдер санының осы циклдер саны жүзеге асырылатын уақыт аралығына қатынасы.

Айналдыру жиілігі – нүктенің тұйық траектория бойынша периодты қозғалысының жиілігі.

Айналу жиілігі – қатты дененің осінің төңірегінде бірқалыпты айналып қозғалуының жиілігі.

Комбинациялық жиілік – сызықтық емес жүйе тудыратын гармониялық тербелістердің жиіліктерінің қосындысына немесе айырымына тең комбинациялық тербелістердің жиілігі.

Ларморлық жиілік – ларморлық процессияның бұрыштық жылдамдығы. Бұл жиілікті 1895 жылы ағылшын физигі Джозеф **Лармор** (1857 – 1942) ашқан.

Өздік жиілік – сыртқы күштер әсер етпейтін жүйенің гармониялық тербелістерінің жиілігі.

Резонанстық жиілік – резонанс құбылысы пайда болатын кездегі тербелістердің жиілігі.

Сипаттамалық жиілік – химиялық байланысқа сәйкес болатын молекулалардағы белгілі атомдар тобының тербелістерінің жиілігі.

Сызықтық жиілік – гармониялық тербелістердің жиілігі.

Тасушы жиілік – модуляцияланатын толқындардың жиілігі.

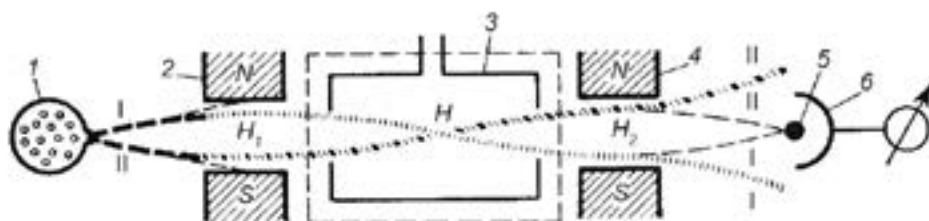
Циклдік жиілік – гармониялық тербелістердің 2π -ге көбейтілген жиілігі.

Циклотрондық жиілік – магнит өрісі кернеулігінің векторына перпендикуляр жазықтықтағы тұрақты магнит өрісіндегі зарядты бөлшектерді айналдыру жиілігі.

ЖИІЛІКТІК КВАНТТЫҚ СТАНДАРТ (ағылшынша «standart – үлгі, норма») – бір энергетикалық күйден (атомдардың, молекулалардың, иондардың) өзге энергетикалық күйге өтуге кванттық ауысулар пайдаланылған тербелістер жиілігін дәл өлшеуге арналған немесе өте тұрақты жиілікті тербелістер шығаруға

арналған құрылғы. Жиіліктік кванттық стандарттар тербелістер жиілігін, сол себепті олардың периодын (уақытын) өте жоғары дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік тудырады. Осы жайт бұл жиілікті тек лабораториялық қолданысқа ғана емес метрологияда және уақыт қызметінде де пайдалану үшін енгізуге негіз болған. Жиіліктік кванттық стандарттары ұлттық жиіліктер мен уақыттың екінші реттік эталондарының негізі болып табылады. Бұл стандарт ұзақ уақыт өте жоғары тұрақтылықта жұмыс істеуімен сипатталады.

Жиіліктік кванттық стандарттарды екі топқа ажырату қабылданған: **активті** және **пассивті** кванттық стандарттар. Жиіліктік пассивті кванттық стандартында өлшенбекші жиілік белгілі бір сызықтық спектрмен салыстырылады. 1967 жылы Халықаралық келісім бойынша секунд Цезийдің жалғыз тұрақты изотопының ¹³³Cs



Атомдық-сәулелік цезийлік түтіктің сұлбасы. 1 – шоқ көзі; 2 және 4 – бұру магниттері; 3 – көлемдік резонатор; 5 – қызған вольфрам өткізгіш (детектор); 6 – иондар коллекторы

энергия деңгейлері аралығындағы белгілі бір ауысуға сәйкес болатын 9192631770,0 тербеліс периодының ұзақтығы – секундтық ұзақтықты анықтайтын болған.

Цезийлік жиіліктік кванттық стандарт құрылғысының негізгі бөлігі атомдық-сәулелік түтік, оның бір жағының ұшында цезий атомдарының көзі (сұйық цезиймен толтырылған қуыс) орналасқан. Сұйық цезий 100°C температурада оның қысымы аз болатындықтан атомдар цезий көзінен ұшып шығады, түтіктің карама-қарсы ұшындағы цезий атомдарының детекторына келіп түседі. Детектор қыздырылған вольфрам сымнан (5) және коллектордан (6) құралған. Цезий атомы сымға жанасқан сәтте ол осы сымға электронын беріп, атомның өзі ион түрінде коллекторға тартылады. Коллектор мен сымның арасындағы тізбекте электр тогы пайда болады. Атомдар шоғы цезий көзінен детекторға жеткенше H_1 және H_2 тұрақты біртекті магнит өрістерінен өтеді. H_1 өріс шоқты бөлшектейді, H_2 өріс бөлшектенген шоқты детекторға тоғыстайды (фокустайды). Атомдар шоғы H_1 және H_2 өрістері аралығында көлемдік резонатор арқылы өтіп, электрмагниттік тербелістер арқылы қоздырылады. Осыдан әртүрлі екі энергияға бөлшектенген атом шоқтары өзара ауысатын болады.

ЖИЛІКТІК МОДУЛЯЦИЯ (латынша «модулатио – өлшемділік») – таратылатын сигналға үйлесетін (сәйкес болатын) уақыттық заң бойынша өзгеретін жоғары жиіліктік тербелістер модуляциясының түрі.

ЖОҒАРЫ ТЕМПЕРАТУРА – 1) бөлме температурасынан артық температура (T) [$\sim 300\text{K}$ (кельвин)]. Электр тогымен қызатын металл өткізгіштердің қызуы бірнеше мың кельвинге (K) дейін жетеді, жалынның қызуы жуық шамамен 5000K , газдардағы электр разрядының қызуы ондаған мың кельвиннен (K -нен) миллион K -ге; лазерлік сәуленің қыздыруы – бірнеше миллион K -ге дейін, термоядролық реакция аймағындағы (зонасындағы) температура $\sim 10^7 - 10^8$ (10 миллионнан жүз миллионға дейін) K -ге жетеді. Нейтрондық жұлдыздардың пайда болуы кезіндегі температура $\sim 10^{11}$ K -ге дейін жетуі мүмкін, ал Ғаламның бастапқы даму кезеңіндегі температураның соңғы аталған температурадан да әлдеқайда үлкен болғаны анық.

2) Заттардың қасиеттері сапалық өзгерістерге ұшырайтын температураға жеткен кездегі кез келген сипаттамалық температурадан артық температура. Мысалы, Дебай температурасы (V_d) әрбір зат үшін кванттық эффект (жоғары температура жағдайында $T \gg V_d$) әсер етпейтін температуралық шекті анықтайды. Б а л қ у температурасы қатты және сұйық күйлердің аймағын шектейді. К р и з и с т і к температура бұ мен сұйықтың болуының жоғарғы шегін анықтайды. С и п а т т а м а л ы қ температура ретінде молекулалық *диссоциация* (ыдырау) ($T \sim 10^4\text{K}$) басталатын температураны көрсетуге болады.

ЖОЛ, ф и з и к а д а ғ ы – микронысандардың (микрообъектілердің) (*қарапайым бөлшектердің*, иондардың, т.б.) қозғалыстары кезінде орын ауыстыру кеңістігі. Микробөлшектердің кеңістіктегі екі нүктесі аралығы – арақашықтық, ал әлгі бөлшектердің арақашықтықтағы іздері **траектория** немесе **трек** деп аталған.

ЖОЛДАР АЙЫРЫМЫ, с ә у л е л е р д і ң – ортақ бастапқы және соңғы нүктелері болатын екі жарық сәуленің оптикалық жолдар ұзындықтарының айырымы. Жолдар айырымы ұғымы *жарықтың интерференциясы* мен *жарық дифракциясын* сипаттауда маңызды болады.

ЖУКОВСКИЙ ТЕОРЕМАСЫ – сұйықтың не газдың жазық параллель ағынында орналасқан денеге әсер ететін *көтергіш күш* туралы теорема. Бұл теорема бойынша көтергіш күш ағын ішіндегі денемен байланысқан құйындардың себебінен туады. Бұл құйындар сұйықтың *тұтқырлығынан* пайда болады. Осы тұтқырлықтың болуы себепті сұйық не газ ағыны ұшақ қанатын орағытып аққанда ағын жылдамдығы нөлге тең емес айналып ағуы (циркуляциясы) пайда болады. Ал жылдамдықтың циркуляциясы сұйық не газ ағынының құйындалу дәрежесін сипаттайды.

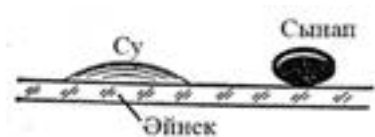
Бұл теореманы 1904 жылы орыс ғалымы Николай Жуковский (1847 – 1921) тұжырымдаған. Бұл теорема былайша тұжырымдалады: егер сығылмайтын сұйықтың орныққан жазық параллель потенциал ағыны шексіз ұзын цилиндрдің жасаушысына перпендикуляр бағытта ақса, онда цилиндрдің жасаушысы бойымен алынған ұзындығы бірге тең бөлігіне көтергіш күш (Y) әсер етеді және ол ортаның тығыздығы (ρ) мен ағынның шексіз қашықтықтағы жылдамдығының (v) көбейтіндісін цилиндрді орағытып ағатын кез келген тұйық контурдағы ағын жылдамдығының циркуляциясының (Γ) көбейтіндісіне тең: бұл теорема формула түрінде былай жазылады: $Y = \rho \cdot v \cdot \Gamma \cdot L$. Көтергіш күштің бағыты, шексіз қашықтықтағы жылдамдық векторының бағытын циркуляция бағытына қарсы тік бұрышқа бұру арқылы анықталады. Жуковский теоремасы сығылатын сұйықтың (газдың) денені орағытып ағу бағыты бойынша дыбыс жылдамдығына дейінгі жылдамдықпен қозғалатын ағынға қолданылады.

Жуковский теоремасы ұшақ қанаты мен ескек винттің теориясының негізі болып табылады. Осы теорема бойынша ұшақ қанатының шекті құлашының көтергіш күші, ескек винттің тарту күші, турбина мен компрессор қалақшаларындағы қысым күші, т.б. есептеледі.

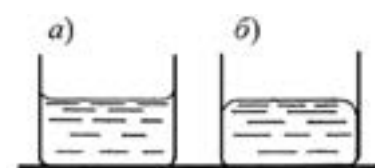
ЖҰҒУ – сұйықтың қатты денелердің бетімен немесе өзге сұйықтармен жанасуы кезінде пайда болатын құбылыс. Дербес жағдайда газбен (бумен) немесе басқа сұйықпен жанасатын қатты дене бетінен сұйықтың жайылуымен білінеді.

Жұғу капилляр түтігінде менискі (капиллярдағы майысуын – сұйық бетінің ойыстануын немесе дөңестенуін) тудырады, тамшының қатты беттегі пішінін немесе газға, сұйыққа батырылған дене бетіндегі көпіршіктің пішінін анықтайды. Жұғу көп жағдайда үш фазаның (дене, орта) жанасу зонасындағы молекулааралық өзараәсерлесулерінің нәтижесі ретінде қарастырылады. Бірақ көптеген жағдайларда, мысалы, сұйық металдардың қатты металдармен, тотықтармен, алмаспен графитпен жанасуы кезіндегі жұғу молекулааралық өзараәсерлесулерінен емес, қатты және сұйық ерітінділердің, жұқтырылушы денелердің беттік кабаттарында химиялық қосылыстардың қатты және сұйық ерітінділердің пайда болуынан, диффузиялық үрдістердің (процестердің) пайда болуымен байланысты.

Жұғу үрдісі кезінде **жұғулық жылу** деп аталған жылудың бөлінуі мүмкін.

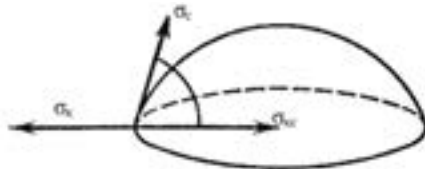


Су әйнекке жұғады, ал сынап жұқпайды

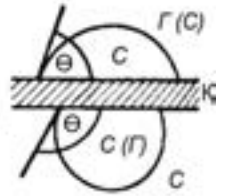


Сұйықтың ыдыстың қабырғасына жұғуы немесе жұқпауы сұйықтың бос бетінің пішініне әсер етеді.

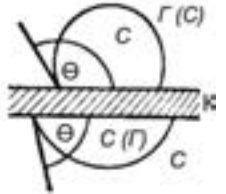
Жұғудың өлшеуіші әдетте жиектік бұрыш (немесе жұғу бұрышы θ) болады. Бұл бұрыш – жұқтырылатын бет пен сұйықтың жұғу бетінің периметрі арасындағы бұрыш болып табылады (1-сызба). Жұғу тепе-теңдік жағдайда сұйықтың керілу бетімен (σ_c) қатты дененің керілу бетімен (σ_k) және қатты дене – сұйық



1-сызба. Қатты беттегі тамшы



2-сызба. Әртүрлі жұғу шарттары кезіндегі қатты беттердегі тамшылар мен көпіршіктердің орналасу қалты; g – газ; c – сұйық; k – қатты дене



шекарасындағы фазалық керілумен (σ_{kc}) Юнг теңдеуімен: $\cos \theta = (\sigma_k - \sigma_{kc}) / \sigma_c$ байланысқан. θ бұрышының шамасы беттердің әртүрлі сұйықтарға қатысты сандық (мөлшерлік) сипаттамасы болып табылады. Сұйық өзімен шектесетін еріткіштермен қарқынды өзараәсерлесетін бетте (лиофилді бетте), яғни ішінара ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) немесе толықтай ($\theta \rightarrow 0^\circ$) жайылып кетеді; еріткішпен әлсіз өзараәсерлесетін бетте (лиофобтық бетте) сұйық жайылмайды ($\theta > 90^\circ$) (2-сызба).

Жиектік бұрыш сұйық молекулаларының ілінісу күштерінің жұғушы дененің молекулаларымен немесе атомдарымен ілінісу (**адгезиялық**) күштерінің және сұйық молекулаларының өзара ілінісу (**когезиялық**) күштерінің қатынастарына тәуелді. Жиектік бұрыштардың жиі-жиі кешігуі жұғудың г и с т е р е з і деп аталған. Егер қатты дене өзара араласпайтын екі сұйықпен жанасатын болса, онда талғамалы жұғу болады. Өнеркәсіпте жұғу құбылысының пайдасы бар. Жақсы жұғу сырлау және кір жууда, лакты-сырлау жұмыстарында қолданылады.

ЖҰҚА ҚАБАТТАР ОПТИКАСЫ – физикалық оптиканың қалыңдықтары жарық толқындарының ұзындығымен өлшемдес болатын заттардың жарық жұтпайтын бір немесе тізбектелген бірнеше қабаттан өткен жарықтың қасиетін зерттейтін саласы. Жұқа қабаттар оптиканың ең басты ерекшелігі – қабаттардың үстіңгі және астыңғы шекараларынан ішінара шағылысқан жарық толқындарының арасындағы жарықтың *интерференциясы* болып табылады. Өтетін немесе шағылатын жарық интерференцияның нәтижесінде күшейеді немесе әлсірейді, эффект қабаттардың оптикалық қалыңдығының сәуле жүрістерінің айырымына енгізетін жарық толқынының ұзындығына (немесе толқындар ұзындығының жиынтығына), сәуленің түсу бұрышына, т.б. тәуелді болады.

Жұқа қабаттар әйнектен, кварцтан немесе басқа оптикалық орталардан заттарды термиялық буландыру және салмақты қабаттар бетіне шөктіру, химиялық

шөктіру, катодтық тозандату немесе қабаттық материалды таңдалып алынған затпен химиялық реакцияға түсіру арқылы дайындалады.

Жұқа қабаттар оптикасының іс жүзінде қолдануының маңыздысы оптикалық бөлшектер (линза, пластина, т.б.) беттерінің шағылдыру қасиеттерін кеміту. Мұндай шағылдыру коэффициенттері болатын айналар 50–99,5% жарықты шағылдырады. Жұқа қабатты оптика *лазерлерде* және **жарықтың кванттық күшейткіштерінде**; айырғыштығы жоғары (мысалы, **Фабри-Перо интерферометрі**) аспаптар жасауға; **түрлі түсті телевизияда** қолданылатын *дихроизмді* (түрлі түсті) айналар жасауға; интерференциялық микроскопияда қолданылады. Жұқа қабаттар оптикасының эффекттеріне *Ньютон сақинасы, бірдей көлбеулікті жолақтар, бірдей қалыңдықты жолақтар* жатады.

ЖҰҚА ТҮЗІЛІС, мультиплеттік бөлшектену – спин-орбиталық өзараәсерлесу себепші болған атомдардың, молекулалардың және кристалдардың энергия деңгейлері мен спектрлік сызықтарының бөлшектенуі. *Энергия деңгейлерінің* кіші деңгейлерге бөлшектену саны спиндердің мүмкін болатын бағдарлануына [мультиплеттілігіне (κ)] тәуелді және де κ мультиплеттілігінен артық болмайды; дербес жағдайда, сілтілік металдардың атомдары үшін сыртқы электрондар спинінің екі бағдарының ($\kappa = 2$) болуы мүмкін және олардың деңгейлері екі кіші деңгейге (дублетті бөлшектену), сызықтар – өзара жақын орналасқан екі сызыққа (дублеттерге) бөлшектенеді.

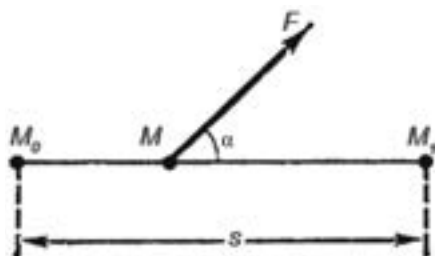
Жеңіл атомдар үшін энергиялардың «жұқа» деңгейлерге бөлшектену шамасы 10^{-5} эВ (электрон-Вольттан) артық болмайды, ал спектрлік сызықтарға сәйкес келетін (толқындық сандармен) шамалар – бірнеше см^{-1} -ден артпайды. Ядроның зарядтары артқан сайын энергиялар деңгейлерінің бөлшектенуі күшті артатын болады, ауыр атомдардың энергия деңгейлері үшін жіктелу эВ-тың ондық үлесіндей бола алады, сол себепті «жұқа» болудан қалады.

ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ ЖЫПЫЛЫҚТАУЫ – жарықтың *рефракция* құбылысына ұшырауы салдарынан байқалатын құбылыс. Телескоп арқылы жарық жұлдызға карағанда оның сәл ғана қалтылдап (дірілдеп) тұрғаны байқалады. Егер жұлдыз көкжиекке жақындау орналасса, жай көзбен-ақ оның жарықтылығының және түс реңінің құбылуын айқын байқауға болады. Жұлдыз бірде айқын жарқыраса, бірде сөніп көрінбей қалады, кей кезде қызғылт реңді, кейде жасылдау түсті болып құбылып байқалады. Осы айтылған құбылыстар жұлдыздардан келетін арықтың жол-жөнекей ауа ағындарының (жылы және салқын) әсерлеріне ұшырап, одан соң *сыну* құбылысы мен ішінара *дисперсия* құбылыс салдарларының жиынтығынан пайда болады.

Планеталар көкжиекке тақалған кейбір жағдайда ғана олардың әлсіз жыпылықтауы байқалады. Оның себебі **планеталардың кішкене дискі тәрізді** болып көрінуінде, **жұлдыздар нүкте ретінде** байқалатындықтан әлгіндей құбылысқа ұшырайды.

ЖҮЛДЫЗ «ЖАУЫНЫ», метеорлар ағыны – Жердің ғарыштық кеңістікте болатын қатты денелер – **метеорлық денелер** ағыны аймағынан өтуі кезінде түнгі аспаннан байқалатын метеорлардың «аққан» жұлдыздар (метеорлардың) секілді жарқырап көрінуі.

ЖҰМЫС, күш жұмысы – күш әсерінің сан шамасы мен бағытына және оның түсу нүктесінің жылжуына (орын ауыстыруына) тәуелді өлшеуіші. Егер күш (F) сан жүзінде және бағыты бойынша тұрақты, ал $M_0 M_1$ орын ауыстыруы түзусызықты болса (*сызбаға қараңыз*), онда жұмыс (A) мына $A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$ өрнегімен анықталады, мұндағы α – күш бағыты мен орын ауыстыру бағытының арасындағы бұрыш. Егер $\alpha < 90^\circ$ болса, онда күш жұмысы оң, ал $180^\circ \geq \alpha > 90^\circ$ болса – теріс болады, ал $\alpha = 90^\circ$, яғни күш орын ауыстыруға перпендикуляр болса, жұмыс – $A = 0$.



Жұмыстың өлшеу бірлігі: СИ-де – джоуль, $1 \text{ эрг} = 10^{-7} \text{ Дж}$, метрге килограмм=күш ($1 \text{ кг} \cdot \text{күш} \cdot \text{м} = 9,81 \text{ Дж}$).

Иондандыру жұмысы – атомнан немесе молекуладан электрондарды атомдармен немесе молекулалармен өзараәсерлесуін ескермеуге болатын қашықтыққа аластауға шығындалатын энергия.

Күш жұмысы – күштің түсу нүктесінің жылжу бағытының проекциясын осы жылжу шамасының көбейтіндісіне тең әсер етуінің өлшеуіші.

Қарапайым жұмыс – күштің түсу нүктесінің шексіз аз қашықтыққа жылжытылуы кезінде істелген жұмыс.

Термодинамикалық жүйенің жұмысы – термодинамикалық жүйе тарапынан сыртқы денеге әсер ететін күш жұмысы; жүйенің сыртқы денелерге беретін энергиясы немесе олардан алатын энергиясына тең деп болжалданады.

Шығу жұмысы – қатты немесе сұйық денелерден вакуумға электрондарды айдап шығаруға шығындалатын энергия.

ЖҮПТАРДЫҢ ТУУЫ, бөлшек, антибөлшек жұбының тууы – қарапайым бөлшектердің өзара түрленуінің электрмагниттік немесе өзгедей кез келген өзара әсерлесу нәтижесінде бір мезгілде бөлшек пен антибөлшектің пайда болуы. Жұптардың туу мүмкіндігі (жұптардың аннигиляциясы секілді) Дирак

теңдеуінің салдары ретінде болжанған. 1933 жылы француз физиктері ерлі-зайыпты Ирен (1897 – 1956) мен Фредерик (1900 – 1958) **Жолио-Кюрилер** магнит өрісіне орналастырылған Вильсон камерасы арқылы электрон-позитрондық жұп γ -кванттарын байқаған. Энергия-импульстің сақталу заңына сәйкес жекелеген **фотондардан жұптардың тууы мүмкін емес**. Фотоннан жұптардың туу үрдісі ядроның және атом электрондарының **кулондық өрісінде**, бөлшектердің тыныштықтағы энергиясынан екі есе артық болатын энергиясы кезінде жүзеге асады. Жоғары энергиялы бөлшектердің соқтығысулары кезінде *мюондық* жұптар ($\mu^+ \mu^-$) пайда болады.

ЖҰП – бірдей екі нәрсе; бір нәрсенің екі данасы; қосарланған нәрселер. Осы түсінік физикалық нысандарға, құбылыстарға да қолданылады.

Айналу жұбы – ілгерілемелі қозғалысқа әкелетін, бірдей және қарама-қарсы бағыттағы бұрыштық жылдамдықтармен параллель екі өстің айналасындағы (төңірегіндегі) айналыс.

Куперлік жұп – екі фермионның мысалы Бозе-Эйнштейн үлестірілуіне бағынатын және металдардағы асқынөткізгіштікті және гелийдің асқынақ-қыштығын қамтамасыз ететін екі электронның ферми-сұйыққа бірігуі. Американи физигі Леон **Купердің** (1930 ж.т.) құрметіне аталған.

Күштер жұбы – шамасы бойынша тең және параллель, бірақ қарама-қарсы бағытталған екі күштің жүйесі.

ЖҰПТЫЛЫҚ – микробөлшектердің (молекуланың, атомның, атом ядросының, қарапайым бөлшектердің) **симметриялық** қасиеттерін бейнелейтін толқындық функцияның **айналық шағылысуға** қатысты әлгі микробөлшектер күйлерінің кванттық-механикалық сипаттамасы. Күшті және электрмагниттік өзараәсерлесудің салдарынан туындайтын үрдістерде жұптылықтың сақталу заңы орын алған: белгілі бір айналық симметрияның бастапқы күйіне ие болатын физикалық жүйе осы симметрияны кейінгі уақыт сәттерінде де сақтайды. Жұптылықтың сақталуы атомдардың электрмагниттік сәулелері және атом ядроларының, ядролық реакциялар мен *қарапайым бөлшектердің* бір-біріне өзара айналу реакциялары үшін бірқатар таңдау ережесіне әкеп соғады.

Ядролық бета-ыдырау нәтижесінде туындайтын әлсіз өзараәсерлесуде, жұптылықтың сақталу заңы бұзылады. Осындай бұзылыстың болуын 1956 жылы қытай физиктері: Ли **Цзундао** және Янг **Чженьнин** алдын ала болжаған, 1957 жылы американи физигі Ву **Цзяньсюн** ядролық β -ыдырау туралы тәжірибесі негізінде растаған. Мұны американи физигі Лео **Ледерман** (1922 ж.т.) мюонның ыдырауы кезінде байқаған.

1952 жылы американ физигі Э.Вигнер айналық шағылысу кезінде электронның оң зарядталған (массасы бұрынғыдай) бөлшекке – **позитронға** айналатынын байқаған болатын. Ол **барлық бөлшектердің сәйкес антибөлшектерге айналу** мүмкіндігін болжаған. Осы құбылысты кеңес физигі Лев Ландау (1908 – 1968) комбинациялы инверсия деп атаған.

Кванттық теориядағы жұптылық микробөлшектердің негізгі және қоздырылған күйлерін сипаттайтын физикалық шама болып табылады.

ЖҰТЫЛУ – физикалық әртүрлі үрдістерде энергияның түрлену, сәуле қарқындылығының кемуі, т.б. құбылыстарға қатысты қолданылатын түсінік.

Гамма-сәуленің резонанстық жұтылуы – атом ядроларының қозған күйге ауысуының салдарынан атом ядроларының гамма-кванттарды жұтуы.

Жарықтың жұтылуы – зат арқылы өтетін оптикалық сәуленің қарқындылығының кемуі.

Жарықтың көпфотонды жұтылуы – әртүрлі монохроматты жарық көздерінен таралатын (шығатын) бірнеше фотонның өзараәсерлесуінің бір актісіндегі жұтылуы.

Жарықтың резонанстық жұтылуы – жарықтың атомдарды жұтушы ортаның негізгі күйден қозған күйге ауысуына сәйкес болатын жиілікпен жұтылуы.

Толқындардың жұтылуы – толқындардың өздерінің энергиясы таралатын ортамен өзараәсерлесуі нәтижесінде әлгі толқындар энергиясының өзге энергия түріне түрленуі.

ЖҰТЫЛУ КОЭФФИЦИЕНТІ – берілген дене жұтқан сәуле ағынының осы денеге түсетін сәуле ағынына қатынасы. Кемитін ағынның спектрі кең, тұтас болатын жағдайда, аталған қатынас интегралды жұтылу коэффициентін сипаттайды; егер де кемитін жарық жиілігінің диапазоны тар болса, онда монохроматты жұтылу коэффициенті жайлы сөз болады. **Энергияның сақталу заңы бойынша**, жұтылу коэффициентінің, шағылу коэффициентінің және сәулені өткізу коэффициенттерінің қосындысы 1-ге тең болады. Заттың қасиетін сипаттайтын жұтылу көрсеткішінің жұтылу коэффициентінен айырмашылығы – жарық сүзіп өтетін қабаттың қалыңдығына, яғни дененің өлшеміне тәуелді болуында. Спектрскопияда кейде «жұтылу коэффициентін» жұтылу көрсеткіші деп те атайды.

ЖҰТЫЛУ КӨРСЕТКІШІ (κ_λ) – параллель шоқ құрайтын толқын ұзындығының (λ) монохроматты сәуле ағынының затқа жұтылу есебінен $e = 2,718$ есе (натурал жұту көрсеткіші) немесе 10 есе (ондық жұту көрсеткіші) кемуіне кері шама.

ЖҰТЫЛУ СПЕКТРЛЕРІ – сәулелердің заттардан өтуі және жұтылуы кезінде пайда болатын спектрлер. Әрбір химиялық элемент өзіне тән жұтылу спектрлерін

шығарады. Энергияның төменгі деңгейінен жоғарғы деңгейіне көтерілгенде сәуле шығарғыштық *кванттық ауысу* кезінде пайда болады.

ЖҮЙЕ – бір-бірімен өзара байланыста болатын, белгілі бір тұтастық құратын көптеген құрамдас бөліктердің жиынтығы. Жүйелер **материалдық** және **абстрактілік** жүйе болып ажыратылған. Абстрактілік жүйелерге жүйе туралы ұғымдар, болжамдар, теориялар, ілімдер, т.б. жатады.

Физикалық жүйе – сырттай қарастырылған нысандардан (денелерден, бөлшектерден, өрістерден, т.б.) кез келген тәсілмен бөлініп алынған әлгі нысандардың физикалық қасиеттері болатын дене жиынтығы.

Айналы-линзалы жүйе – шағылдырушы және сындырушы бөліктері болатын оптикалық жүйе.

Апериодты жүйе – энергиясы көп шығындалуы себепті меншікті тербелісі мүмкін болмайтын жүйе.

Байланысқан жүйелер – әрқайсысының еркіндік дәрежесі біреу болатын бір-бірімен өзараәсерлесуші жүйелердің жиынтығы ретінде қарастырылатын екі немесе одан артық еркіндік дәрежелі тербелмелі жүйелер.

Бірліктер жүйесі – физикалық шамалардың табиғаттағы өзара байланыстарын бейнелейтін теориялар негізінде құрылған *н е г і з г і және т у ы н д ы* бірліктер жүйесінің жиынтығы.

Бірліктердің абсолюттік жүйесі – 1. Шекті санды негізгі бірліктерді қамтыған бірліктер жүйесі. 2. Негізгі механикалық бірліктері – ұзындық, масса және уақыт болып табылатын бірліктер жүйесі. 3. Негізгі бірліктері үшін *с а н т и м е т р, г р а м м және с е к у н д* қабылданған бірліктер жүйесі.

Бірліктердің гаусстық жүйесі – негізгі бірліктері *с а н т и м е т р, г р а м м және с е к у н д* болатын электрлік және магниттік шамалардың, диэлектрлік және магниттік өтімділігі вакуумда 1-ге тең болатын өлшемсіз шама болатын бірліктердің абсолюттік жүйесі. Бұл жүйені неміс математигі әрі физигі Карл **Гаусс** (1777 – 1855) ұсынған.

Бірліктердің динамикалық жүйесі – негізгі шамалар санына масса бірлігі алынатын, ал күш бірлігі туынды бірлік болатын және Ньютонның екінші заңымен анықталатын бірліктер жүйесі.

Бірліктердің когерентті жүйесі – бірліктің біреуін өзге бірлік арқылы анықтауға арналған теңдеулердің тек 1-ге тең өлшемсіз пропорционалдық коэффициенті болатын бірліктер жүйесі.

Бірліктердің табиғи жүйесі – негізгі іргелі физикалық тұрақты шамалардың бірліктері ретінде таңдалатын негізгі бірліктердің өлшемдері табиғи құбылыстармен анықталатын бірліктер жүйесі.

Бірліктердің халықаралық жүйесі – ғылым мен техниканың бүкіл салаларын қамтыған негізгі бірліктер ретінде метр, килограмм, секунд, ампер, кельвин, кандела және м о л ь қабылданған когерентті кемелдендірілген бірліктер жүйесі.

Гетерогенді жүйе – физикалық қасиеттері немесе химиялық құрамы бойынша әрқилы болатын фазалардан құралған термодинамикалық жүйе.

Голономды жүйе – тек геометриялық (голономды) байланыстар ғана әсер ететін механикалық жүйе.

Гомогенді жүйе – қасиеті кеңістікте үздіксіз түрде өзгертін термодинамикалық жүйе.

Джорджи бірліктерінің жүйесі – негізгі бірліктері метр, килограмм, секунд және электрдинамикалық бірліктердің біреуі болатын бірліктер жүйесі.

Дисперстік жүйе – фазалардың ажыратылу беттері күшті дамыған екі немесе одан да көп термодинамикалық фазалардан құралған гетерогендік жүйе.

Диссипатциялық жүйе – энергияның өзге түріне, мысалы жылу энергиясына ауысқанда толық механикалық энергиясы қозғалыс кезінде үздіксіз кемитін динамикалық жүйе.

Иммерсиялық жүйе – зат пен бірінші линзаның арасындағы кеңістігі сыну көрсеткіші үлкен сұйықпен толтырылған оптикалық жүйе.

Кванттық жүйе – кванттық механиканың заңдарына бағынышты болатын бірнеше немесе көптеген бөлшектердің жүйесі.

Консервативтік жүйе – бүкіл сыртқы күштері тұрақты және потенциалды, ал бүкіл ішкі күштері потенциалды болатын механикалық жүйе.

Нұсқасыз (вариантсыз) термодинамикалық жүйе – термодинамикалық еркіндік дәрежесінің саны нөлге тең болатын термодинамикалық жүйе.

n -нұсқалы термодинамикалық жүйе – термодинамикалық еркіндік дәрежесінің саны n -ге тең болатын термодинамикалық жүйе.

Оқшауланған жүйе – ешқандай сыртқы әсерлерге ұшырамаған жүйе.

Өлшеуіш жүйе – біртұтас жұмыс істейтін өлшеуіш аспаптардың, өлшеуіш түрлендіргіштердің және осылар арқылы ақпараттар алынатын өңдеуіш құралдардың жиынтығы.

Метрлік өлшеуіштер жиыны – физикалық шамалардың негізіне м е т р және к и л о г р а м м жатқызылған бірліктерінің жүйесі.

Механикалық жүйе – классикалық механиканың заңдарына сәйкес қозғалатын және бір-бірімен әрі осы жиынтыққа енбеген денелермен өзараәсерлесуші материалдық нүктелердің ойша ажыратылып алынған жиынтығы.

Оптикалық жүйе – жарық көзінен шығатын жарық ағындарын басқару және заттардың оптикалық кескіндерін түзу үшін белгілі бір тәртіппен комбинацияланған линзалардың, айналардың, призмалардың, т.б. жиынтығы.

Планк бірліктері жүйесі – негізгі бірліктер ретінде жарықтың вакуумдағы жылдамдығы, гравитациялық тұрақты, Больцман тұрақтысы және Планк тұрақтысы қабылданған бірліктердің табиғи жүйесі. Бұл жүйені неміс физигі Макс **Планк** (1858 – 1947) ұсынған.

Санақ жүйесі – координаттар жүйесі мен сағат қатаң байланысқан дене.

Санақтың салыстырмалық жүйесі – санақтың абсолюттік жүйесіне қатысты қозғалатын санақ жүйесі.

Санақтың гелиорталықты жүйесі – Күнмен байланысты санақ жүйесі.

Санақтың геоорталықты жүйесі – Жермен байланысты санақ жүйесі.

Санақтың инерциялық жүйесі – егер материалдық нүктелер кейбір денелердің әсеріне ұшырамайтын болса немесе осы әсердің есесі (орны) толтырылатын (компенсацияланатын) болса, әлгі материалдық нүктелерге қатысты өздерінің жылдамдықтарын тұрақты қалпында сақтайтын санақ жүйесі.

Санақтың инерциялы емес жүйесі – ешбір денелердің ықпалына ұшырамаған материалдық нүктелердің санақ жүйесіне қатысты үдемелі қозғалысы.

Санақтың зертханалық жүйесі – өлшеуіш аспаптармен байланысқан санақ жүйесі.

Сызықтық жүйе – параметрлері жүйенің күйін сипаттайтын айнымалы шамаларға тәуелді болмайтын, ал айнымалы шамалардың өздері суперпозиция принципін қанағаттандыратын жүйе.

Сызықтық емес жүйе – параметрлері жүйенің күйін сипаттайтын айнымалы шамаларға тәуелді болатын жүйе.

Тұйық жүйе – денелердің ешқайсысына сыртқы күштер әсер етпейтін механикалық жүйе.

Термодинамикалық жүйе – бір-бірімен және сыртқы орталармен энергия және заттар алмастыратын макроскопиялық денелер мен өрістердің жиынтығы.

Хартри бірліктері жүйесі – атом физикасында пайдаланылатын негізгі бірліктер ретінде бор радиусы, электронның тыныштықтағы массасы, электрон заряды және Планк тұрақтысы қабылданған бірліктердің табиғи жүйесі. Ағылшын физигі Дуглас **Хартри** (1897 – 1958) ұсынған.

Элементтердің (Д.И.Менделеевтің) периодты жүйесі – химиялық элементтердің физикалық-химиялық қасиеттерінің атомдық нөмірлерге тәуелділігі

бойынша жүйелеу. Бұл жүйені орыс химигі Дмитрий Менделеев (1834 – 1907) ұсынған.

ЖҮЙЕДЕН ТЫС БІРЛІКТЕР – физикалық шамалардың қолданыстағы бірліктер жүйесінің ешқайсысына енбейтін бірліктер. Жүйеден тыс бірліктерді тәуелсіз (өзге бірліктер арқылы анықталмайтын, мысалы, Цельсий градусы, бел, т.б.) және ерікті таңдалған, бірақ өзге бірліктердің кейбір сандарымен өрнектелетін бірліктерге (мысалы, *атмосфера*, *ат күші*, *жарық жылы*, *парсек*) ажыратылған.

ЖҮКТЕМЕ, э л е к т р л і к – 1) электр тізбектеріндегі кез келген қабылдағыш (тұтынушы); 2) электр энергиясы көзінің іс жүзінде беретін қуаты мен оған сәйкес болатын токтың қосындысы. Айнымалы ток тізбектерінде а к т и в т і және р е а к т и в т і жүктемелер болады. **Активті жүктеме** тізбекте шығындалатын (механикалық жұмысқа, жылуға, т.б.) энергияны сипаттайды және оны Вт (Ватт) арқылы өрнектейді. **Реактивті жүктеме** (индуктивті немесе сыйымдылықты) энергия көзі мен қабылдағыштың арасындағы энергия алмасуды сипаттайды. Тізбекте сыйымдылық пен индуктивтілік болатын жағдайда бұл жүктеме вармен (ағылшынша «Вольт-Ампер реактив» деген атаудың қысқартылуынан пайда болған) өлшенеді. 1 В – тізбектегі кернеу 1 Вольт, ток күші 1 Ампер болған кездегі реактивтік қуат бірлігі. Жүктеменің сыйымдылықтық реактивті құраушысы басым болса, жүктемедегі ток фаза бойынша түсірілген (әсер етуші) кернеуден озады (фазаның ығысу бұрышы теріс), ал индуктивтілік құраушы басым болса – кешігеді (фазаның ығысу бұрышы оң). **Тұрақты ток тізбегінде тек активті жүктеме ғана болады.**

ЖҮРІЛГЕН ЖОЛ – қозғалыстағы дене (немесе материалдық нүкте) траекториясының белгілі бір уақыт аралығындағы бастапқы және соңғы нүктелерінің арасындағы ұзындық.

ЖҮРІСТЕР АЙЫРЫМЫ, с ә у л е л е р д і н – екі жарық сәуленің ортақ бастапқы және соңғы нүктелері болатын оптикалық жолдарының ұзындықтары. «Жүрістер айырымы» ұғымы жарық интерференциясын және жарық дифракциясын сипаттауда қолданылатын негізгі ұғымдардың бірі.

ЖЫЛДАМДЫҚ, м е х а н и к а д а ғ ы – нүкте қозғалысының негізгі кинематикалық сипаттамаларының бірі; $v = dr/dt$ (мұндағы r – нүктенің радиус-векторы, t – уақыт) теңдігімен анықталатын векторлық шама. Бірқалыпты қозғалыс кезіндегі нүктенің жылдамдығы сан жүзінде жүрілген жолдың (S) уақыт аралығына (t) қатынасына тең, яғни $v = S/t$, жалпы жағдайда сан жүзінде $v = dS/dt$. Жылдамдық векторы нүкте траекториясының жанамасы бойынша бағытталған. Егер нүктенің

қозғалысы оның декарттық координаттарының (x, y, z) t -ге тәуелділігін өрнектейтін теңдеулермен берілген болса, онда $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$, мұндағы $v_x = dx/dt$, $v_y = dy/dt$, $v_z = dz/dt$, ал жылдамдық векторлары бұрыштар косинустары координаттар өстерімен сәйкес түрде v_x/v , v_y/v , v_z/v қатынастарын құрайды. Жылдамдық әдетте м/сек (Халықаралық бірліктер жүйесінде) немесе км/сағ бірлігімен өлшенеді.

ЖЫЛДАМДЫҚ – физикалық айнымалы шама өзгерісінің осы өзгеріс болған уақыт аралығының қатынасымен анықталатын әлгі физикалық шаманың өзгерісінің шапшаңдығы.

Абсолюттік жылдамдық – нүктенің санақтың абсолют жүйесіне қатысты қозғалысының шапшаңдығы.

Ғарыштық бірінші жылдамдық – дененің Жердің жасанды серігіне айналуы үшін оған берілуі қажет ең аз шапшаңдық.

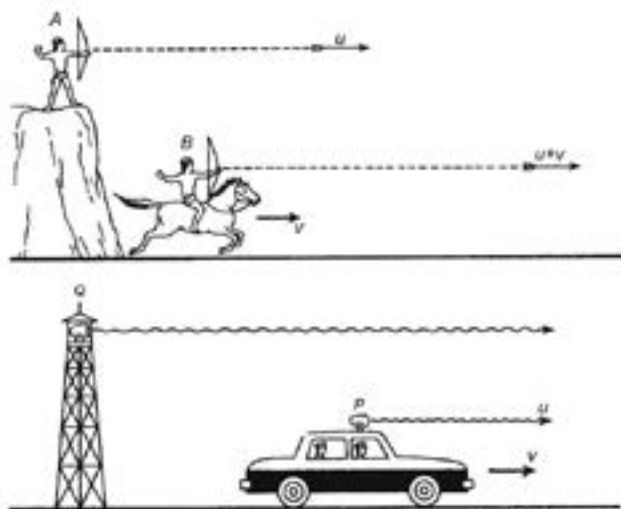
Ғарыштық екінші жылдамдық – дененің Жердің тартылыс өрісіндегі ұшу орбитасы параболалық орбита болуы үшін, оған берілуге қажет ең аз шапшаңдық.

Ғарыштық үшінші жылдамдық – дененің Күннің тартылыс күшін жеңіп, Күн жүйесінен тысқары ұшып шығуына қажет шапшаңдық.

Дыбыс жылдамдығы – серпімді толқынның қалпы өзгермейтін жағдайдағы қозғалыс шапшаңдығы.

Жарықтың вакуумдағы жылдамдығы – кез келген электрмагниттік толқындардың таралу шапшаңдығы және кез келген физикалық ықпалдардың таралуының шекті шапшаңдығы; іргелі физикалық тұрақты шама.

Нүктенің бұрыштық жылдамдығы – нүктенің радиус-векторының бұрылу бұрышының осы бұрылу болған уақыт аралығына қатынасы.



Жарық жылдамдығынан төмен болатын жылдамдықтар арифметикалық қосу ережесі бойынша анықталады. Егер аттың жылдамдығы v болса, ал садақ жебесінің ұшу жылдамдығы U болса, онда атты адамның жебесінің ұшу жылдамдығы $v+U$ болатыны белгілі. Полиция көлігінің жылдамдығы мен сиренаның тарататын дыбыс жылдамдығы да осы секілді қосылады, ал жарық жылдамдығына қарайлас жылдамдықтарды қосу өзге ережеге бағынады.

Орташа жылдамдық – нүктенің біраз уақыт аралығындағы орташаланған шапшаңдығы.

Релятивтік жылдамдық – бөлшектердің арнайы салыстырмалық теория алдын ала болжаған эффектілер айқын білінетін кездегі жарықтың вакуумдағы жылдамдығына жуық қозғалу шапшаңдығы.

Салыстырмалы жылдамдық – 1. Нүктенің санақ жүйесіне қатысты қозғалу шапшаңдығы. 2. Нүктенің салыстырмалы қозғалысы себеп болатын абсолюттік жылдамдықтың құраушысы.

Фазалық жылдамдық – толқындар фазаларының таралу шапшаңдығы.

ЖЫЛЖУ – дененің жанама кернеулер тудыратын деформациясы.

Изотоптық жылжу – бір химиялық элементтің әртүрлі изотоптарына жататын атомның және спектрлік сызықтардың энергия деңгейлерінің бір-біріне қатысты ығысуы.

Ләмбілік жылжу – электронның физикалық вакууммен өзараәсерлесуі тудырған виртуалдық бөлшектердің тууы мен жұтылуы, сутек атомындағы және сутекке ұқсас атомдардағы электрон энергиясының айныған деңгейлерінің бөлшектенуі. Бұл құбылысты америка физигі Уиллис Ләмб (1913 – 2008) ашқан.

Фазалар жылжуы – периодты өзгертін екі шаманың бірдей фазаларының уақыт бойынша үйлеспесуі.

ЖЫЛУ – денені құраушы бөлшектердің (молекулалардың, атомдардың, электрондардың, фотондардың, т.б.) ретсіз (жылулық) қозғалыстарының түрі; жылудың мөлшерлік өлшемі ретінде жылудың мөлшері алынған, яғни жылу алмасу (жүйенің сыртқы параметрлері өзгермейтін кезіндегі: көлемі, т.б.) кезіндегі алатын немесе беретін энергия мөлшері. Жылу мөлшері жұмыспен қатар жүйенің *ішкі энергиясының* (U) да өлшемі болып табылады. Жүйенің ішкі энергиясы *жылу алмасу* кезінде жүйе молекулаларының қоршаған денелердің молекулаларымен тікелей өзараәсерлесуі (соқтығысулары) нәтижесінде өзгертін болады.

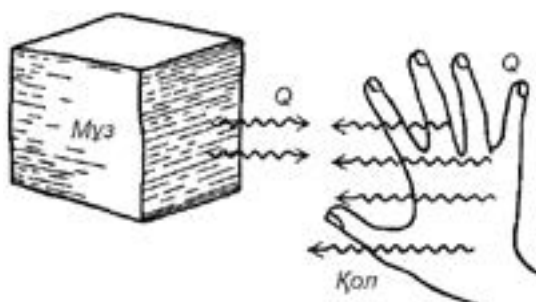
Жылудың кинетикалық теориясы бойынша жылу кез келген затты құраушы ретсіз қозғалатын атомдардың немесе молекулалардың кинетикалық энергиясы болып табылады. Термодинамиканың үшінші бастамасы бойынша заттардың барлық молекулалары қозғалыстарын тоқтататын $-273,15^{\circ}\text{C}$ абсолют нөл температура шығару мүмкін емес. Сондықтан молекулалар әрқашан үздіксіз «жылулық» деп аталатын қозғалыста болады; оның қарқындылығы денені қыздырған кезде артады. Осындай қозғалыстың болатынын 1827 жылы ағылшын ғалымы (ботанигі) Роберт Броун (1773–1858) жанама дәлелдеме арқылы анықтаған. Ол суда қалқып жүрген ұсақ тозанның үздіксіз секірісті қозғалысын байқаған. Әрбір ұсақ бөлшекті

(тозаңды) су молекулаларының бірқалыпсыз соққылауы нәтижесінде пайда болатын әлгіндей қозғалыс *броундық қозғалыс* деп аталған. Бөлшек өте кішкене болған сайын, қарқынды қозғалады.

Жылу құбылысын қысқаша тұжырымдасақ, ол: 1) Жылу алмасу тәсілімен немесе дененің өзінде жүзеге асатын кез келген үрдіс (процес) кезінде денені құраушы микробөлшектердің бейберекет (ретсіз) қозғалысы түрінде қабылданатын немесе берілетін энергия; 2) денені құраушы микробөлшектердің жылулық бейберекет қозғалысының (ретсіз) түрі; 3) дененің микробөлшектерінің жылулық бейберекет қозғалысының салдарынан пайда болатын ішкі энергиясының бір бөлігі.

Жылу калориямен немесе джоульмен өлшенеді (1 кал = 4,1808 Дж).

Балқу жылуы – тұрақты қысым кезінде қатты (кристалл) затты толықтай сұйық



Мұздың салқындығы және қолдың жылуы

күйге (заттарды кристалдандыруға) ауыстыру үшін оған берілуге тиісті жылу мөлшері. Заттардың масса бірлігінің балқу жылуы меншікті балқу жылуы деп аталған. Балқу жылуы – *фазалық ауысу* жылуының дербес жағдайы. Меншікті балқу жылуы Дж/кг, ккал/кг бірлігімен және мольдік (молярлық) балқу жылуына (Дж/моль) ажыратылған.

Булану жылуы – қысым және температура тұрақты болған кезде затты сұйық күйінен газ тәрізді күйге (буға) ауыстыру үшін берілуге қажет жылу мөлшері. Заттардың масса бірлігінің булану жылуы меншікті булану жылуы деп аталған. Булану жылуы фазалық ауысу жылуының дербес жағдайы болып есептеледі.

Жану жылуы – отынның толықтай жануы кезінде бөлінетін жылу мөлшері (Дж немесе кал бірлігімен өлшенетін). Жану жылуы төменгі (отынның өзінде болатын немесе жану кезінде пайда болатын суды буландыруға шығындалған жылу есепке алынбайтын) және жоғарғы (егер жанудың соңғы қалдығында су кездесетін болса) жану жылуы деп аталған. Сонымен қатар **меншікті және көлемді** жану жылуына да бөлінеді. Жану жылуы отынның химиялық құрамымен анықталады. Егер су бу түрінде кездесетін болса, онда жану жылуы **төменгі**, ал егер су және сутек отынның соңғы қалдығында (күлінде) кездессе, ол жану жылуы **жоғарғы** жану жылуы деп аталған.

Конденсациялық жылу – қаныққан будың конденсациялануы кезінде бөлінетін жылуы.

Қайнау жылуы – «б у л а н у ж ы л у ы» деген ұғыммен мағыналас.

Меншікті жылу – фазалық ауысу жылуының заттың массасына қатынасы.

Мольдік жылу – фазалық ауысу үрдісінде бөлінетін жылудың моль өлшеммен өрнектелген осы үрдіске қатысушы заттар мөлшеріне қатынасы.

Пайда болу жылуы – жай заттардан олардың стандарттық күйлерінде химиялық қосылыстардың пайда болуының жылулық эффектісі.

Сублимация жылуы – қысым және температура тұрақты болатын кездегі қатты денені сұйық күйге ауыстырмастан тікелей газтәрізді күйге ауыстыруға қажет жылу мөлшері. Заттардың масса бірлігінің сублимация жылуы m е н ш і к т і сублимация жылуы (құрғақ айдау) деп аталған.

Фазалық ауысу жылуы – тепе-теңдік үрдісте заттардың масса бірлігінің бір фазадан өзге фазаға ауысуы үшін екі фазалы жүйеге берілуге қажет жылу мөлшері. Фазалық ауысу жылуы бірінші текті фазалық ауысудың сипаттық белгісі болады.

ЖЫЛУ АҒЫНЫ – уақыт бірлігінде изотермиялық бет арқылы берілетін жылу мөлшері. Жылу ағынының өлшемділігі қуаттың өлшемділігімен үйлеседі (бірдей). Жылу ағыны ваттпен немесе ккал/сағат ($1 \text{ ккал/сағат} = 1,163 \text{ Вт}$) арқылы өлшенеді. Жылулық ағынның изотермиялық бет бірлігіне қатынасы жылулық ағынның т ы ғ ы з д ы ғ ы, меншікті жылу ағыны немесе **жылулық жүктеме** деп аталған; әдетте q арқылы белгіленген, Вт/м^2 немесе $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{сағат}$) арқылы өлшенеді.

ЖЫЛУ АЛМАСУ – температураның өзгерісінен туындайтын жылу тасымалының өз еркімен өтетін қайтымсыз үрдісі. Жалпы жағдайда жылу тасымалы өзгедей физикалық шамалар өрістерінің біртекті болуы себепті де пайда болады, мысалы, шоғырланудың өзгерісі – **Дюфур эффектісі**. Жылудың қызуы мол денеден қызуы кем денеге таралуы. Жылу алмасу жылу өткізгіштік, *конвекция*, жылулық сәулелік жылу алмасу, фазалық түрлендірулер кезіндегі жылу алмасу деген үрдістерге ажыратылған; іс жүзінде жылу алмасу көбінесе бірнеше түрмен тікелей жүзеге асырылады. Жылу алмасу табиғатта (мысалы, жұлдыздар мен ғаламшарлардың эволюциясы, Жер бетіндегі метеорологиялық үрдістер, т.б.), техникада және тұрмыста көптеген үрдістерді анықтайды немесе қабаттасып өтеді. Көптеген жағдайда, мысалы, кептіру үрдісін, буландырып салқындату, диффузияны зерттеулер кезінде жылу алмасу масса алмасумен бірлестіріліп қарастырылады. Екі жылу тасығыш (газбен, сұйықпен) арасында оларды бір-бірінен ажыратып тұрған қатты қабырғалар немесе олардың арасын бөліп тұрған беттер арқылы жылу алмасу *жылу беру* деп аталған.

Сонымен, жылу алмасу: 1) макрокопиялық жұмыс істелместен бір денеден екінші денеге энергияның берілуіне әкеп соқтыратын микробөлшектердің бей-берекет (ретсіз) қозғалысына байланысты болатын микроскопиялық үрдістердің жиынтығы; 2) температура градиентінің (өсуінің немесе төмендеуінің) салдарынан жылудың өз еркімен қайтымсыз тасымалдану үрдісі болып табылады.

Конвекциялық жылу алмасу – жылу алмасудың конвекция арқылы жүзеге асуы.

Сәулелік жылу алмасу – сәуле шығару арқылы жылу алмасу.

Радиациялық-конвекциялық жылу алмасу – конвекциялық және сәуле шығарумен бірлескен әсерлер арқылы жүзеге асырылатын жылу алмасу.

ЖЫЛУ БЕРУ – екі жылу тасығышты бөліп тұрған қатты қабырғалар немесе олардың арасын бөлуші беттер арқылы жылу тасығыш екі аралықта жылу алмасу; жылу беру едәуір ыссы сұйықтан немесе газдан қабырғаға, жылу өткізгіштік қабырғаға және едәуір салқын жылжымалы ортаға беруді қамтыған. Жылу беру кезінде жылудың қарқындылығы жылу өткізгіштік коэффициентімен (k) сипатталады, бұл коэффициент қабырға беті ауданының өлшем бірлігі арқылы жылу тасығыштар арасындағы температура айырымы 1 К-ге тең болған кездегі уақыт бірлігінде берілетін жылу мөлшерінің сан жүзіндегі шамасына тең. k коэффициенті ажырату бетінің бөлігі арқылы өтетін температуралық арынға (ΔT) және жылу ағынына (δQ) тәуелді: $k = \delta Q / (\Delta T dS)$. $R = 1/k$ шамасы жылу берудің толық термиялық кедергісі деп аталған. Мысалы, бір қабатты қабырғалар үшін $R = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$, мұндағы α_1 және α_2 – ыссы сұйықтан қабырға бетіне қарай және қабырға бетінен салқын сұйыққа қарай берілетін жылу бергіштік коэффициенттері; δ – қабырғаның қалыңдығы; λ – жылу өткізгіштік коэффициенті. k – көп жағдайда тәжірибе жүзінде анықталады.

Әртүрлі дәрежеде қызған немесе бірқалыпты қызбаған денелер (орта) арасында қайтымсыз жылу алмасу. Жылу беру заттың агрегаттық күйіне, оның физикалық және химиялық құрамына тәуелді, жылу өткізгіштік, конвекция және жылулық сәуле шығару құбылыстары негізінде іске асырылады. Жылу беру кезінде дененің физикалық, химиялық қасиеттері өзгеруі мүмкін. Жылу өткізгіштік құбылысы көршілес атомдар мен молекулалар арасындағы жылу алмасуға негізделген. Бұл құбылыс кезінде зат алмасу болмайды.

Бір денеден (немесе оның бөлігінен) өзге денеге жылу беру: жылу өткізгіштік, конвекция және сәуле арқылы – үш тәсілмен жүзеге асырылады. Атомдар алғашқы екі тәсілде жылу көзінен кинетикалық энергия алып, соқтығысу кезінде оны көршілес атомдарға беруімен байланысты. Берік байланысқан қатты денеде

соқтығысу тек көрші атомдар арасында ғана жүзеге асады, сондықтан қатты денедегі жылу беруге жылу өткізгіштік себеп болған.

Сұйық немесе газ тәрізді ортаға қозғалтқыштық тән, сол себепті ол кинетикалық энергиясы жоғары болатын атомдардың энергиясын (яғни жылуды) едәуір салқын аймақтағы өзге атомдарға бере отырып, тұтасымен қозғала алады – бұл конвекция. Бірақ жылу атомдар аралығында тікелей жанасусыз-ақ беріле алады. Мысалы, Күннің жылуы абсолют ғарыштық вакуумға қарамастан, Жерге жетеді. Жылу берудің осы тәсілі *сәуле шығару* арқылы беру болып табылады.

ЖЫЛУВИЗИЯ (латынша «визио – көз, көру») – денелердің өздерінің немесе шағылған жылулық (инфрақызыл) сәулесі бойынша олардың көрінетін кескіндерін шығару (көрсету); қараңғыда немесе оптикалық мөлдір емес орталарда орналасқан нысандардың пішіндерін және орналасқан орнын анықтау үшін пайдаланылады. Спектрдің инфрақызыл аймағындағы байқаудың ерекшеліктерінің бірі – қара (күңгірт) аймағының (фонның) болмауы, денені қоршаған нәрселердің барлығы тығыздығы бойынша (бөлме температурасында және толқын ұзындығы $\lambda=10$ мкм сәуле кезінде) күн сәулесіне қарайлас жылулық сәуле таратады. Егер адамның көзі инфрақызыл сәулеге сезімтал болса, онда айнала ортадағы денелер шығаратын сәулелерден адамның көзі қарығып көрмей қалар еді. Бұған қосымша радиациялық қарама-қарсы түстерді (контраст) байқау мүмкін болмас еді. 1°C температура (толқын ұзындығы $\lambda=10$ мкм болғанда) айырымы жуық шамамен $\sim 1\%$ контраст тудырады екен, көздің көретін ең аз контрастылығы 2% -дай болады. Сол себепті жылулық сәулелерге сезімтал арнайы қабылдағыштар жасалған, бұл құрылғыларда нысандардың инфрақызыл сәулелері көзге көрінетін бейнелерге (кескіндерге) түрлендіріледі.

Алғашқы жылу арқылы көру жүйелері XIX ғасырдың 20 – 30-жылдары жасалған, инфрақызыл сәулелердің қабылдағыштары ретінде *болометрлер* және *терможұптар* пайдаланылған, жылулық сәулелер электр сигналына, сонан соң электрлік-сәулелік түтіктердің кіріс бөлігіне беріліп, *люминесценциялық* экраннан **кескін ретінде байқалатын** болған. XIX ғасырдың 70-жылдары нысандардың жылулық кескіндерін электрлік сигналға түрлендірместен, **жылулық сәуленің ықпалымен өзінің оптикалық сипаттамаларын** (шағылдыру коэффициентін, қарқындылығын, жарқырау түсін) **өзгертетін заттың жұқа қабаты жалатылған экранға тікелей түсіріп, кескін түрінде байқататын құрылғылар жасалды.** Температуралық-сезгіш зат ретінде *сұйық кристалдар*, кристалдық *люминофорлар*, жартылайөткізгіштік пленкалар, магниттік жұқа пленкалар пайдаланылған.

Жылувизиялық тәсілі **медицинада диагностика үшін**, навигацияда,

геологиялық барлауда, *дефектоскопияда*, жылулық үрдістерді ғылыми-техникалық зерттеулерде қолданылады.

ЖЫЛУДЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ЭКВИВАЛЕНТІ (латынша «еквиваленс – бірдей мәнді, бірдей бағалы»). «Жылудың механикалық эквиваленті» ұғымы механикалық жұмыс және жылу мөлшері тарихи жағдайға байланысты әрқилы бірліктермен өлшенуіне байланысты пайда болды. Механикалық жұмыс пен жылудың эквиваленттілігі орныққаннан кейін жылудың механикалық эквиваленті мұқият өлшеніп анықталған соң, ол шама $1 \text{ ккал} = 426,9 \text{ кг} \cdot \text{күш} \cdot \text{м}$ -ге тең болған.

Халықаралық бірліктер жүйесінде (СИ) *жұмысты* және **жылу мөлшерін** өлшеуге ортақ бір бірлік қабылданған – ол *джоуль* ($1 \text{ Дж} = 0,239 \text{ кал} = 0,102 \text{ кг} \cdot \text{күш} \cdot \text{м}$). Сондықтан «жылудың механикалық эквиваленті» ұғымын пайдаланудың қажеті болмай қалды.

ЖЫЛУ ҚОРИ – «*энтальпия*» деген ұғымның баламасы.

ЖЫЛУЛЫҚ ҚОЗҒАЛЫС – қарқындылығы жылу температурасымен анықталатын заттардың, атомдардың, молекулалардың және басқа микробөлшектердің ретсіз қозғалысы.

Жылулық қозғалыстың *кинетикалық энергиясы* заттардың *абсолюттік температурасына* тура пропорционал. Газдардың бөлшектері бір-бірімен тұрақты түрде соқтығысып, газдың бүкіл көлемі бойынша әрқилы жылдамдықпен ретсіз қозғалады. Сұйықтардың бөлшектері тепе-теңдік жағдайдың айналасында тербелмелі қозғалыста болады және бір тепе-теңдік жағдайдан екінші тепе-теңдік жағдайға сирек аттайды. Қатты денелердегі микробөлшектердің жылулық қозғалыстары өздерінің тепе-теңдік жағдайының маңында тербеледі.



Сом металл жолақтың бір ұшы қыздырылғанда жылу энергиясы металдың атомдарына беріліп, олардың кинетикалық энергиясын арттырып, жылулық қозғалысқа түсіреді, соның нәтижесінде атомдар бастапқы салқын кездегімен салыстырғанда едәуір күшті тербелетін болады. Егер металл жолақ ұзақ уақыт қыздырылатын болса, оның екінші ұшы да қызып, екі ұшының температуралары теңеседі.

ЖЫЛУЛЫҚ НЕЙТРОНДАР – кинетикалық энергиясы $0,5 \text{ эВ}$ -тан $5 \cdot 10^{-3}$

эВ -қа дейін жететін нейтрондар; *баяулатқыш* ортаның атомдарымен жылулық тепе-теңдікке дейін баяулату кезінде пайда болады. Баяулатқышта жылулық жылдамдық бойынша жылулық нейтрондардың үлестірілуі газ молекулаларына арналған **Максвелл үлестірілуіне** сәйкес анықталады. Жылулық нейтрондардың

ең ықтимал жылдамдығына сәйкес болатын энергия $8,6 \cdot 10^{-5} T \text{ эВ}$ (T – абсолюттік температура).

ЖЫЛУЛЫҚ СӘУЛЕ, температуралық сәуле – заттар шығаратын (тарататын) және олардың *ішкі энергиясының* (мысалы, сыртқы энергия көздері арқылы қоздырылатын *люминесценциядан* айырмашылығы) есебінен пайда болатын электромагниттік сәуле. Жылулық сәуленің спектрі – тұтас спектр болады, оның максимум қалпы заттың температурасына тәуелді. Температура артқанда жылулық сәуленің жалпы энергиясы да артады, максимумы толқын ұзындығы қысқа аймаққа қарай жылжиды. Жылулық сәулені, мысалы, металдың қызған беті, жер атмосферасы, т.б. шығарады (таратады). Барлық сәуле шығармайтын (таратпайтын) үрдістерде, яғни газдардағы және плазмадағы бөлшектердің әртүрлі соқтығысуларына, қатты денелердегі электрондық және тербелмелі қозғалыстарға арналған заттардағы жаппай тепе-теңдік жағдайларда жылулық сәуле пайда болады. Заттардың кеңістіктің әрбір нүктесіндегі тепе-теңдік күйі – жергілікті *термодинамикалық тепе-теңдік* болады, сонымен бірге жылулық сәуле тәуелді болатын берілген нүктедегі температураның мәнімен сипатталады.

Жалпы жағдайда денелер жүйесі үшін тек жергілікті термодинамикалық тепе-теңдік орындалатын және әртүрлі нүктелер үшін әртүрлі температурасы болатын жылулық сәуле заттармен термодинамикалық тепе-теңдікте бола алмайды. Едәуір қызған дене жұтудан гөрі көбірек сәуле шығарады, ал едәуір салқын дене сәйкес түрде – керісінше, сәуле шығарумен салыстырғанда одан көбірек сәуле жұтады. **Сәуле едәуір қызған денеден едәуір салқын денеге қарай тасымалданады.** Жүйедегі температураның таралуын сақтау кезінде тұрақты күйді ұстап тұру үшін, сәуле шығарушы дененің жылу энергиясының шығынын толтыру және едәуір салқын денеден жылуды алып кету қажет.

Толықтай термодинамикалық тепе-теңдік кезіндегі жүйенің барлық бөліктерінің температурасы бірдей болады және әрбір дене шығарған жылулық сәуленің энергиясының орны осы дененің және басқа денелердің жұтқан энергиясымен толады. Тепе-теңдік сәуле шығарудың спектрі заттардың табиғатына тәуелді емес, тек **Планктің сәуле шығару заңымен** анықталады. Қара емес денелердің жылулық сәуле шығаруы үшін *абсолют қара дененің* сәуле шығару және жұту қасиеттерін байланыстырушы сәуле шығарудың *Кирхгоф заңы* тура болады.

ЖЫЛУЛЫҚ ТЕПЕ-ТЕҢДІК – термодинамикалық тепе-теңдік дегенмен мағынасы бірдей.

ЖЫЛУЛЫҚ ҰЛҒАЮ – дененің қыздырылуы кезінде оның өлшемдерінің өзгеруі. Тұрақты қысым (p) кезіндегі жылулық ұлғаюдың мөлшері изобарлық ұлғаю коэффициентімен (жылулық ұлғаюдың көлемдік коэффициентімен – α)

сипатталады: $\alpha=1/V(dV/dT)_p$, мұндағы V – дененің көлемі (қатты, сұйық немесе газтәрізді), T – дененің абсолюттік температурасы. α -ның мәні іс жүзінде мына формуламен анықталады: $\alpha=(V' - V)/V(T_2-T_1)$, мұндағы V' және V – дененің T_1 және T_2 температура кезіндегі көлемдері ($T_1 < T_2$). Қатты денелердің жылулық ұлғаюын сипаттау үшін α -мен бірге сызықтық жылулық коэффициенті енгізілген: $\alpha_c=1/e(dl/dT)_p$, мұндағы l – дененің бастапқы ұзындығы.

Көпшілік денелер үшін $\alpha < 0$, бірақ кейбір жағдайларда бұл шарт орындалмайды. Мысалы, су атмосфералық қысым кезінде 0°C -тан 4°C -қа дейін жылығанда ($\alpha < 0$) көлемін кішірейтеді. α -ның T -ге тәуелділігі газдарда едәуір байқарлықтай болады: идеал газдар үшін $\alpha = 1/T$, сұйықтарда жылулық ұлғаю әлсіздеу. Бірқатар заттарда және қатты заттарда (кварцта, инварда) α коэффициент өте аз және іс жүзінде T -нің кең алқабында тұрақты. $T \rightarrow 0$ -ге ұмтылғанда α –коэффициент те $\alpha \rightarrow 0$ -ге ұмтылады. Газдардың жылулық ұлғаюы: оны қыздырған кезде кинетикалық энергиясы артады және осы энергия есебінен сыртқы қысымға қарсы жұмыс істеледі. Қатты денелер мен сұйықтардың жылулық ұлғаюы атомдардың жылулық тербелістерінің симметриясыз болуына (ангармонизм) байланысты, осының себебінен T (дененің абсолюттік температурасы) артқанда атомаралық ара қашықтық артатын болады.

ЖЫЛУЛЫҚ ШУЫЛ – өткізгіштердегі заряд тасушылардың жылулық қозғалыстарынан туындайтын токтардың және кернеулердің кездейсоқ ауытқулары.

ЖЫЛУ ӨТКІЗГІШТІК – едәуір қызған денеден қызуы аз денеге температураны теңгеруге әкеп соқтыратын жылу тасымалдаудың бір түрі. Жылу өткізгіштік кезінде энергияны тасымалдау энергиясы көп бөлшектерден (молекулалардан, атомдардан, электрондардан) энергиясы аз бөлшектерге тікелей беру нәтижесінде жүзеге асырылады.

Металдардың жылу өткізгіштігі ток тасушылардың – *өткізгіштік электрондардың* өзараәсерлесуімен анықталады. Қатты денелердің жылу өткізгіштігі қатты дененің түріне байланысты әртүрлі болады. *Диэлектриктерде* еркін (**бос**) **электрондар болмайтындықтан, жылулық қозғалыстың энергиясын тасымалдау фонондармен** жүзеге асырылады. Жартылай өткізгіштердегі жылуды тасымалдау диэлектриктер мен металдардағы жылу тасымалдаудан күрделі болады.

Егер температураның (T) салыстырмалы өзгерісі бөлшектердің орташа *еркін жол ұзындығынан* (l) аз болса, онда жылуөткізгіштіктің негізгі заңы (**Фурье заңы**) орындалады: жылулық ағынның тығыздығы (q) температура градиентіне (арту немесе кему шамаларының өзгерісі) пропорционал, яғни $\text{grad } T$: $q = -\lambda \text{ grad } T$, мұндағы λ – жылу өткізгіштік коэффициент, немесе жай ғана жылу өткізгіштік, $\text{grad } T$ -ға

тәуелсіз (λ заттың агрегаттың күйіне, оның атомдық-молекулалық құрылымына, температураға, қысымға, құрамына т.б. тәуелді).

$\text{grad } T$ -тің шамасы өте үлкен болған кезде (мысалы, күшті соққы толқындары кезінде), төменгі температуралар кезінде (сұйық He II үшін) және газдардағы энергияның тасымалдануы тек атомаралық соқтығысулармен ғана емес, температура $\sim 10^4 - 10^5$ К болған кездегі сәуле шығару (сәулелік жылу өткізгіштік) есебінен де жүзеге асырылады. Металдардағы жылу өткізгіштік ток тасушылардың – өткізгіштік электрондардың қозғалысымен және өзараәсерлесуімен анықталады.

Тұрақты жылу өткізгіштік – дененің әрбір бөлігінің температуралары уақыттың өтуіне байланысты өзгермейтін кездегі жылу өткізгіштік.

Торлық жылу өткізгіштік – металдардың кристалдық торлары жүзеге асыратын жылу өткізгіштігі.

Электрондық жылу өткізгіштік – металдардың электрондары жүзеге асыратын жылу өткізгіштігі.

ЖЫЛУРЕЗИСТИВТІК ЭФФЕКТ (ағылшынша «resistive»), латынша «резистере – қарсыласу» + эффект) – қатты өткізгіштің (металдың, жартылай өткізгіштің) деформациясы нәтижесінде электрлік кедергінің өзгеруі. Жылурезистивтік эффект жартылайөткізгіш деформация кезінде заряд тасушылардың энергетикалық спектрінің өзгерісімен байланысты әлгі жартылайөткізгіштерде ерекше үлкен: тыйым салынған зонаның енінің және қоспалық деңгейлердің иондану энергиясының өзгерісімен; өткізгіш зонаның жекелеген аңғарлары энергияларының салыстырмалы өзгерісімен; деформация жоқ кезде айныған кемтіктік зоналардың бөлшектенуімен; заряд тасушылардың эффективтік массаларының өзгерісімен байланысқан. Осылардың барлығы заряд тасушылардың концентрациясының және олардың эффектілік қозғалғыштығының өзгеруіне әкеледі. Деформация осыларға қоса заряд тасушылардың шашырау үрдістеріне *фонондар* спектрлерінің өзгерісі арқылы және жаңа ақаулардың пайда болуына ықпал етеді.

ЖЫЛУ СЫЙЫМДЫЛЫҚ – денені 1 градусқа (1°C немесе К) қыздыру кезінде оның жұтатын жылуының мөлшері; дәлірек – дене температурасының шексіз аз өзгеруі кезінде дененің жұтатын жылу мөлшерінің осы өзгеріске қатынасы. Заттар массасы бірлігінің (г, кг) жылу сыйымдылығы m е н ш і к т і жылу сыйымдылық деп, заттардың 1 моліндегі жылу сыйымдылық – молярлық (мольдік) жылу сыйымдылық деп аталған. Жылу сыйымдылықтың бірлігі Дж/(кг·К), Дж/(моль·К), Дж/($\text{м}^3 \cdot \text{К}$) және жүйеден тыс бірлігі кал/моль·К.

Дененің күйі өзгерген кезде оның жұтатын жылу мөлшері тек бастапқы және соңғы күйлеріне ғана тәуелді емес (жеке жағдайда оның температурасына), олардың

арасындағы ауысудың жүзеге асырылу тәсіліне де тәуелді. Сәйкес түрде дененің қыздырылу тәсіліне де және оның жылу сыйымдылығына да тәуелді. Егер қыздыру үрдісі кезінде сәйкес түрде дененің көлемі немесе қысымы тұрақты ұсталатын болса, әдетте тұрақты көлем (c_v) және тұрақты қысым (c_p) жылу сыйымдылықтар өзара ажыратылатын болады. Тұрақты қысым кезінде қыздырылғанда жылудың бір бөлігі **дененің ұлғаю жұмысына**, ал өзге бір бөлігі – дененің *ішкі энергиясын* арттыруға жұмсалады, тұрақты көлем кезінде қыздырылғанда жылудың барлығы ішкі энергияны арттыруға шығындалады; осы себепті c_p әрқашан c_v -ға қарағанда артық болмақ. Газдар үшін (идеал газ болғанша) мольдік жылу сыйымдылықтың айырымы $c_p - c_v = R$, мұндағы R – эмбебап газ тұрақтысы, ол 8,314 Дж/(моль·К) немесе 1,986 кал/(моль·К). Сұйықтар мен қатты денелердің c_p және c_v арасындағы айырымы салыстырмалы түрде аз шама. Температура төмендеген сайын атомдардың тербелісі әлсіреп, дененің жылу сыйымдылығы азаяды. Температура абсолюттік нөлге жақындағанда барлық қатты дененің жылу сыйымдылығы нөлге жуықтайды.

Атомдық жылу сыйымдылық – жай заттардан құралған дененің жылу сыйымдылығының грамм-атомдармен өрнектелген осы денедегі заттың мөлшеріне қатынасы.

Меншікті жылу сыйымдылық – заттың жылу сыйымдылығының оның массасына қатынасымен анықталатын жылулық сипаттамасы.

Молярлық жылу сыйымдылық – дененің жылу сыйымдылығының осы денедегі заттың мольдермен өрнектелген мөлшеріне қатынасы.

Торлық жылу сыйымдылық – дененің кристалдық торының жұтатын жылуына байланысты жылу сыйымдылық.

Электрондық жылу сыйымдылық – электрондық газдың жылу жұтуына байланысты металдардың жылу сыйымдылығы.

ЖЫЛУ ТАСЫҒЫШ – жоғары температуралы дене жылуын температурасы төмен денеге ауыстыратын қозғалмалы орта (газ, бу, сұйық). Жылу тасығыш қыздыру, салқындату, кептіру, термиялық өңдеу және жылумен қамтамасыздау, жылыту, желдету жүйелері мен жылу құрылғыларында технологиялық мақсаттарға пайдаланылады. Жылу тасығыш зат ретінде газ, бу, ыстық су, сынап, калий, натрий, германий, т.б. заттар пайдаланылады.

Ядролық реакторлардағы жылу тасығыштар ядролық ыдырау реакциясы нәтижесінде бөлінетін жылуды активті зонадан тысқары алып шығады. Әрі реакторды салқындатады. Осы мақсат үшін әдетте **ауыр су, дистилденген су, су буы, органикалық сұйықтар**, CO_2 , He, **сұйық металдар** пайдаланылады.



ЗАҢ – ақиқат құбылыстардың байланысы мен өзара тәуелділігі; құбылыстар арасындағы қажетті әрі тұрақты қатынас.

Авогадро заңы – идеал газдардың көлемдері, қысымдары мен температура-лары бірдей болған кезде, олардың молекулаларының да саны бірдей болатыны тұжырымдалған заң. Бұл заңды 1811 жылы итальян физигі әрі химигі Амедео **Авогадро** (1776 – 1856) ашқан.

Амага заңы – идеал газдар қоспаларының көлемі олардың үлестік (парциалдық) көлемдерінің қосындысына тең болатыны тұжырымдалған заң. Бұл заңды француз физигі Эмиль **Амага** (1841 – 1915) ашқан.

Ампер заңы – 1. Қысқа өткізгіш кесінділерінің бойымен өтетін екі электр тогының механикалық өзараәсерлесу заңы. 2. Қысқа өткізгіш кесінділерінің бойымен өтетін электр тогына магнит өрісі тарапынан әсер ететін күшті анықтауға арналған формула. Бұл заңды 1820 жылы француз физигі Андре **Ампер** (1775 – 1836) ашқан.

Архимед заңы – гидростатика мен аэростатиканың ауырлық күш өрісінде сұйыққа немесе газға батырылған денеге осылардың тарапынан әсер ететін күшті анықтайтын заң. Бұл заңды біздің заманымыздан бұрынғы (б.з.б.) III ғасырда ғұмыр кешкен ежелгі грек ғалымы **Архимед** (б.з.б. 287 – 212) ашқан.

Био – Савар – Лаплас заңы – ток бөлігінің кеңістіктің кейбір нүктелерінде тудыратын магнит өрісінің индукциясын анықтайтын заң. Бұл заңды 1820 жылы француз физиктері Жан **Био** (1774 – 1862) мен Феликс **Савар** (1791 – 1841) бірлесіп ашқан. Кейіннен француз астрономы, физик әрі математигі Пьер **Лаплас** (1749 – 1827) осы Био – Савар заңын жалпылама түрде тұжырымдаған.

Бойль – Мариотт заңы – идеал газдардан берілген масса үшін температура тұрақты болатын кезде газ қысымының оның алып тұрған көлеміне көбейтіндісі тұрақты болатынын айғақтайтын заң. Бұл заңды 1662 жылы ағылшын химигі, физигі әрі философы Роберт **Бойль** (1627 – 1691), 1676 жылы француз физигі Эдм **Мариотт** (1620 – 1684) ашқан.

Бүкіләлемдік тартылыс заңы – бір материалдық нүктенің өзге материалдық нүктені өзіне тартатын өзараәсерлесуші күшін анықтайтын заң. Бұл заңды ағылшын физигі Исаак **Ньютон** (1643 – 1727) ашқан.

Виннің ығысу заңы – абсолют қара дененің тепе-теңдік сәуле шығару спектріндегі энергияның максимумы сәйкес болатын толқын ұзындығын анықтайтын заң. Бұл заңды 1893 жылы неміс физигі Вальгельм **Вин** (1864 – 1928) ашқан.

Гей – Люссак заңы – идеал газдардың тұрақты қысымы кезінде берілген масса көлемі газдың абсолюттік температурасына пропорционал болатынын тұжырымдалған заң. Бұл заңды 1802 жылы француз физигі әрі химигі Жозеф Луи **Гей-Люссак** (1778 – 1850) ашқан.

Гук заңы – қатты дененің серпімді деформациясы кезінде механикалық кернеудің салыстырмалы деформацияға пропорционал болатындығын тұжырымдаған заң. Бұл заңды 1660 жылы ағылшын физигі Роберт **Гук** (1635 – 1703) ашқан.

Дальтон заңы – идеал газдар қоспасының қысымы олардың үлестік (парциалды) қысымдарының қосындысына тең болатынын тұжырымдалған заң. Бұл заңды 1803 жылы ағылшын химигі әрі физигі Джон **Дальтон** (1766 – 1844) ашқан.

Джоуль – Ленц заңы – өткізгіштегі тұрақты токтың бөліп шығаратын жылу мөлшерін анықтайтын заң. Бұл заңды 1841 жылы ағылшын физигі Джеймс **Джоуль** (1818 – 1889), 1842 жылы (Джоульге қатыссыз) орыс физигі Эмилий **Ленц** (1804 – 1865) ашқан.

Дюлонг пен Пти заңы – көлемі тұрақты және температурасы 300 К-ге (Кельвинге) жуық болған кездегі, қарапайым химиялық заттардың молекулалық жылу сыйымдылығының 3 есе көбейтілген әмбебап газ тұрақтысына тең болатындығы тұжырымдалған эмпирикалық ереже. Бұл заңды 1819 жылы француз физиктері: Пьер **Дюлонг** (1785 – 1838) пен Алексис **Пти** (1791 – 1820) тұжырымдаған.

Импульс моментінің сақталу заңы – механиканың егер жүйеге түсірілген күштердің басты моменті қозғалмайтын нүктеге қатысты нөлге тепе-тең болса, онда механикалық жүйе импульсінің моменті осы нүктеге қатысты өзгермей сақталатынын тұжырымдалған заң.

Импульстің сақталу заңы – уақыттың өтуіне байланысты тұйық жүйенің импульсінің өзгермейтіндігін тұжырымдаған механиканың заңы.

Кулон заңы – 1. Вакуумдағы екі нүктелік электр зарядтарының арасындағы өзараәсерлесу күшін анықтайтын заң. 2. Жіңішке магниттелген шабақтардың магнит өрістері арасындағы өзараәсерлесу күшін анықтайтын заң. 3. Сырғанау үйкелісінің күші нормал қысымға пропорционал болады делінетін заң. 4. Теңселу

үйкелісінің күшін нормал қысым күші мен цилиндрдің немесе шардың жазық беті бойынша сырғанайтын радиусымен байланыстыратын заң. Бұл заңды 1785 жылы француз физигі Шарль Кулон (1736–1806) тәжірбие жүзінде анықтаған. 1788 жылы нүктелік магнит өрісіне жалпылаған.

Массалар мен энергиялардың өзарабайланыс заңы – релятивтік динамиканың дененің толық энергиясы дене массасының жарық жылдамдығының екінші дәрежесінің көбейтіндісіне тең болатындығын тұжырымдаған заңы.

Механикалық энергияның сақталу заңы – механиканың уақыттың өтуіне байланысты тек консервативтік күштер әсер ететін тұйық жүйенің кинетикалық және потенциалдық энергияларының қосындысының өзгермейтіндігі тұжырымдалған заң.

Нүкте қозғалысының заңы – нүкте координаттарының уақытқа тәуелділік заңы.

Ньютонның бірінші заңы – өзгедей денелер тарапынан материалдық нүктені тыныштық немесе бірқалыпты тұзусыздықты қозғалыс күйінен шығаратын күш әсер еткен кезеңге дейінгі әлгі нүктенің бастапқы күйінің сақталатындығын тұжырымдайтын механиканың заңы.

Ньютонның екінші заңы – механиканың материалдық нүктенің уақыт бойынша импульстен алынған бірінші туындысы нүктеге әсер ететін бүкіл күштердің қосындысына тең болатыны тұжырымдалған заң. Осы заң «егер денеге сыртқы күш әсер ететін болса, онда дене массасының үдеуге көбейтіндісі күшке тура пропорционал және үдеудің бағыты күштің бағытымен үйлесетін болады» деп те тұжырымдалады.

Ньютонның үшінші заңы – механиканың материалдық екі нүктенің бір-біріне әсер ететін күштері сан жүзінде тең және бір түзудің бойында қарама-қарсы бағытталған болады делінетін заңы.

Осы үш заңды 1687 жылы ағылшын физигі, механигі Исаак **Ньютон** (1643 – 1727) ашқан.

Ом заңы – өткізгіштің белгіленген екі нүктесі арасындағы электр тогының күші мен кернеуінің өзара байланысын анықтайтын заң. Бұл заңды 1826 жылы неміс физигі Георг **Ом** (1787 – 1854) ашқан.

Паскаль заңы – гидростатиканың сыртқы күштердің сұйыққа түсірілетін қысымы оның жан-жағына барлық бағыттарда бірдей таралады делінетін заңы. Бұл заңды 1653 жылы француз математигі әрі физигі Блез **Паскаль** (1623 – 1662) ашқан.

Сәуле шығару заңы – абсолют қара дененің тепе-теңдік сәуле шығару спектріндегі энергияның таралуын тұжырымдаған заң.

Сыну заңы – жарық сәулелерінің қасиеттері әртүрлі мөлдір екі ортаның арасындағы айқын шекара арқылы өту кезіндегі бағыттарының өзгеруін анықтайтын заң.

Тең үлестірілу заңы – термодинамикалық тепе-теңдік күй кезінде жүйенің әрбір еркіндік дәрежесіне орташа есеппен бір ғана кинетикалық энергия тән болатыны туралы заң.

Толық ток заңы – тұрақты электр тогы магнит өрісінің кернеулік векторының тұйық контуры бойынша айналысы (циркуляциясы) осы контур қамтитын токтардың алгебралық қосындысына пропорционал болатыны тұжырымдалған заң.

Фарадейдің электрмагниттік индукция заңы – электрлік контурдағы электрмагниттік индукцияның электрқозғаушы күшінің мәнін және таңбасын анықтайтын заң. Бұл заңды 1831 жылы ағылшын физигі Майкл **Фарадей** (1791 – 1867) ашқан.

Физикалық заң – физикалық тәжірибелер нәтижесінде анықталған немесе тәжірибелік мәліметтерді теориялық жалпылау тәсілі бойынша бір шамалардың өзге шамаларға мөлшерлік немесе сапалық объективті тәуелділігі тұжырымдалған заң.

Фурье заңы – бірқалыпты болмай қызған орталардағы жылудың таралуын анықтайтын заң. Бұл заңды 1822 жылы француз математигі әрі физигі Жан **Фурье** (1768 – 1830) ашқан.

Шағылу заңы – жарық сәулесінің (толқындардың) қасиеттері әртүрлі орталарды ажырататын тегіс (айналық) беттен шағылуынан соңғы оның бағытын анықтайтын заң.

Шарль заңы – идеал газдың берілген массасының қысымы тұрақты көлемдегі газдың абсолюттік температурасына тура пропорционал болатындығы тұжырымдалған заң. Бұл заңды 1787 жылы француз физигі Жак **Шарль** (1746 – 1823) ашқан.

Электр зарядының сақталу заңы – оқшауланған жүйедегі электр зарядтарының алгебралық қосындысының тұрақты сақталатыны тұжырымдалған заң.

Энергияның сақталу және түрлену заңы – оқшауланған жүйеде өтетін кез келген үрдістер кезінде оның толық (барлық) энергиясының өзгермейтіндігі тұжырымдалған заң.

Динамикалық заңдар – себеп және салдар арасындағы өзарақатынас кезіндегі қажетті себептілік байланыстарды тұжырымдайтын заңдар.

Кеплер заңдары – материалдық нүктенің орталық күш өрісіндегі қозғалысының, дербес жағдайда ғаламшарлардың Күн төңірегіндегі қозғалыстарының заңдары

(үш заң). Бұл заңдардың алғашқы екеуін 1609 жылы, үшіншісін 1619 жылы неміс ғалымы Иоганн **Кеплер** (1571–1630) тұжырымдаған.

Статистикалық заңдар – себеп пен салдар арасындағы өзарақатынас оның жүзеге асырылу ықтималдығымен сипатталатын кездегі қажетті себептілік байланысты тұжырымдайтын заң.

ЗАРЯД – физикалық бөлшектердің өзараәсерлесулері жүзеге асырылатын өрістердің көзі болып табылатын шама (электр заряды, әлсіз заряд, т.б.). Белгілі бір өзараәсерлесу типі себеп болатын бөлшектердің түрлену үрдістеріндегі сақталатын (дәл немесе жуықтап) кейбір қосынды физикалық шамалар да заряд деп аталған (мысалы, бариондық сан, лептондық сан, гиперзаряд, ғажаптық). Зарядтық түйінділік амалы (операциясы) кезінде бүкіл заряд өз таңбаларын өзгертеді (яғни бөлшек пен антибөлшек шамалары, таңбалары бойынша қарама-қарсы). Зарядтың сақталу заңына **калибрлеуіш түрлендірулерге** (ішкі симметриялы кеңістіктегі түрлендірулерге) қатысты инварианттылық теория жауап береді.

Заряд ұғымы электрлік құбылыстарды зерттеуге және Кулон заңының ашылуына байланысты пайда болған. Кулон заңы екі нүктелік электр зарядының (q_1 және q_2) өзараәсерлесу күші F бостық (вакуумда) жағдайда $F = kq_1q_2/r_{12}^2$, мұндағы r_{12} – зарядтардың арақашықтығы. Осы өрнектегі k көбейткішінің сан мәні зарядтың электрстатикалық бірлігін анықтайды (СГСЭ). Халықаралық бірліктер жүйесінде (СИ-де) **электр зарядының бірлігі кулон (Кл)**. $1 \text{ Кл} = 3 \cdot 10^9$ бірлігі (СГСЭ).

Берілген өткізгіштің көлденең қимасынан белгілі бір уақытта өтетін заряд мөлшері ретінде анықталатын күші болатын электр тогын тудырады. **Заряд өзінің айналасында өріс тудырады**; зарядқа әсер ететін күш – зарядтың өзараәсерлесетін күші болады. Сондықтан электрстатикалық құбылыстарда q_1 зарядтың екінші бір q_2 зарядтың тудырған электр өрісімен өзараәсерлесуінің маңызы болмақ. **Қозғалыстағы заряд, яғни электр тогы да әлгі өріспен өзараәсерлесетін магнит өрісін тудырады.** Электр зарядының токпен және өріспен өзараәсерлесулері **Максвелл тендеулерімен сипатталады.** Осы тендеулер электр зарядтарының сақталу заңына әкеп соғады. Ол заң бойынша белгілі бір уақытта берілген көлемдегі (денедегі) зарядтың өзгеруі әлгі көлемге (денеге) енетін (келетін) және одан кететін (шығатын) токтардың айырымын әлгі уақытқа көбейтілген шамаға тең болады.

ЗАРЯД, электр заряды – бөлшектердің және денелердің сыртқы *электрмагниттік өріспен*, сондай-ақ бұлардың өздерінің электр өрісімен өзараәсерлесуін анықтайтын негізгі сипаттарының бірі. Электр зарядының шартты түрде **оң** және **теріс заряд** деп аталған екі түрі бар. Дененің электр заряды оның

құрамына енетін бүкіл бөлшектердің зарядтарының алгебралық қосындысына тең. Электр заряды дискретті: **ең кіші қарапайым электр заряды болады**, денелер бөлшектерінің барлық электр зарядтары осы қарапайым электр зарядқа еселік болады. Электрлік окшауланған жүйеде зарядтардың сақталу заңы орындалады. Қозғалмайтын электр зарядтарының өзараәсерлесулері *Кулон заңымен*, ал электр заряды мен олардың өрісі арасындағы өзараәсерлесу *Максвелл теңдеулерімен* сипатталады. Заттардағы өрістерді қарастырған кезде оның зарядтары **еркін зарядтар** және **байланысқан зарядтар** болып екіге ажыратылады. Электр зарядының *Халықаралық бірліктер жүйесіндегі* (СИ) бірлігі – кулон (Кл).

Бариондық заряд – қарапайым бөлшектердің бариондар үшін нөлден өзге және лептондар үшін де нөлден өзге және бұлардан басқа бүкіл бөлшектер үшін нөлге тең болатын ішкі сипаттамалардың бірі.

Индукцияланған электр заряды – бейтарап өткізгіште болатын оң және теріс электр зарядтарының ажыратылуы нәтижесінде осы өткізгіштің бөліктерінде пайда болатын электр заряды.

Кеңістіктік заряд – кез келген көлемде бытырап орналасқан электр заряды.

Қарапайым электр заряды – денелердің бүкіл электр зарядтарына еселік болатын ең кіші (минимал) электр заряды.

Лептондық заряд – қарапайым бөлшектердің лептондар үшін нөлден өзге және өзге бөлшектер үшін нөлге тең болатын ішкі сипаттамалардың бірі.

Магнит заряды – электр зарядына ұқсас және статикалық магниттік өрісті есептеу кезінде енгізілетін ұғым.

Түсті заряд – кванттық хромодинамикадағы – кварктер мен глюондардың күшті өзараәсерлесулерін анықтайтын электр зарядына ұқсас параметр.

Электронның меншікті заряды – электронның электр зарядының оның массасына қатынасы.

ЗАРЯД ТАСУШЫ, ток тасушы – электр тогының заттар арқылы өтуін қамтамасыз етуге жарамды зарядталған қозғалмалы бөлшектер немесе **квазибөлшектердің** жалпылама атауы. «Заряд тасушы» атауы көбінесе **қатты денелерге** қатысты қолданылады, мұнда *өткізгіштік электрондар* мен *кемтіктер* біріктірілген. **Газдардағы заряд тасушылар** – *электрондар мен иондар*. Жартылайөткізгіштердегі заряд тасушылар – өткізгіштік электрондар мен кемтіктер болып табылады.

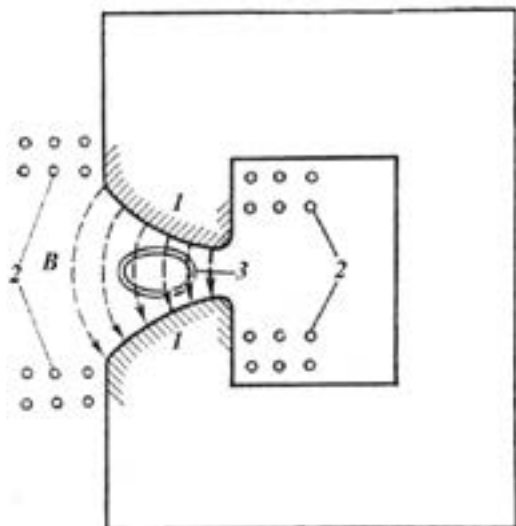
ЗАРЯДТЫ БӨЛШЕКТЕР ҮДЕТКІШТЕРІ – зарядты бөлшектерді (электрондарды, протондарды, атом ядроларын, иондарды) *электр өрісі* арқылы үдетіп, жоғары энергиялы зарядты бөлшектер тудыруға арналған құрылғы. Зарядты

бөлшектер үдеткіштері физика ғылымынан тысқары (химияда, биофизикада, геофизикада) салаларда және қолданбалы мақсаттарда (дефектоскопияда, азық-түлікті стерилдеу, терапиялық емдеуде) қолданылуда. Зарядты бөлшектер үдеткіштерін зарядталған бөлшектерден пайда болған электрлік бейтарап құрылымдарды үдететін **плазмалық үдеткіштерден** ажырата білу керек.

Үдеткіш өріс тудыру тәсілі бойынша үдеткіштер кәдімгі («классикалық») үдеткішке [мұнда үдеткіш өріс сыртқы радиотехникалық құрылғылар (генераторлар) арқылы тудырылады] және **үдеткіш өріс** өзгедей зарядталған бөлшектер (электрондық шоктармен, электрондық сақинамен, плазмалық толқындар) арқылы тудырылатын үдеткіштерге ажыратылады. Үдетілетін бөлшектердің типі бойынша э л е к т р о н д ы қ үдеткішке, п р о т о н д ы қ үдеткішке және и о н д ы қ үдеткішке, ал бөлшектер траекторияларының сипаты бойынша – с ы з ы қ т ы қ үдеткішке (траекториясы түзу сызыққа жуық) және ц и к л д і к (траекториясы шеңберге жуық) үдеткішке топталған.

Үдетуші өрістің сипаты бойынша р е з о н а н с т ы қ (үдетілетін бөлшектер өрістің өзгерісімен резонансты қозғалатын) және р е з о н а н с т ы қ е м е с (өрістің бағыты үдетілу кезінде өзгермейтін) топтарға ажыратылған. Резонанстық емес үдеткіш индукциялық үдеткішке және жоғары вольттік үдеткішке жіктелген.

Үдеткіштердің дамытылуының алғашқы кезеңінде (1919 – 32) жоғары кернеулі генераторларды жасау және оларды зарядталған бөлшектерді тұрақты электр өрісінде тікелей үдету үшін пайдалану бағытында өрістеді. Осы кезеңде 1931 жылы американ физигі Роберт **Ван де Граф** (1901 – 1967) ж о ғ а р ы в о л ь т т і к электрстатикалық үдеткіш (генератор) және 1932 жылы ағылшын физиктері Джон **Кокрофт** (1897 – 1967) және Эрнст **Уолтон** (1903 – 1995) к а с к а д т ы қ генератор жасаған. Осындай қондырғылар (жоғары вольттік үдеткіш) қазіргі кезге дейін $\sim 10^6$ эВ энергиялы үдетілген ағындар алуға мүмкіндік береді. 1931 – 44 жылдары резонанстық әдістер дамытылды, бұларда үдету айнымалы жоғары



1-сызба. Күшті фокустаушы синхрофазотронның магнит қимасының сұлбасы: ток орамдарымен (2) қоздырылатын полюстердің ұштары (1) вакуумдық камера (3) орналасқан аймақта

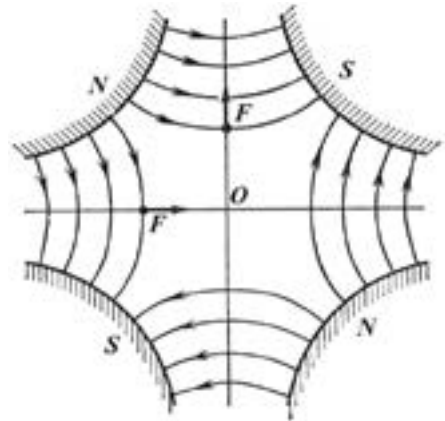
жиілікті (ЖЖ) өрістер арқылы жүзеге асырылды. Бөлшек үдетілуі көптеген рет қайталану арқылы жоғары энергиялы бөлшекке айналады. Осы негіздегі циклдік үдеткіштер – **циклотрондар** [мұның идеясын 1929 жылы американ физигі Эрнест Лоуренс (1901 – 1958) айтқан, ол үдеткіштің алғашқы нұсқасы 1931 жылы жасалған] өзінің дамуы барысында 10–20 МэВ энергиялы протондар шығарған. 1940 жылы американ физигі Дональд Керст (1911 – 1993) идеясы 20-жылдары ұсынылған электрондардың циклдік үдеткішінің индукциялық типі – **бетатронды** іс жүзіне асырған.

Үдеткіштердің осы заманғы типін жасау 1944 – 45 жылдары кеңес физигі Владимир

Векслер (1907–1966) және 1945 жылы өз бетінше американ физигі Эдвин **Макмиллан** (1907–1991) **автофазалауды** ашқан соң резонанстық үдеткіштерде үдетілетін бөлшектер энергиясын едәуір арттыруға мүмкіндік берді. Осы принцип негізінде циклдік үдеткіштердің бірнеше типтері жасалды: *синхротрон, фазотрон, синхрофазотрон, микротрон*. Радиотехниканың дамуы эффектілі сызықтық резонанстық үдеткіштер жасауға мүмкіндік ашты. 1950 жылы американ физиктері Николас **Кристофилос** (1917 – 1972), 1952 жылы Милтон **Ливингстон** (1905 – 1986), Хартлэнд **Снайдер** (1913 – 1962) күшті фокустау идеясын ұсынғаннан кейін циклдік және сызықтық үдеткіштерде тудырылатын энергия арттырыла түсті. Электрондардың шекті энергиясы сызықтық үдеткіштерде ~20 ГэВ-қа, ал протондар үшін циклдік үдеткіштерде > 500 ГэВ-ке жетті.

Осы аталған «классикалық» үдеткіштермен қатар 1956 жылы кеңес физигі Владимир **Векслер** ұсынған үдетудің ұжымдық әдісі үдетілу шапшандығын едәуір арттырды.

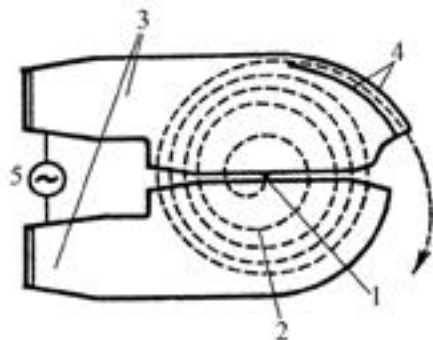
Зарядты бөлшектер үдеткіштерінде үдетілген зарядты бөлшектердің атомы ядроларымен әсерлесуінің нәтижесінде пайда болатын *фотондар, нейтрондар, мезондар* шоғын да алуға болады. Үдеткіштер ядролық физика мен жоғары энергия физикасының түрлі мәселелерін шешуде кеңінен қолданылатын негізгі зерттеу құралының біріне айналды. Үдеткіштер *дефектоскопияда және изотоптар* алуда, химиялық үрдістерді шапшаңдатуда, заттың қасиетін өзгертуде және медицинада



2-сызба. Магниттің сол және оң полюстерінің (N және S) квадрупольдік линзасының магнит өрісі; F – магнит өрісінің суреттің жазықтығына перпендикуляр қозғалатын бөлшектерге әсер ететін күші (O ортасында F=0)

кеңінен қолдау тапты. Зарядты бөлшектің үдеткіштері әлгі бөлшектердің траекториясына орай екі топқа ажыратылған. Бөлшек траекториясын түзу сызыққа жақындататын үдеткіштерде бөлшек **үдетуші өрістен бір рет қана өтеді**. Екінші топқа жататын циклдік үдеткіштерде бөлшек магнит өрісінің әсерімен шеңбер немесе спираль тәріздес траектория бойынша үдетуші өрістерді **бірнеше рет (миллион ретке дейін) қайталап өтеді**.

Үдеткіштерді бөлшек траекториясына қарай топтаумен қатар үдету тәсіліне қарай да ажыратуға болады. *Ван де Грааф генераторынан*, каскадтық генератордан немесе импульстық трансформатордан алынатын жоғарғы тұрақты потенциалдар айырымынан зарядты бөлшектерді бір рет қана өткізу арқылы энергия беретін үдеткіштер **электрстатикалық сызықтық үдеткіштер** деп аталған. Бөлшектің энергиясы тым жоғары болмағанмен (әдетте 2–8 МэВ) шоктың монохроматтылығы және оны қажетті энергияға бейімдеудің жеңілдігі, бұл үдеткіштерді тәжірибе жасауға қолдану ыңғайлы. Электрстатикалық үдеткіш-тандемде (біртекті үдеткіштерде) бөлшектің энергиясы 20 МэВ-ке дейін жеткізіледі.



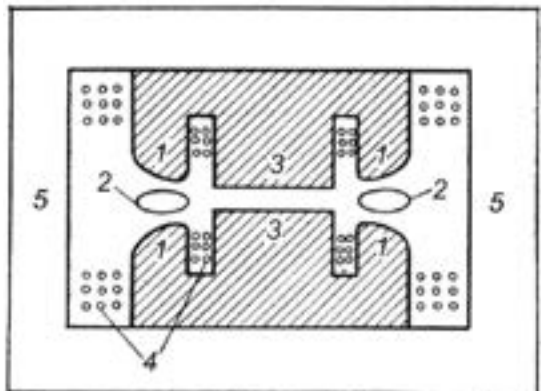
Бөлшектердің фазотронда және циклотронда қозғалу сұлбасы (магнит өрісі сызба жазықтығына перпендикуляр бағытталған): 1 – ион көзі; 2 – үдетілетін бөлшектің спираль орбитасы; 3 – үдеткіш электродтар; 4 – сыртқа шығару құрылғысы; 5 – үдеткіш өріс көзі

И н д у к ц и я л ы қ ү д е т к і ш – *бетатронның* жұмыс істеу принципі *электр-магниттік индукция* құбылысына негізделген. Бетатрондағы үдетілетін электрондарды магнит өрісі дөңгелек орбитада ұстап тұрса, оған берілетін үдеуді **құйынды электр өрісі** тудырады. Энергиясы артқан электрон спираль бойымен қозғалады. Магнит өрісінің құрылымын белгілі бір шарттарды қанағаттандыратындай етіп таңдау арқылы электрондарды радиусы тұрақты орбита бойымен қозғалту мүмкін болады. Алғашқы **бетатронды** 1940 жылы америка физигі **Керст** іске қосқан.

Сызықтық және циклдік үдеткіштерде бөлшек қозғалысы электр өрісінің уақыт аралығындағы өзгеру ретімен резонанста (синхронды) болады. Сондықтан мұндай үдеткіштер **резонанстық үдеткіштер** деп аталған. Сызықтық резонанстық үдеткіштерде бөлшек түзу бойына орналастырылған көп электродтардың арасындағы потенциалдар айырымы аз электр өрісінен өту арқылы үдетіледі. Әдетте протондар ығулық (дрейфтік) түтікті резонатордың ішіндегі *тұрғын толқын* арқылы үдетіледі. Электр өрісінің бағыты зарядты бөлшектің қозғалыс

бағытына қарсы болған жағдайда, протон дрейфтік түтіктің ішімен қозғалады. Түтіктің ішінде өріс өте аз болғандықтан, зарядты бөлшек инерция бойынша қозғалады. Электрондар толқын өткізгіштің ішінде *қума толқын* арқылы үдетіледі. Сызықтық үдеткіштерде зарядты бөлшекті енгізу және сыртқа шығару тәсілдері циклдік үдеткіштерге қарағанда қарапайым түрде жүзеге асырылады. XX ғасырдың 20-жылдары ұсынылған резонанстық сызықтық үдеткіштер тек 1945 жылдан кейін ғана, аса жоғары жиілікті радиотехниканың дамытылуына байланысты кеңінен пайдаланыла бастады. Жоғары энергиялы циклдік үдеткіштерде протондық сызықтық үдеткіштер (энергиясы 100 МэВ-ке дейінгі) **инжектор** (иондар көзі) ретінде пайдаланылады.

Үдеткіштердің ең көп тараған түрі – **циклдік резонанстық үдеткіштер**. Бұл үдеткіштердегі зарядты бөлшектер траекториясы сыртқы магнит өрісімен реттеледі. Ол траектория шеңберге ұқсас немесе спираль тәріздес болады. Зарядты бөлшек жоғары жиілікті электр өрісі арқылы үдетіледі. Алғашқы циклдік үдеткіш XX ғасырдың 30-жылдарының басында жасалды. Ц и к л о т р о н деп аталатын бұл үдеткішті америка физигі Э. Лоуренс іске қосты. Кеңес физигі В.И. Векслер (1944), кейінірек (1945) америка физигі Э. Макмиллан ұсынған *автофазалау* принципі циклдік үдеткіштердегі зарядты бөлшектерді үдету мүмкіншілігін күрт арттырды. Автофазалау принципін пайдалану нәтижесінде он жылдың ішінде үдеткіштерде алынатын протон энергиясы мың есеге жуық арттырылды. Циклдік үдеткіштерде кейде зарядты бөлшек тұйық орбита бойымен бірнеше миллион рет айналады. Сондықтан бөлшектің алдын ала есептелген орбита бойымен қозғалу орнықтылығын қамтамасыз ету қажет. Қозғалу орнықтылығы екі бағытта қарастырылады: орбитаның кеңістіктегі орнықтылығы (орбитадан көлденең бағытта ауытқуы) және уақыт аралығындағы орнықтылығы (яғни қозғалу бағыты бойынша орнықтылығы). Қозғалыс орнықтылығы үдеткіштер теориясында қарастырылады. Үдеткіштерде және басқа бірқатар аспаптарда зарядты бөлшектердің орнықты қозғалысына қажет шарттарды жасау, әдетте **зарядты бөлшектерді фокустау** дейді. Уақыт бойынша орнықтылық *а в т о ф а з а л а у* деп аталған. Циклдік үдеткіштерді топтау фокус-



3-сызба. Бетатрон қимасының сұлбасы: 1 – магнит полюстері; 2 – сақина тәрізді вакуумдық камера; 3 – орталық өзек; 4 – электромагниттің орамы; 5 – магнит мойны

тау тәсілімен есептелген орбиталарды басқару тәсілдеріне негізделген. Тұрақты магнит өрісі мен үдетуші электр өрісінің жиілігі тұрақты болатын үдеткіштерге π и $k l o t p o n$ және $m i k p o t p o n$ (электрондық циклотрон) жатады. Бөлшектің жоғарғы энергиясының шамасы (бір нуклонға келетін) **әлсіз фокустау** тәсілі пайдаланылатын үдеткіштерде 20–25 МэВ-ке, ал **күшті фокустау** тәсілі қолданылатын циклотронда 1 ГэВ-ке дейін жетеді. Циклотронда үдетілген зарядты бөлшектер шоғының қарқындылығы өзге циклдік резонанстық үдеткіштермен салыстырғанда 100–1000 есе артық болады.

Тұрақты магнит өрісінің және зарядты бөлшекті үдету кезінде жиілігі өзгеріп отыратын айнымалы электр өрісінің әсерімен жұмыс істейтін үдеткіш $f a z a t p o n$ (синхроциклотрон) деп аталған.

Айнымалы магнит өрісімен жұмыс істейтін үдеткіштерге *синхротрон* және *синхрофазатрон* (протондық синхротон) жатады. Бұл типтегі үдеткіштер сақина тәрізді болып жасалады. Олар жоғары энергиялы бөлшектер тудыруға арналған. Бұл үдеткіштерде **әлсіз фокустау** тәсілін пайдаланып, энергиясы 1,5 ГэВ электрондар және энергиясы 10 ГэВ-тен артық протондар, **күшті фокустау** тәсілі арқылы энергиясы аса жоғары зарядты бөлшектер шығаруға болады.

$B e t a t p o n$ – резонанстық емес бірден-бір циклдік зарядты бөлшектердің үдеткіші; зарядты бөлшектер сақиналы орбита бойынша қозғалады және де **құйынды электр өрісі** арқылы үдетіледі. 100–300 МэВ энергиялы электрондар шоғын тудыру үшін қолданылады.

$M i k p o t p o n$ (электронды циклотрон) үздіксіз әрекетті резонанстық циклдік зарядты бөлшектердің үдеткіші болып табылады және де басқарушы магниттік өріс және үдеткіш электр өрісінің жиілігі уақыт бойынша тұрақты болады. Микротрон ~ 30 МэВ энергиялы электрондар шығаруға мүмкіндік береді. Микротрон көп жаңдайда синхротрондарда **электрондар көзі** ретінде пайдаланылды.

$S i n x p o t p o n$ – зарядты бөлшектердің басқарушы магнит өрісі уақыт бойынша өзгермелі, ал басқарушы электр өрісінің жиілігі тұрақты болатын циклдік резонанстық үдеткіш; электрондар дөңгелек дерлік орбитамен қозғалады. Мұнда 6–12 ГэВ энергиялы электрондар тудырылады.

π и $k l o t p o n$ зарядты бөлшектердің циклдік резонанстық үдеткіш болып табылады, онда басқарушы магнит өрісі және басқарушы электр өрісінің жиілігі тұрақты болады; зарядты бөлшектер жазық ұлғаймалы спирал бойынша қозғалады. Үздіксіз жұмыс істейді. Протондарды және басқа ауыр бөлшектерді 0,5–1,0 ГэВ энергияға дейін үдету үшін қолданылады.

Ф а з о т р о н (с и н х р о ц и к л о т р о н) – зарядты бөлшектердің циклдік резонанстық үдеткіші, мұнда магнит өрісі уақыт бойынша тұрақты, ал үдеткіш өріс біртіндеп кемиді; ауыр зарядты бөлшектер вакуумдық камераның ортасынан (мұнда ауыр бөлшектер көзі бар) бастап шеткері жағына қарай қозғалады.

С и н х р о ф а з о т р о н – зарядты бөлшектердің циклдік резонанстық үдеткіші. Мұнда басқарушы магнит өрісі және үдетуші электр өрісі бір мезгілде өзгереді. Зарядты ауыр бөлшектерді 10–300 ГэВ энергияға дейін үдетуге арналған. Протондарды үдетуге арналған синхрофазотрон **п р о т о н д ы қ с и н х р о т р о н** деп аталған.

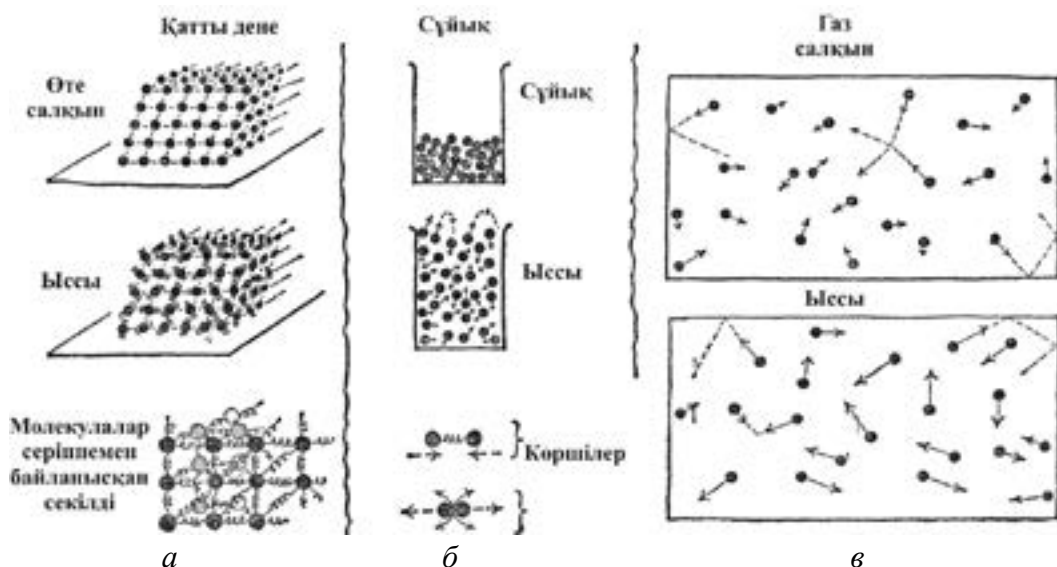
ЗАРЯДТЫҢ САҚТАЛУ ЗАҢЫ – табиғаттағы кез келген тұйық жүйенің ішінде қандай үрдістер болмасын электр зарядтарының әлгі жүйедегі (электрлік оқшауланған) алгебралық қосындысы өзгеріссіз қалатындығы тұжырымдалған іргелі қатаң заңдардың бірі. Бұл заң XVIII ғасырда тұжырымдалған.

ЗАРЯДТЫҚ ЖҰПТЫЛЫҚ, С – жұптылық, С – электрмагниттік немесе күшті өзараәсерлесулер тудырған үрдістердегі нағыз бейтарап бөлшектердің (немесе бөлшектер жүйелерінің) тәртібін сипаттайтын *кванттық сан*. Зарядтық жұптылық ұғымы осы өзараәсерлесулердің *зарядтық түйіндестер* үрдісі кезінде өзгермеушілігінің нәтижесінде пайда болады. Нағыз бейтарап жүйе зарядтық жұптылық кезінде өздігінше қалады, сондықтан оның толқындық функциясы өзгермейді немесе таңбасын өзгертеді. Алғашқы жағдайда **зарядтық жұптылық оң**, екінші жағдайда – **теріс** болады, яғни зарядтық жұптылық толқындық функцияның зарядтық жұптылыққа қатысты тәртібімен анықталады. Электрмагниттік немесе күшті өзараәсерлесулер тудыратын кез келген үрдістерде зарядтық жұптылық сақталады. **Фотонның зарядтық жұптылығы теріс**, ал π^0 -және η^0 -мезондар үшін оң.

ЗАРЯДТЫҚ ТҮЙІНДЕСТІК – кез келген өзараәсерлесулерге қатысатын бүкіл бөлшектерді оларға сәйкес *антибөлшектермен* ауыстыру үрдісі (процесі). Тәжірибе күшті және электрмагниттік өзараәсерлесулер зарядтық түйіндестік кезінде, яғни бөлшектердің күшті және электрмагниттік және антибөлшектердің өзараәсерлесулері алмастырылмайтынын анықтаған. Осы жайт күшті немесе электрмагниттік өзараәсерлесулердің ықпалымен өтетін кез келген үрдіс (процесс) үшін олардың антибөлшектері үшін дәл әлгіндей үрдіс болады.

ЗАРЯДТЫ ТОК, өрістің кванттық теориясындағы – бөлшектердің электр заряды 1-ге өзгертін ток (заряды өзгермейтін *бейтарап токтан* айырмашылығы осы).

ЗАТ – материяның тыныштық массасы болатын түрі. Зат тыныштықтағы массасы нөлге тең емес *қарапайым бөлшектерден* (негізінен электрондардан, протондардан және нейтрондардан) құралған. Классикалық физикада **зат** және *физикалық өріс материяның екі түрі* ретінде бір-біріне қарама-қарсы қойылған, заттың құрылымы дискретті (үзік-үзік), ал өрістің құрылымы – үздіксіз болады. Кванттық физикада кез келген микронанға корпускулалық-толқындық **екі жақтылық** идея енгізілген. Зат пен өрістің өзара тығыз байланыстылығын айғақтау материяның

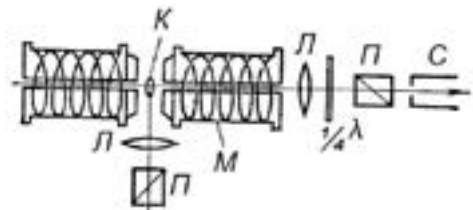


Қатты денедегі, сұйықтағы және газдағы молекулалар. *а – қатты денелердегі молекулалар дұрыс жүйе құрайды; бүкіл қатты денелер кристалдық денелер. Молекулалар азды-көпті тұрақты қалпын сақтайды, жылыту шамасына орай молекулалар біртіндеп тербеліс жасай бастайды; б – сұйықтағы молекулалар біріне-бірі жақын орналасқан, бірақ көршілер арасында еркін қозғала алады. Температура артқан сайын тез қозғала бастайды; в – газдардағы молекулалар бірінен-бірі алыста болады, шапшаң қозғалады, кейде өзара соқтығыса алады. Молекулалар соқтығысқан кезде молекулалар бірімен-бірі соқтығысатын болады, өзге уақыттардағы біріне-бірінің ықпалы аз болады.*

құрылымы туралы түсінікті тереңдетті. Заттардың 4 күйі белгілі: *қатты заттар, сұйықтар, газдар және плазмалар.*

ЗЕЕБЕК ЭФФЕКТИСІ (латынша «эффектус – әсер») – өзара жалғастырылған жапсарларының температуралары әртүрлі болатын әртекті өткізгіштерден құралған тізбектеліп қосылған электр тізбегінде электрқозғаушы күштің (ЭҚК) пайда болуы. Бұл құбылысты 1821 жылы неміс физигі Томас **Зеебек** (1770 – 1831) ашқан. *Терможұп* арқылы температураны өлшеу тәсілі осы Зеебек эффектісіне негізделген. Зеебек эффектісі **термоэлектрлік құбылысқа** жатады.

ЗЕЕМАН ЭФФЕКТИСІ – магнит өрісінде атомның және басқа атомдық жүйелердің *энергиялық деңгейлерінің* және спектрлік сызықтарының бөлшектенуі. Бұл құбылысты магнит өрісінде натрий буының жарқылын зерттеу нәтижесінде 1896 жылы нидерланд физигі Питер **Зееман** (1865–1943) ашқан. Магнит өрісі әсерінен атомдардың энергетикалық деңгейлері бөлшектеніп, әрқайсысы әртүрлі толқын ұзындығына сәйкес келетін бірнеше зеемандық **кіші энергетикалық деңгейлер** пайда болады. Кіші деңгейлер арасындағы ауысулар кезінде бір спектрлік сызықтың орнына бірнеше полярланған құраушылар (компоненттер) пайда болады. Зееман эффектісі кванттық жүйелерде (мысалы, атомда) **атомның механикалық моментімен** қатар **магниттік моментінің** байланысты болуы себепті туындайды және ол кеңістікте тек белгілі бір бағытқа бағытталады. Магниттік моменттің мүмкін болатын бағыттары энергия деңгейлерінің *айну* дәрежесіне тең болады. Зеемандық бөлшектенуді зерттеу атомдардың «жұқа» (нәзік) құрылымын зерттеу үшін маңызды. Зееман эффектісін бақылау үшін сызықтық спектр шығаратын жарық көзі қуатты электрмагнит полюстерінің арасына орнатылады. Бұл қондырғыда әрбір спектрлік сызық бірнеше құраушыға жіктеледі.



Зееман эффектісін бақылаудың сұлбасы: К – сәуле көзі (М магниттің полюстері арасында орналасқан); Л – линза, Π – поляроидтар, ұзындығы $1/4\lambda$ -ға тең пластинка полярлану сипаттамасын анықтауға арналған.

ЗОДИАКТИК ЖАРЫҚ – аспан сферасының үлкен дөңгелегінің (*эклиптика-ның*) бойында, яғни *зодиак* аймағында созылып жататын әрі жұлдыздық аспаннан, батыста ымырт түскеннен кейін іле-шала немесе шығыста таң сәріде көрінетін әлсіз жарық. Бұл жарық Күнді айнала қозғалып жүрген шаң-тозаң бөлшектерінің күн сәулесін шашыратуынан пайда болады. Зодиактік жарықтың түрі көкжиекке кеңейіп барып тірелетін конус тәрізді. Орта ендіктерде зодиак жарығының конусы қыркүйек – қараша айларында таң сәріде, ал қаңтар – наурыз айларында ымырт түсісімен айқын көрінеді.

ЗОНА (грекше – белдеу), **аймақ** – кез келген шекара арасындағы жолақ, кеңістік; кез келген белгілер (шарттар) бойынша сипатталатын немесе ажыратылатын аймақ (немесе оның бір бөлігі).

Активті зона, активті аймақ – ядролық реактордың ядролық отын орналасқан, ядроның бөлінуінің тізбекті реакциясы өтетін және энергия бөлінетін аймағы.

Акустикалық көлеңкелік зона – шалғай ара қашықтықтан дыбыс қайтадан естілгеніне қарамастан, алыстағы қуатты дыбыс көздерінен келетін дыбыстың естілмейтін аймағы.

Алыс толқындық зона – Фраунгофер дифракциясы байқалатын толқындық өрістің аймағы.

Валенттік зона – абсолют нөл температура кезінде валенттік электрондармен түгелдей толтырылған кристалдағы электрондар энергиясының мүмкін болатын мәндерінің аймағы.

Жақын толқындық зона – Френель дифракциясы байқалатын толқындық өрістің аймағы.

Өткізгіштік зона – энергия деңгейлері электрондармен толық толтырылмаған валенттік зона.

Рұқсат етілген зона – идеал кристалдағы электрондар ие бола алатын энергиялар аймағы.

Толқындық зона – толқын таратушы жүйеден арақашықтығы осы жүйенің өлшемдерінен және оның тарататын толқындарының ұзындығынан едәуір қашықтықтағы кеңістіктің аймағы.

Тыйым салынған зона – идеал кристалда электрондардың бола алмайтын энергиялық аймағы.

Ұдайы өндіріс зонасы – бөлінетін ядроларды ұдайы өндірілу жүзеге асырылатын көбейткіш-реактордың аймағы.

Үнсіз зона – акустикалық көлеңкелік зона кейде осылай аталады.

Энергетикалық зона – рұқсат етілген немесе тыйым салынған бір зона.

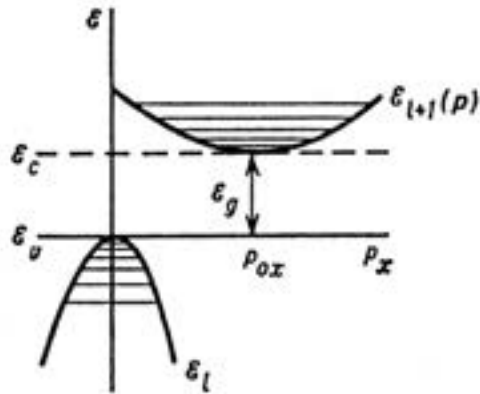
Френель зоналары – шекараларынан берілген нүктеге дейінгі оптикалық жүрісінің айырымы толқын көзі тарататын толқын ұзындығының жартысына тең болатын толқындық шеп бетінің учаскелері.

ЗОНАЛЫҚ ТЕОРИЯ, аймақтық теория – кристалдағы электрондардың энергетикалық спектрлерінің кванттық теориясы, осы теория бойынша әлгі спектрлер кезектесіп ауысатын **рұқсат етілген** және **тыйым салынған** энергия зоналарынан (аймақтарынан) құрылған. Зоналық теория кристалдардағы бірқатар қасиеттер мен құбылыстарды, дербес жағдайда қатты денелердің электр өткізгіштігінің әртүрлі сипаттамаларын түсіндіреді. Зоналық теорияның негізін 1928 жылы американ физигі Феликс **Блох** (1905 – 1983) және 1930 жылы француз физигі Леон **Бриллюэн** (1889–1969) қалаған.

Зоналық теорияның негізіне бірэлектронды жуықтау деп аталған мынадай жеңілдетілген түсініктер алынған: 1) идеал кристалдық тордың түйіндеріндегі

атом ядролары қозғалмайды (олардың массалары электрондардың массаларымен салыстырғанда өте үлкен). 2) Электрондар ядролар және өзге электрондар тудыратын өрістерден құралған периодты потенциал өрісте қозғалады. 3) Осы периодты өрістің ауыспалық (трансляциялық) инварианттылығы болады.

Кристалдардағы электрондардың энергетикалық спектрлерінің зоналық құрылымдарының физикалық пайда болуы N атомдардан құралған кристалдардың пайда болуымен байланысты. Кристалға N атомдардың бірігуі кезінде кристалды алып молекула ретінде түсіндіруге болады, мұнда барлық атомдардың электрондары бір кванттық-механикалық жүйеге ортақтастырылған деп қарастыруға болады. Әрбір атомдық деңгейлер кристалда рұқсат етілген зона $\mathcal{E}_l(p)$ болып табылатын N деңгейлерден құралған жолаққа (немесе *спиндердің* қатысуымен $2N$ деңгейге) айналдырылған.



Егер әрбір атомға Z электроннан тиесілі болса, онда кристалдағы электрондардың барлық саны NZ -ға тең болады; осы электрондар төменнен бастап әрқайсысы толғанша рұқсат

$l+1$ зонаның асты \mathcal{E}_c , l – зонаның үсті \mathcal{E}_v , \mathcal{E}_g – тыйым салынған зонаның ені, штрихталған аймақ – электрондар мен кемтіктер толтырылған деңгейлер.

етілген зоналарға орналасады. *Ферми энергияға* сәйкес изоэнергетикалық (бірдей энергетикалық) бет: $\mathcal{E}(\mathbf{p}) = \mathcal{E}_F$ **Ферми бет** деп аталады. Төменгі зоналар (едәуір тар) атомдардың ішкі қабықшаларының электрондарымен түгелдей толтырылады. Рұқсат етілген энергетикалық деңгейлер **Ферми-Дирак үлестірілуіне** сәйкес толтырылады.

Кристалдардың физикалық қасиеттері негізінен әлі электрондары бар жоғарғы зоналармен анықталады. Әлі электрондары бар ең жоғарғы зонаның «түбі» \mathcal{E}_c (энергиясы ең аз) мен алдыңғы түгелдей толтырылған зонаның «төбесі» \mathcal{E}_v (энергиясы ең көп) арасындағы энергетикалық аралық \mathcal{E}_g **тыйым салынған зона** (тағы да энергиясы төмен бірнеше тыйым салынған және рұқсат етілген зоналардың болуына қарамастан).

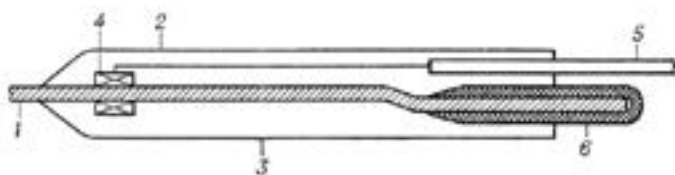
Егер $T = 0$ болған кезде барлық электрондары бар зоналар түгелдей толтырылған болса, ал келесі рұқсат етілген «бос» зона әлгі толған зонадан жеткілікті кең тыйым салынған зонамен бөлінген болса, онда кристалл *диэлектрик* (мысалы, алмаста \mathcal{E}_g

~5 эВ); егер $\mathcal{E}_g \leq 3$ эВ болса, онда – *жартылайөткізгіш* болады. Егер электроны бар жоғарғы зона электрондармен ішінара толтырылған болса, онда бұл *металл* болады. Әрқилы рұқсат етілген зоналар әлгілермен қабысқан болуы мүмкін (*жартылайметалл, саңылаусыз жартылайөткізгіш*).

Сыртқы ықпалдардың (температураның артуы, сәулелеу, мысалы, жарықпен немесе күшті сыртқы электр өрісімен) электрондарды тыйым салынған зонадан лақтырып жіберуі мүмкін. Нәтижесінде өткізгіштікті жүзеге асыратын «еркін» заряд тасушылардың (*өткізгіштік электрондар және кемтіктер*) пайда болады.

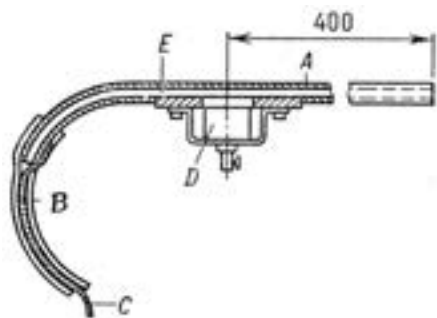
Идеал торлардың жергілікті (локалдік) бұзылуы (мысалы, қоспалы атомдар, *вакансиялар мен ақаулар*) тыйым салынған зоналардың ішінде рұқсат етілген жергілікті деңгейлер мен жергілікті зоналарды тудыруы мүмкін.

ЗОНД (французша «зонде – байқау, зерттеу») – жер қыртысын, атмосфера қабатын зерттеуге арналған және медицинада қолданылатын аспаптардың жалпы атауы.



Дыбыс қысымын анықтағыш ультрадыбыстық зонд: 1 – дыбыс өткізгіш; 2 – оқшаулағыш түтік; 3 – ауалық саңылау; 4 – қабылдағыш пьезоэлектрлік бөлік; 5 – күшейткішке жалғанғыш Fh ; 6 – акустикалық желі

Акустикалық зонд – дыбыс қысымын өлшеуге арналған құрылғы.



Дыбыс қысымын анықтағыш акустикалық зондтың сұлбасы: А – жез түтік; В – резина түтік; С – жүн жіп; D – конденсаторлық микрофонның капсулі; E – ауалық дыбыс өткізгіш

Атомдық зонд – талданылатын қатты заттардың беттерінен жұлынып шығарылған жеке иондарды тіркеуге мүмкіндік беретін спектрметрлік проекторлардың комбинациясы.

Электрлік зонд – ортаға электр өрісінің, зарядтың және кеңістіктің әрқилы нүктелеріндегі токтың сипаттамаларын анықтау үшін ендірілетін электрод.



ИДЕАЛ ГАЗ (французша: идеал – үлгі, кемел нәрсе) – өз бөлшектерінің өзараәсерлесуі ескерілмейтін газдың теориялық моделі (бөлшектердің *кинетикалық энергиясы* олардың өзараәсерлесу энергиясынан әлдеқайда артық). Бұл газ **классикалық** және **кванттық** идеал газ болып бөлінеді. Классикалық идеал газдың қасиеттері классикалық физиканың заңдарымен – *Клапейрон теңдеуімен* және оның дербес жағдайы: *Бойль – Мариотт заңымен, Гей-Люссак заңымен* сипатталады. Классикалық идеал газ – бөлшектерінің энергиясы бойынша **Больцманның үлестіруіне** сәйкес анықталады. Егер нақты газ жеткілікті түрде сиретілген болса, ол классикалық идеал газдың моделімен сипатталады.

Егер *де Бройль толқындарының* ұзындығы жылулық жылдамдық кезінде бөлшектердің ара қашықтығымен өлшемдес болса, газ температурасы төмендеген немесе оның тығыздығы артқан кезде идеал газ бөлшектерінің толқындық (кванттық) қасиеттерінің маңызы арта түседі.

Сонымен қатар **бүтін санды спині** болатын бөлшектерден құралған **кванттық идеал газ** *Бозе-Эйнштейн статистикасымен*, ал **бүтіннің жартысына тең спинді** бөлшектерден құралған газдың тәртібі *Ферми-Дирак статистикасымен* сипатталады.

ИДЕАЛ КРИСТАЛЛ – өзінің барлық көлемінде кез келген құрылымдық *ақаулар – вакансиялар*, қоспалы атомдар, *дислокациялар*, т.б. жоқ кемел үш өлшемді-периодты торлы кристалл.

ИДЕАЛ СҰЙЫҚ – *тұтқырлығы* болмайды, жылу өткізбейді деп ұйғарылған сұйық. Идеал сұйықтың ішкі үйкелісі, яғни көршілес екі қабат арасында жанама кернеуі жоқ, үздіксіз және оның құрылымы болмайды. *Гидроэромеханика* қарастыратын көптеген жағдайлардағы ағындарды осылайша құрылымдау қатты денелерді жеткілікті қашықтықта орап ағатын сұйықтар мен газдардың нақты ағындарын жақсы сипаттайды. Идеал сұйық моделін пайдалану әртүрлі пішінді арналарда ағатын сұйықтар мен газдар қозғалыстарының теориялық мәселесін шешуге мүмкіндік береді.

ИЗОБАРА (грекше «изос – тең, бірдей» + «барос – ауырлық») – термодинамикалық күйлер диаграммасындағы **тұрақты қысым** (изобаралық үрдіс) **кезінде өтетін үрдісті** (процесті) кескіндейтін сызық. Идеал газдың изобаралық теңдеуі: $T/v = const$, мұндағы v – меншікті көлем, T – температура.

ИЗОБАРАЛЫҚ ҮРДІС – физикалық жүйеде **тұрақты сыртқы қысым кезінде өтетін үрдіс**; термодинамикалық диаграммада *изобара* арқылы өрнектеледі. Изобаралық үрдіске **ашық ыдыстағы судың қайнауы**, еркін қозғалатын поршені бар **цилиндрдегі газ көлемінің ұлғаюы** қарапайым мысал бола алады. Екі жағдайда да **қысым атмосфералық қысымға** тең. Изобаралық үрдіс кезіндегі идеал газ температураға пропорционал (*Гей-Люссак заңы*) болады. Изобаралық үрдістегі жүйенің жылу сыйымдылығы *изохоралық* үрдістегіден (тұрақты көлем кезіндегі) артық болады. Мысалы, идеал газ жағдайында $c_p - c_v = k$, мұндағы, c_p және c_v – изобаралық және изохоралық үрдістердегі бір бөлшекке келетін жылу сыйымдылықтар. Изобаралық үрдіс кезіндегі идеал газ жасайтын жұмыс $p \cdot \Delta V$ -ге тең, мұндағы p – қысым, ΔV – газ көлемінің өзгерісі.

ИЗОБАРЛАР – *нуклондарының* саны, яғни массалық саны бірдей және протондар мен нейтрондар сандары әр түрлі болатын атом ядролары. Тұрақты және радиоактивті изобар көп: мысалы, цирконий-96 (${}^{96}_{40}Zr$), молибден-96 (${}^{96}_{42}Mo$), рутений-96 (${}^{96}_{44}Ru$). Бұлардың барлығының атомдық массалары өзара тең (96), бірақ атомдық нөмірлері әртүрлі (40, 42 және 44).

ИЗОМЕРИЯ (грекше «изос – тең, бірдей» және «мерос – үлес, бөлік»), **атом ядроларының** – кейбір атом ядроларында салыстырмалы түрде ұзақ «өмір сүретін» метатұрақты күйлердің болуы. Кейбір атом ядроларының «өмір сүру» уақыты әрқилы бірнеше **изомерлік күйлері** болады. «**Атом ядроларының изомериясы**» деген ұғымды физика ғылымына 1921 жылы неміс физигі әрі радиохимигі Отто **Ган** (1879 – 1968) енгізген. 1935 жылы кеңес физигі Игорь **Курчатов** (1903–1960) бастаған топ бром-80-нің (${}^{80}Br$) ядросының изомерлік күйін ашқан. «Өмір сүру» уақыты $T_{1/2}$ 10^{-6} секундтан мыңдаған жылға созылатын, ұзақ «өмір сүретін» Нептуний-236 (${}^{236}Np$) ($T_{1/2}$ -5500 жыл) изомері бар.

Кейбір радиоактивті атомдардың ядролары бірдей протондар мен нейтрондардан құралғанымен, ядро шегінде олар әрқилы орналасатын болады. Осы ерекшеліктің нәтижесінде ядролар әр түрлі дәрежеде қоздырылған күйде, ал одан кейінгі келесі ыдырау кезінде әрқилы радиоактивтілікке ие болады, яғни әртүрлі жартылай ыдырау периодымен бір-бірінен ажыратылады. Мысалы, сурьма-124-тің жасанды радиоактивті изотопының жартылай ыдырау периоды 1,3 минут, 21 минут және 53,7 тәулікке тең изомерлік қоздырылған күйлері болады.

Изомерлердің ыдырауы **конверсиялық электрондар** (электрондар шығару) немесе γ -кванттар шығарумен қабаттас өтеді; нәтижесінде сол ядроның өзі пайда болады, бірақ күйі, энергиясы аз болады. Кейде бета-ыдыраудың болуы да ықтимал. Ауыр элементтердің изомерлерінің өздігінен ыдырауы мүмкін. Атом ядросының изомериясы ядроның құрылымына байланысты болады. Изомериялық күй ядроның аз энергиялы күйінен γ -квант шығару арқылы ауысуы қиын болған жағдайда пайда болады. Бұл жайт осы күйлердегі ядролар *спиндері* мәндерінің үлкен айырмашылықтарына байланысты болады. Егер осы кезде екі күй энергиясындағы айырмашылық үлкен болмаса, онда γ -кванттың шығу ықтималдығы аз және *қозған күйдің* жартылай ыдырау периоды салдар ретінде үлкен болады. Изомерлер масса санының (A) белгілі бір аймақтарындағы мәндерінде (и з о м е р л е р а р а л д а р ы н д а) жиі кездеседі.

Атом ядроларының изометриясы – кейбір атом ядроларының негізгі күйлерімен қатар ұзақмерзімді қозған (метаорнықты) күйлерінің болу құбылысы. Қозбаған күйге ауысуы γ -сәулелер немесе ішкі конверсия есебінен жүзеге асады. Ядролық изомерияны 1921 жылы неміс физигі Отто **Ган** (1879 – 1968) ашқан.

Молекулалар изомериясы – молекулалық массасы және құрамы бірдей, бірақ құрылысы немесе атомдардың кеңістіктегі орналасуларына орай қасиеттерінде айырмашылығы болатын молекулалардың болуы. Осы молекулалар и з о м е р л е р деп аталған. Молекулалар изомериясын 1823 жылы неміс химигі Юстус **Либих** (1803 – 1873) ашқан. «Изомерия» ғылыми атауын 1830 жылы швед химигі Йенс **Берцелиус** (1779 – 1848) ұсынған.

Оптикалық изомерия – кейбір заттардың жарықтың полярлану жазықтығын карама-қарсы айналдыру қасиеті.

ИЗОМЕРЛЕР (грекше «изос» + «мерос») – құрамы және молекулалық массасы бойынша бірдей, бірақ құрылысы немесе кеңістікте атомдарының орналасуна орай қасиеттері бойынша айырмашылығы болатын химиялық қосылыс.

ИЗОТЕРМА (грекше «изос – теңдей» + «терма – жылу») – күйлердің термодинамикалық диаграммасында изотермиялық үрдісті өрнектейтін сызықтар. Идеал газдың изотермиялық теңдеуі: $pV = \text{const}$, мұндағы p – қысым, V – газ көлемі. Сонымен, p , V координаттарында p , V изотерма гиперболо тәрізді болады. Нақты газ үшін изотерма теңдеуі едәуір күрделі сипатты және тек төменгі қысым немесе жоғары температура кезінде ғана изотерма теңдеуіне ауысады. p , V координаттарында изотерма жүрісі әрқашан адиабатадан сәл ғана тіктеу болады.

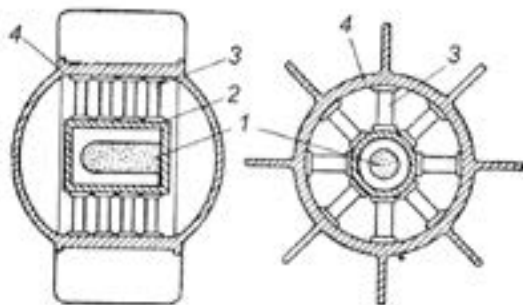
ИЗОТЕРМАЛЫҚ ҮРДІС – физикалық жүйеде тұрақты температура кезінде өтетін үрдіс; күйлердің *термодинамикалық диаграммасында* изотермамен кескінделеді. Жүйенің изотермалық үрдісін жүзеге асыру үшін *термостатқа*

(тұрақты температура ұстап тұратын құрылғыға) орналастырылады, мұның жылу өткізгіштігі жоғары, жүйенің температурасы іс жүзінде термостаттың температурасынан айырмашылығы болмайды. Изотермалық үрдісті өзгеше де: жылу көздерін немесе жылу ағынын қолдану арқылы жүзеге асыруға болады. Изотермалық үрдістің мысалына **тұрақты температурадағы сұйықтың қайнауы** немесе **қатты дененің балқуы жатады**. Идеал газда изотермалық үрдісте қысымның көлемге көбейтіндісі тұрақты болады (*Бойль – Мариот заңы*), Жүйедегі изотермалық үрдіс кезінде, жалпылама айтқанда, белгілі бір **мөлшерде жылу беріледі** (немесе жүйе жылу береді) және **сыртқы жұмыс жүзеге асырылады**. Идеал газдар үшін осы жұмыс $Nk T \ln (V_2/V_1)$, мұндағы N – газ бөлшектерінің саны, T – абсолюттік температура, V_1 және V_2 – үрдістің (процестің) бастапқы және соңғы кездеріндегі көлемдері. Егер тек фазалық ауысу жүзеге асырылмайтын болса, қатты денелерде және көптеген сұйықтарда изотермалық үрдіс дене көлемін сәл ғана өзгертеді.

ИЗОТОНДАР (грекше «изос – тең, бірдей» + «тонос – кернеу») – нейтрондарының саны бірдей, бірақ электр зарядтары әр түрлі болатын атом ядролары.

ИЗОТОНИЯ (грекше «изос ... – тең, бірдей» + «тонос – кернеу») – бір еріткішпен ерітілген әр түрлі заттардың ерітінділерінің *осмотық* қысымдарының теңдігі.

ИЗОТОПТАР (грекше «изос – бірдей» + «топос – орын») – химиялық элементтердің атомдар ядроларындағы протондар саны бірдей, бірақ нейтрондарының саны өзгеше болатын түр өзгешелігі. Элементтердің изотопында нейтрон санының түрліше болуының шегі бар. Мыс., гелий атомы ядросында 1, 2, 4 немесе 6 нейтрон болуы мүмкін. Протон мен нейтрон санына қарай изотоптардың ядросының қасиеттері (ядроның тұрақтылығы, ыдырау ықтималдығы, спині, электрлік және магниттік моменттері т.б.) әр түрлі болады. Ал электрондық қабықшалардың құрылымы бірдей болғандықтан, олардың химиялық қасиеттері бір-біріне өте ұқсас болады. Химиялық элементтердің изотоптары сол элементтің шартты белгісімен өрнектеледі. Изотоптардың болатындығы туралы алғашқы тәжірибелік мәліметтер 1906 – 10 жылдары радиоактивтік элементтердің қасиеттерін зерттеу кезінде анықталған. «Изотоп» деген



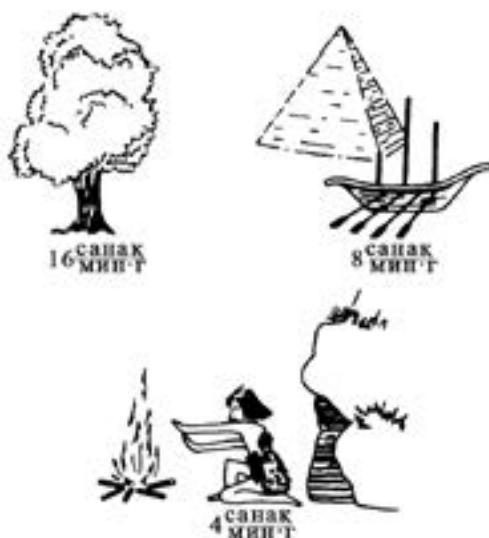
Қарапайым изотоптық генератордың сұлбасы: 1 – изотоп; 2 – изотоп қыздыратын ішкі контейнер; 3 – жартылайөткізгіштік термoeлектрлік генератордың бөліктері; 4 – радиациялық сәуледен қорғаныштық қабат

ғылыми атауды 1910 жылы ағылшын физигі. Фредерик Содди (1877 – 1956) енгізген. Тұрақты изотопты 1913 жылы ағылшын физиктері Джозеф Томсон (1856 – 1940) және 1919 жылы Фрэнсис Астон (1877 – 1945) ашқан. 1981 жылға дейін 276 тұрақты изотоп және 2000-нан астам радиоактивті изотоп, **107 табиғи және жасанды элементтер синтезделген.**

ИЗОТОПТЫҚ ГЕНЕРАТОР – радиоактивтік изотоп энергиясын электр энергиясына айналдыратын термоэлектрлік генератор. Мұның құрамында радиоактивті изотоп және оның ыдырауынан пайда болатын жылу энергиясын электр тогына түрлендіретін термоэлектрлік түрлендіргіш болады. Термоэлектрлік түрлендіргіш жартылайөткізгіш элементтерден жасалады. Оның бір беті жылу әсерінен қызса, екінші жағы радиациялық сәулені шашырату негізінде салқындайды. Осы пайда болған температуралар айырымынан *Зеебек – Пельтье – Томсон эффектісі* негізінде электр тогы туады.

ИЗОТОПТЫҚ «ЖАС» АНЫҚТАУ, изотоптық хронология – Жерде жинақталған радионуклидтердің ыдырау өнімдері бойынша кен жыныстарының, минералдардың, адамзат мәдениетінің ежелгі іздерін абсолюттік «жастарын» анықтау. Изотоп әдісімен «жас» анықтау идеясын 1903 жылы француз физигі Пьер Кюри (1859 – 1906) және оған қатыссыз түрде ағылшын физигі Эрнест Резерфорд (1871 – 1937) ұсынған. Изотоптық «жас» анықтау кезінде әрбір радионуклидтің ыдырау *актісінің* тұрақты жылдамдықпен өтетіні және артық тұрақты нуклидтердің жинақталуына әкеп соқтыратын осы нуклидтің мөлшері (D) зерттелуші нысанның «жасымен» (t) мына теңдеу бойынша байланысқан: $D = P(e^{-\lambda t} - 1)$, мұндағы P – радионуклидтің атомдар саны, λ – ыдырау тұрақтысы. Осы теңдеуден t «жас» мынаған тең: $t = 1/\lambda \ln(1 + D/P)$.

Изотоптық «жас» анықтаудың қорғасындық, аргондық, стронцийлік және көміртектік әдістері көбірек қолданылады. Қорғасындық әдісте ыдырау нәтижесіндегі радиогендік



Жас ағаш 1 грамм көміртекке минутына 16 санау жылдамдығын береді; пирамидадан табылған қайық ағаш 1 грамм көміртекке минутына 8 санау береді; үңгірдегі ошақтағы ағаш 1 грамм көміртекке минутына 4 санау береді.

қорғасынның жинақталуы пайдаланылады: $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$; $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$ және $^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$. 60 000 жылдық «жастан» кем емес «жасы» бар нысандар үшін көміртектік әдіс пайдаланылады. Жер атмосферасында ғарыштық сәулелердің нейтрондарының әсерінен мына ядролық реакция өтеді: $^{14}\text{N}(n,p) ^{14}\text{C}$. Осының нәтижесінде ауада, өсімдікте және жануарларда радионуклид ^{14}C ($T_{1/2} = 5700$ жыл) пайда болады (1 моль көміртек атомында).

Өлі организмдерде атмосферамен зат алмасу тоқталатындықтан ^{14}C -тің мөлшері біртіндеп кемитін болады. ^{14}C -тің шоғырлануы (концентрациясы) бойынша органикалық қалдықтардың «жасын» анықтауға болады.

ИЗОТОПТЫҚ ИНВАРИАНТТЫЛЫҚ (латынша «инварианс – өзгермейтін») – *қарапайым бөлшектердің* күшті өзараәсерлесулеріне тән ерекше симметрия. Табиғатта бар күшті өзараәсерлесуі болатын (*адрондар*) бөлшектердің әрқайсысына жуық шамамен массалары бірдей және ішкі сипаттамалары [*спині*, ішкі жұптылығы, *B бариондық заряды*, *S гажаптылығы*, *C «таңғажайып» («таңқаларлық», в «сұлулық»,* электр зарядынан басқасының барлығы] бірдей бөлшектер енетін «ұқсас» топтар. Осындай топтар и з о т о п т ы қ **мультиплеттер** деп аталған. Бір изотоптық мультиплетке енетін күшті өзараәсерлесу бүкіл бөлшектер үшін ортақ, яғни электр зарядына тәуелді болмайды; күшті өзараәсерлесудің білінуінің бір белгісі болатын, осы жайт **изотоптық инварианттылық** деп аталған.

Бір изотоптық мультиплетке біріктірілуі мүмкін бөлшектердің қарапайым мысалына: *протон (p)* және *нейтрон (n)* жатады. Тәжірибелер протонның протонмен, нейтронның нейтронмен және протонның нейтронмен күшті өзараәсерлесуі (егер олар сәйкес түрде бірдей күйлерде болса) болатынын көрсетеді; бұл жағдай изотоптық инварианттылықтың басы болады. Протон мен нейтрон бір бөлшек – *нуклонның* екі әртүрлі зарядтық күйі ретінде қарастырылады; олар и з о т о п т ы қ д у б л е т құрайды.

ИЗОТОПТЫҚ ИНДИКАТОРЛАР (грекше «изос – тең, бірдей» + «топос – орын»; латынша «индикатор – көрсеткіш»), т а ң б а л ы а т о м д а р – әркілы үрдістерді зерттеулер кезінде (тірі организмдердегі де) «таңбалар» ретінде пайдаланылатын табиғи изотоптардан айырмашылығы болатын заттар. Изотоптық индикаторлық әдісті 1913 жылы венгр радиохимигі Дьёрдь **Хевеши** (1885 – 1966) мен австриялық радиохимик Фридрих **Панет** (1887 – 1958) бірлесіп ұсынған. Изотоптық «таңба» үшін көбінесе **радиоактивтік изотоптар** пайдаланылады, олар анықталып табылады және де сан жүзінде өлшене алады. Тұрақты изотоптар сирек пайдаланылады, оларды іздеп табу қиынырақ. Радиоактивтік «таңбалар» үшін мына нуклидтер қолданылады: сутек-3, көміртек-14, фосфор-32, күкірт-35, каль-

ций-45, кобальт-60, стронций-90, цирконий-95, ниобий-95, иод-131 т.б. Сәулелерді байқау үшін әдетте газразрядты есептеуіштер, *сцинтилляциялық есептеуіштер*, *ядролық фотографиялық эмульсиялар*, т.б. *бөлшектер детекторлары* пайдаланылады. Изотоптық индикаторлар арқылы заттардың жүйелердегі үлестірілуі және қозғалыстары зерттеледі.

ИЗОТОПТЫҚ СПИН – изотоптық *мультиплеттегі* (спектрлік сызықтардағы) *адрондар* санын анықтайтын *кванттық сан*. Изотоптық спин адрондардың зарядтық күйлерін анықтайтын сан [немесе изотоптық мультиплеттегі бөлшектер санын (n): $n = 2I + 1$, мұндағы I – спин.

ИЗОТОПТЫҚ ЭФФЕКТ – асқынөткізгіш металдың кризистік температурасының (T_k) оның изотоптық құрамына тәуелділігі; заттардың орташа атомдық массасы (M) азайған кезде T_k температурасы артады. Бірқатар металдар үшін $T_k \cdot M_{1/2} = \text{const}$ қатынасы орындалады.

Изотоптық эффект алғаш рет 1950 жылы байқалған; Сынаптың ^{198}Hg изотопы үшін $T_k = 4,156$ К, ал орташа атомдық массасы 200,6 болатын табиғи таза сынаптың изотоптық құрамында $T_k = 4,177$ К. Зерттеулер бір мезгілде T_k температурасымен бірге кризистік магниттік өріс $H_{кө}$ -нің де өзгеретінін айғақтаған ($T \rightarrow 0$ К ұмтылған кезде), бірақ та $H_{кө}/T_k$ қатынасы берілген асқынөткізгіштік металл изотопы үшін тұрақты болып қалады. Изотоптық эффект асқынөткізгіштің торларын құрайтын бөлшектердің массаларымен байланыстылығын және электрондардың *фонондармен* (торлардың тербелістерімен) өзараәсерлесуіне байланысты болатынының дәлелі болады.

ИЗОТРОПИЯ, изотроптылық (грекше «изос – бірдей» + грек. «тропос – бұрылыс, бағыт) – ортаның физикалық қасиеттерінің барлық бағытта бірдей болуы. Газ, сұйық және аморфты күйдегі қатты денелердің барлық физикалық қасиеттері изотропты болып саналады. Кристалдардың физикалық көптеген қасиеттері *анизотропты* болып келеді. Дегенмен кристалдың симметриясы жоғары болған сайын, оның изотроптылық қасиеті басым болады. Мысалы, симметрисы жоғары кристалдардың (алмас, германий, ас тұзы) *серпімділік*, беріктілік, электроптикалық қасиеттері анизотропты, ал *жарықтың сыну коэффициенті*, *электрөткізгіштік*, жылулық ұлғаю коэффициенті тәрізді қасиеттері изотропты болады.

ИЗОХОРА (грекше «изос – тең, бірдей» + «хора – орны») – күйлердің термодинамикалық диаграммасында изохоралық үрдісті бейнелейтін сызықтар. Идеал газға арналған изохоралық теңдеу өте қарапайым: $p/T = \text{const}$, мұндағы p – қысым, T – температура.

ИЗОХОРАЛЫҚ ҮРДІС (ПРОЦЕСС) – физикалық жүйеде тұрақты көлем кезінде өтетін үрдіс; күйлердің термодинамикалық диаграммасында изохора сызығымен кескінделеді. Газдарда және сұйықтарда изохоралық үрдісті жүзеге асыру үшін оларды өздерінің көлемін өзгертпейтін герметикалық (ештеңе өткізбейтін) ыдыста ұстау қажет. Изохоралық үрдіс кезінде дененің көлемін өзгертуге байланысты механикалық жұмыс істелмейді; дененің ішкі энергиясының өзгеруі жылуды жұту немесе оны бөліп шығару есебінен жүзеге асады. Газ (сұйық) температурасының өзгеруімен бірге оның қысымы да өзгереді. *Идеал газдағы* изохоралық үрдіс кезінде **қысым температураға пропорционал** (*Шарль заңы* бойынша) болады. Идеал емес газға Шарль заңы тура болмайды, себебі газға берілген жылудың бір бөлігі бөлшектердің өзараәсерлесу энергиясын арттыруға жұмсалады. Қатты денеде изохоралық үрдісті жүзеге асыру техникалық тұрғыда едәуір күрделі. Іс жүзінде қатты денедегі кез келген *изотермиялық үрдіс* дененің аз сығылатындығынан бірнеше ондаған килобар қысымға дейін изохоралық үрдіс болып табылады. Өзараәсерлесетін заттардың көлемі өзгермейтін химиялық реакцияларды, **карбюраторлық қозғалтқыштардағы отынның жануын изохоралық үрдіс ретінде қарастыруға болады.**

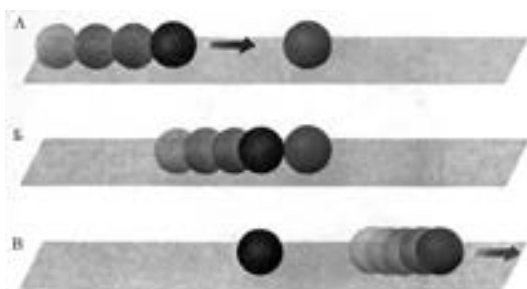
ИЗОХРОНДЫЛЫҚ (грекше «изос – теңдей, бірдей» + «хронос – уақыт») тербелістердің – тербелмелі жүйенің тербелістер амплитудасының өзіндік тербеліс периодына тәуелсіздігі.

ИЗОЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚАТАР (грекше «изос – тең, бірдей» + электрон) – электрондар саны бірдей атомдар мен иондардан құралған әр түрлі элементтердің (мысалы, сутекке ұқсас атомдар, Li, В²⁺, ... қатары) қатары; бұлардың оптикалық қасиеттері ұқсас.

ИЗОЭНТАЛЬПИЯЛЫҚ ҮРДІС (ПРОЦЕСС) (грекше «изос – тең, бірдей» + «энталпо – қыздырамын») – физикалық жүйенің *энтальпиясы* өзгермей сақталатын үрдісі. Газ ағыны мен қоршаған дененің (құбырлардың, қабырғаларының, т.б.) арасындағы **жылу алмасу болмайтын кездегі газдың кеуекті қалқа арқылы ағуы** изоэнтальпиялық үрдістің классикалық мысалы болады.

ИМПУЛЬС (латынша – соққы, түрткі) – 1) материяның барлық түрлерінің қозғалыстарының ортақ өлшеуіші – қозғалыс мөлшері; физикалық жүйелердің өзараәсерлесуі кезінде олардың механикалық импульстерінің өзгерістері бойынша анықталады; 2) қысқа мерзімді сигнал.

Алып импульс – ұзақтығы 100 нс (наносекунд – 10⁻⁹ секунд) және қуаты 10¹¹ – 10¹² Вт болатын жарық импульсі. Қатты денелі лазерлер шығарады (таратады).



Тыныш тұрған шар массасы бірдей қозғалыстағы шармен соқтығысады. Қозғалыстағы шар соқтығысқанға дейін (А) белгілі бір импульске (оның массасының жылдамдыққа көбейтіндісіне тең) ие болған. Соқтығысқан кезде (Б) ол осы импульсті тыныш тұрған шарға береді, алғашында қозғалыста болған, тынышталған (Б') шар қозғала бастайды. Осы өзараәсерлесу кезінде импульс сақталады, соқтығысқаннан кейін екінші шар біріншісінің импульсіне тең импульс алады.

Жарық импульсі – оптикалық сәуле шығару көздерінің қысқа мерзімді (0,01 сек) жарық шығаруы. Жарық импульсінің спектрлік құрамы жарық көзінің түріне (газдағы импульстік электр разряды, жарқыл, т.б.) сәйкес ажыратылады. Жарық импульсі жылдам өтетін үрдістерді (шапшаң фото және кино түсірулерде, қарапайым бөлшектердің ізін суретке түсіруде, т.б.) зерттеу үшін қолданылады.

Күш импульсі – күштің орташа мәнінің оның әсерету уақытына көбейтіндісіне тең болатын күш әсерінің өлшеуіші.

Механикалық импульс – материяның барлық түрлерінің қозғалысының өлшеуіші; *материалдық нүкте* үшін осы нүктенің массасының (m) оның жылдамдығының (v) көбейтіндісіне тең және жылдамдық векторымен (v) бағыттас шама: $p = m \cdot v$. Импульсті *қозғалыс мөлшері* деп те атайды. Бөлшектің қозғалыс жылдамдығы жоғары болғанда, оның массасының жылдамдыққа тәуелділігі ескеріледі: $m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$, мұндағы m_0 – бөлшектің тыныштық күйдегі массасы (тыныштық масса), c – жарықтың вакуумдегі жылдамдығы. Бұл жағдайда еркін бөлшектің импульсы: $p = m \cdot v = m_0 \cdot v / \sqrt{1 - v^2/c^2}$, ал бөлшектердің импульсі оның толық энергиясымен ($E^2 = p^2 \cdot c^2 + m_0^2 \cdot c^4$) байланысқан. Тыныштық массасы нөлге тең бөлшектер (*фотон, нейтрино*) үшін $p = E/c$. Мұндай бөлшектер әр уақытта жарық жылдамдығымен (c) қозғалады. Материяның барлық формаларының, мысалы, *электрмагниттік өріс* пен *гравитациялық өрістің* де импульсі болады.

Соққы импульсі – соқтығысатын денелердің соққысы кезінде олардың әрқайсысына әсер ететін күш импульсі.

Толқындық импульс – кеңістікте бір реттік ұйытқу немесе периодты ұйытқулар топтамасы түрінде таралушы ұйытқулар. Толқындық импульс – кеңістікте не белгілі бір ортада таралатын ұйытқу. Мұндай импульске дыбыс импульсі (мысалы, қару атылған кездегі), сондай-ақ электрмагниттік ұйытқу, т.б. жатады.

Электрлік импульс – электр кернеуінің немесе ток күшінің секірісті түрде немесе бірқатар тербелістер түрінде, бірінен соң бірі келетін қысқа мерзімді өзгерістер.

Электрмагниттік импульс – материяның барлық түрлерінің қозғалысының импульсі; орта аумағындағы (көлеміндегі) өріс энергиясының осы ортадағы жарық жылдамдығының қатынасына тең электрмагниттік өріс импульсі.

Фотон импульсі – материяның барлық түрлерінің қозғалыс импульсі; фотон энергиясының жарықтың вакуумдағы жылдамдығына қатынасына тең.

ИМПУЛЬСТІК МОДУЛЯЦИЯ (латынша «модулатио – өлшемдік, бірқалыпты») – модуляцияланатын сигнал импульстер тізбегі болатын тербелістердің модуляциясы. Импульстік модуляция нәтижесінде модуляцияланатын тербелістердің қысқа мерзімді толқындар тізбегі (цугтер) пайда болады. Осы тізбектің сипаттамалары жіберілу реті, ұзақтығы және жеке жіберілімнің пішіні, т.б. қасиеттерімен анықталады. Импульстік модуляция, мысалы, нысанға дейінгі қашықтық нысан тарататын тербелістердің импульстік жіберілімдерінің нысанға қайтып келу немесе нысан шағылдырған тербелістер импульстерінің келу уақыты бойынша анықталатын **радиолокацияда, оптикалық локацияда, гидролокацияда, ионсфераны** зондтау кезінде қолданылады.

ИМПУЛЬСТІК РЕАКТОР (латынша «ре – қайталама, қарсы әсер» + «актио – әсер») – ұзақтығы бірнеше ондаған микросекундтан (мксек, 10^{-6} секунд) бірнеше секундқа дейін созылатын нейтрондар ағынының қысқа уақыттық импульстерін тудыратын *ядролық реактор*. Импульстік реакторда **нейтрондардың көбею коэффициенті тез артады**, мысалы, реактордың *активті зонасына* қосымша *ядролық отын* ендіру арқылы *ядролық тізбекті реакцияның* дамытылуына жағдай жасалады. Өздігінен сөнетін әсерлі деп аталған импульстік реактор импульсінің сөнуге *активті зонаны* қыздыру нәтижесінде нейтрондардың көбею коэффициентін кеміту есебінен жүзеге асырылады және реактор салқындатылған соң (бірнеше сағат бойы) импульс қайтадан әсер ететін болады.

ИНВАРИАНТ (латынша «инварианс – өзгермейтін») – санақ жүйесінің белгілі бір түрлендірілуі кезінде нысанның өзгермеушілік қасиетін сипаттайтын сан немесе функция.

ИНВАРИАНТТЫЛЫҚ – кейбір физикалық шарттарға тәуелсіздік, өзгермеушілік. Инварианттылық – көбінесе кез келген шамалардың кейбір түрлендірулерге қатысты өзгермеушілігінің математикалық өрнегі. Мысалы, егер біреуі екіншісіне салыстырмалы түрде белгілі бір бұрышқа бұрылған екі координаттар жүйесінде қарастырылса, онда мұндағы қозғалыс жылдамдығының проекциясы әртүрлі болады, сондықтан *кинетикалық энергиясы* бірдей болады, яғни санақ жүйесінің кеңістігінде кинетикалық энергия бұрылысқа қатысты инвариантты болады. *Лоренц түрлендірулеріне (релятивті инварианттылық)* қатысты

инварианттылық маңызды жағдай болып табылады. *Жалпы, салыстырмалық теориясында* (тартылыс теориясында) координаттардың кез келген түрлендірулеріне қатысты шамалар қарастырылады. **Калибрлеу түрлендірулеріне** қатысты инварианттылықтың маңызы зор, бұл физикалық теорияларда кең таралған, ол іргелі өзараәсерлесулердің бірлігін орнатуға мүмкіндік берді. Инварианттылық **сақталу заңдарымен** тығыз байланысты (Нетер теоремасы).

Инварианттылық – физикалық жағдайлар өзгерген кезде физикалық шамалардың өзгермеушілігі болып табылады.

Изотоптық инварианттылық – изотоптық *мультиплетке* енетін бөлшектердің күшті өзараәсерлесуінің осы бөлшектердің электр зарядына тәуелсіздігі.

Калибрлеуіш инварианттылық – қозғалыстардың кванттық-механикалық теңдеулерінің калибрлеуіштік түрлендіруге қатысты инварианттылығы.

Масштабтық инварианттылық – бір мезгілде бүкіл ара қашықтықтардың және уақыт аралықтарының немесе импульстер мен энергиялардың бірдей санға өзгеруі кезінде кез келген физикалық құбылыстарды сипаттайтын **теңдеулердің өзгермеушілігі**.

Релятивтік инварианттылық – Лоренцтің түрлендірілуіне қатысты табиғат заңдарын өрнектейтін теңдеулердің инварианттылығы.

ИНВЕРСИЯ (латынша «инверсио – төңкеру, аудару, алмастыру»), **толымдылық инверсиясы** – орта энергиясының жоғары мәніне сәйкес келетін деңгейдің толымдылығы аз энергиялы деңгейдегі толымдылықтан жоғары болатын тепе-теңсіздік күйі. Әдеттегі жағдайларда (термодинамикалық күйдегі) бөлшектер жүйелеріндегі **энергетикалық деңгейлер** бойынша үлестірілу қалыпты (больцмандық) сипатта болады: едәуір жоғары деңгейдегі бөлшектер саны едәуір төменгі деңгейдегіден аз болады. Кез келген жүйедегі толымдылық инверсиясы осы жүйеге қатысты сыртқы энергия көздерімен жүзеге асырылады (мысалы, *толтыру* арқылы). Толымдылық инверсиялы жүйесі сәулені әрқашан жұту үрдісінен артық болатын еріксіз сәуле шығару үрдісі есебінен күшейтеді. Активті орталарда толымдылық инверсиясын жүзеге асыру – бүкіл кванттық күшейткіштер мен генераторлардың (лазерлердің) жұмыс істеуінің қажетті шарты.

ИНВЕРСИЯЛЫҚ ҚАБАТ – жартылайөткізгіштің негізгі заряд тасушыларынан негізгі емес (қосалқы) заряд тасушыларының тепе-тең шоғырлануы артық болатын аймағының беті. Бұл қабат жартылайөткізгіштің ***n*-типті** (***p*-типті**) қабатының көлемге қатысты жеткілікті жоғары теріс (оң) потенциалды болуы кезінде пайда болады. Инверсиялық қабат жартылайөткізгіштің металл жанаспа-сына жақын, металдың *шығу жұмысы* жартылайөткізгіштің шығу жұмысынан

жартылайөткізгіштің *тыйым салынған зонасының* (аумағының) енінен артық болған кезде негізгі заряд тасушыны **қармап алатын беттік күйі** болғанда жүзеге асырылады. Егер инверсиялық қабаттың қалыңдығы заряд тасушылардың *еркін жолының ұзындығынан* кем болса, онда инверсиялық қабатта квазиөткізгіш **өткізгіштіктің пайда болуы ықтимал**. Осы жайт жартылайөткізгіш қабаттың беттік және оптикалық қасиеттерінің өзгеруіне әкеп соқтырады.

ИНВЕРТОР (латынша «инверто – аударамын, өзгертемін») – **тұрақты токты айнымалы токқа түрлендіруге** арналған құрылғы; вентильдік қасиетке ие жартылайөткізгіштік немесе газ-разрядты аспаптардан жасалады.

ИНДИКАТОР (латынша – көрсеткіш) – бақыланатын техникалық үрдісті немесе нысанды адамның тікелей қабылдауына ыңғайлы түрде көрсететін және кез келген параметрдің өзгерісін бейнелейтін құрылғы (аспап). Бақыланатын нысанның күйін немесе үрдістің өтуін бейнелейтін құрылғы.

ИНДУКТИВТІ БАЙЛАНЫС – электр тізбегінің бөліктері аралығында осы бөліктерден өтетін айнымалы ток тудыратын *магнит өрісінің* есебінен туатын электрлік байланыс.

ИНДУКТИВТІ КЕДЕРГІ – 1) тізбектің индуктивті бөліктерінің (мысалы, катушканың) айнымалы токқа көрсететін қарсы әсерін сипаттайтын шама. Ом өлшемімен өрнектеледі. Синусоидалы ток үшін индуктивті кедергі (x_L) ωL өрнегімен анықталады (мұндағы L – тізбектің индуктивтілігі, ω – токтың дөңгелектік жиілігі). Индуктивті кедергі кейде **реактивті индуктивті кедергі** деп те аталалы. 2) **Аэродинамикадағы индуктивті кедергі** – аэродинамикалық кедергінің құраушыларының бірі. Дененің қозғалысы кезінде оған ауа (газ) тарапынан әсер ететін толық **аэродинамикалық күш**.

ИНДУКТИВТІЛІК (латынша – әсер беру, бейімдеу, қоздыру) – электр тізбегінің магниттік қасиеттерін сипаттайтын шама. Өткізгіш контурмен өтетін ток өзін қоршаған кеңістікте магнит өрісін тудырады. Сонымен қатар **контурды** (не онымен байланысқан контурды) **тесіп өтетін магнит ағыны** (Φ) ток күшіне (I) тура пропорционал: $\Phi = L I$, мұндағы L пропорционалдық коэффициенті – индуктивтілік немесе контурдың **өздік индукция коэффициенті** деп аталады. Ол – контурдың мөлшері мен пішініне, сондай – ақ контурды қоршаған ортаның *магниттік өтімділігіне* тәуелді болады. Индуктивтілік *Халықаралық бірліктер жүйесінде* (СИ) *генримен*, ал *СГС жүйесінде* сантиметрмен ($1 \text{ Гн} = 10^9 \text{ см}$) өлшенеді.

Егер электрлік және механикалық құбылыстардың арасындағы ұқсастықты еске алатын болсақ, онда магниттік энергияны дененің *кинетикалық энергиясымен* $T = mv^2/2$ (m – дененің массасы, v – оның жылдамдығы), ал индуктивтілік массаның

орнына, ток – жылдамдыққа сәйкес болады. Сонымен индуктивтілік токтың инерциялық қасиеттерін анықтайды.

Индуктивтілікті арттыру үшін темір өзекшелі орамдар қолданылады; осының нәтижесінде *ферромагнетиктердің* магниттік өтімділігі (μ) осындай орамдар индуктивтілігінің магниттік өрісінің кернеулігі токқа (I) тәуелді болады.

Өзара индуктивтілік – электр тізбектерінің бір контурдағы ток күшімен және өзге контурды тесіп өтетін әлгі ток тудыратын магниттік ағынының арасындағы екі немесе одан көп контурлардың (ток тізбектерінің) пропорционалдық коэффициенттерімен анықталатын магниттік байланыстарының сипаттамасы.

ИНДУКЦИЯ (латынша – енгізу, әсер ету, әсерін тигізу, қоздыру) – өткізгіш тұйық контурдың (электр тізбегінің) магнит өрісіндегі қозғалысы кезінде немесе осы контурдың төңірегіндегі (айналасындағы) магнит өрісінің өзгеруі кезінде электрқозғаушы күштің (ЭҚК-тің) пайда болуы.

Қалдық магниттік индукция – ферромагнетиктегі сыртқы магнит өрісі жойылғаннан кейінгі магниттік индукция.

Өздік электрмагниттік индукция – контурлардың біреуіндегі электр тогының күші өзгерген кезде екінші контурда электрқозғаушы күшінің пайда болуы.

Магниттік индукция – магниттік өрістің негізгі сипаттамасы болатын вектор; оның шамасы және бағыты магниттік өріске орналасқан электр тогы өтіп тұрған өткізгішке осы магнит өрісінің ықпалы бойынша анықталады.

Униполярлық индукция, бір полюсті индукция – қозғалатын магниттелген электр өткізгіш денеде, оның қозғалыс бағыты мен магниттелу бағытының үйлеспей кезінде электрқозғаушы күштің пайда болуы.

Электрмагниттік индукция – электр өткізгіш контурда оны тесіп өтетін магниттік ағынның өзгерісі кезінде әлгі контурда электрқозғаушы күштің пайда болуы.

Электрстатикалық индукция – тұрақты электр өрісіне орналастырылған өткізгішке немесе диэлектрикке электр зарядтарын беру (жұқтыру, дарыту).

ИНДУКЦИЯЛЫҚ СӘУЛЕ ШЫҒАРУ, еріксіз сәуле шығару – заттар бөлшектерінің (атомдардың, молекулалардың, т.б.) сыртқы (мәжбүрлеуші) электрмагниттік сәуленің әсерімен электрмагниттік толқындар шығаруы. Бұл сәуленің жиілігі, фазасы, таралу бағыты және полярлануы мәжбүрлеуші сәуленікімен бірдей болады. Сондықтан, индукциялық сәуле *когерентті* болады және белгілі бір жағдайларда электрмагниттік толқындардың едәуір күшеюіне және шығуына әкеп соқтырады. Әдетте қоздырылған күйдегі атомдар саны мен **индукциялық сәуле квантын** шығару қасиеті *термодинамикалық* теңгерілмеген

жүйедегі негізгі күйдегіден артық болады. Жиіліктің кванттық эталонының, кванттық генераторлардың, кванттық күшейткіштердің, мазерлердің, лазерлердің жұмыстары **индукциялық сәуле шығару құбылысына негізделген.**

ИНДУКЦИЯЛЫҚ ТОК – айнымалы магнит өрісінде немесе қозғалыстағы магнит өрісінде орналасқан өткізгіштік контурда туындайтын ток.

ИНДУКЦИЯЛЫҚ ҮДЕТКІШТЕР – үдеткіш электр өрісінің, магнит өрісінің уақыт бойынша өзгерісі (индукциялық электрқозғаушы күш) есебінен туындайтын үдеткіш. Электрондардың циклдік индукциялық үдеткіші **б е т а т р о н** деп аталған. Индукциялық электрқозғаушы күшін сақина тәрізді импульстік магнит өрісі тудыратын сызықтық индукциялық үдеткіштер де бар.

ИНЕРТТІ МАССА (латынша «инертис – әрекетсіз») – дененің динамикалық қасиетін сипаттайтын физикалық шама. Инертті масса *Ньютонның екінші заңына* енген (сондықтан дене инерциясының өлшеуіші болып табылады). Гравитациялық массаға тең.

ИНЕРТТІЛІК, инерция (латынша – әрекетсіздік), **м е х а н и к а д а** – материалдық денеге сырттан ешқандай ықпал жасалмаса немесе өзара теңгерілетін болса, онда осы дененің санақтың инерциялық жүйесіне қатысты өзінің қозғалыс немесе тыныштық күйін өзгеріссіз сақтайтын қасиеті. Егер де денеге теңгерілмеген күш жүйесі әсер ететін болса, онда инерттілік қасиет денелердің тыныштық немесе қозғалыс күйлерінің өзгеруіне, яғни оның нүктелерінің жылдамдықтарының сол сәтте емес, бірте-бірте өзгеруіне септігін тигізеді; сонымен, дененің инерттілігі қаншалықты үлкен болса, қозғалыс соншалықты баяу өзгереді болады. **Инерттіліктің өлшеуіші оның массасы** болып табылады.

ИНЕРЦИЯ (л а т ы н ш а – әрекетсіздік), **инерттілік** – денеге ықпал жасайтын сыртқы әсерлер (күштер) болмайтын немесе өзара теңгерілген кезде дененің өзіне ықпалы материалдық денелердің механиканың (1- және 2-Ньютон) заңдарында көрініс тапқан қасиеті. Денеге ықпал ететін сыртқы *инерциялық санақ жүйесіне* қатысты өзінің **қозғалыс күйін немесе тыныштығын өзгертпейтін кезде инерция пайда болады.** Егер де денеге теңгерілмеген күштердің жүйесі



Дененің инерциясының қасиетін бірдей бірінің астына бірі ілінген екі жүкпен жасалған тәжірибемен көрсетуге болады. Жіп бір жүктің керілуіне ғана шыдайтындай, екі жүктің салмағын көтере алмайтындай болып таңдалады. Егер алдымен жоғарғы жүк жайлап түсірілсе, одан соң астыңғы жүк жайлап түсірілсе, үстіңгі жүктің жібі үзіледі. Егер төменгі жүк жайып түсіріліп, астындағы тірек алынса, онда төменгі жүктің жібі үзіледі.



әсер ететін болса, онда оның инерцияға ықпалы тиеді, тыныштық күйінің өзгерісі немесе дененің қозғалысы, яғни оның нүктелерінің жылдамдықтарының өзгерісі кенеттен емес, біртіндеп өзгертін болады; сонымен қатар дененің инерциясы қаншалықты үлкен болса, қозғалыс та соншалықты

баяу өзгертін болады. **Дененің массасы оның инерциясының өлшеуіші болады.**

ИНЕРЦИЯ ЗАҢЫ – механиканың сыртқы әсерлер (күштер) болмайтын немесе әсер етуші күштер өзара теңгерілген кезде **дене өзінің қозғалыс** немесе *тыныштық күйін инерциялық санақ жүйесіне қатысты өзгертпей сақтайды*. Дербес жағдайда материалдық нүкте тыныштық жағдайда немесе бірқалыпты және түзу сызықты қозғалыста болады.

ИНЕРЦИЯ КҮШІ (латынша – қозғалмайтын) – *материалдық нүкте* массасы (m) мен оның үдеуінің (w) сан жүзіндегі көбейтіндісіне тең болатын және де үдеуге қарама-қарсы бағытталған векторлық шама. Қисық сызықты қозғалыс кезінде бұл шама жанама (тангенстік) және нормал бағыттық (тік бағыттық) құраушыларға жіктеледі.

Инерция күші туралы ұғым **салыстырмалы қозғалыс** үшін де ендіріледі.

ИНЕРЦИЯЛЫҚ САНАҚ ЖҮЙЕСІ – ешқандай күш әсер етпейтін (немесе бір-бірін өзара теңгертін күштер әсер етсе) *материалдық нүкте* тыныштық күйде немесе бірқалыпты түзу сызықты қозғалыста болады делінетін *инерция заңы* тура болатын *санақ жүйесі*. Инерциялық санақ жүйесіне қатысты ілгерілемелі, бірқалыпты және түзу сызықты қозғалатын кез келген санақ жүйесі де инерциялық санақ жүйесі болады. Сондықтан теория жүзінде инерциялық санақ жүйесімен тең болатын кез келген санды әлгіндей жүйелерде физика заңдары ортақ (**салыстырмалық принцип**) болады. Кез келген инерциялық санақ жүйесінде *Ньютонның екінші заңы және қозғалыс мөлшерінің* (импульстің), қозғалыс моменті мөлшерінің және сыртқы әсерлерге ұшырамаған тұйық жүйелерге арналған инерция орталығының (масса орталығының) қозғалысының сақталу заңы тура. Инерциялық санақ жүйесіне қатысты үдемелі қозғалатын санақ жүйесі – **инерциялық емес жүйе** болады және де *инерция заңы* және басқа әлгі аталған заңдар мұнда орындалмайтын болады.

«Инерциялық санақ жүйесі» ұғымы **ғылыми абстракция** болып табылады. **Нақты санақ жүйесі** әрқашан да іс жүзінде **әйтеуір бір денемен (Жермен, ғарыш кемесімен немесе ұшақ корпусымен, т.б.) байланыстырылады.**

Табиғатта тапжылмай орнынан қозғалмайтын дене жоқ (дене Жерге қатысты қозғалмайтын болғанымен, Күнге және жұлдыздарға қатысты үдемелі қозғалыста болады). Сондықтан кез келген нақты санақ жүйесі жуықтап қарастырылғанда инерциялық санақ жүйесі ретінде қарастырылады.

Бір инерциялық санақ жүйеден Ньютонның классикалық механикасынан өзге бір жүйеге ауысқан кезде кеңістіктік координаттар мен уақыт үшін **Галилейдің түрлендірулері**, релятивтік механикада *Лоренцтің түрлендірулері* тура болады.

ИНЕРЦИЯ МОМЕНТІ (латынша «моментум – қозғалту») – денедегі массаның үлестірілуін сипаттайтын және массамен қатар ілгерілемелі емес қозғалыс кезінде дененің инерттілігінің өлшемі болатын шама.

ИНЕРЦИЯ ОРТАСЫ, *м а с с а о р т а с ы* – қалпы денедегі немесе механикалық жүйедегі массаның үлестірілуімен сипатталатын геометриялық нүкте. Инерция ортасы мен *ауырлық ортасы* ұғымдарының айырмашылығы мынада: дененің ауырлық ортасы біртекті ауырлық өрісіндегі тек қатты заттар үшін ғана мағыналы болады; инерция ортасы туралы ұғымның ешқандай күштік өріспен байланысы жоқ, кез келген механикалық жүйе үшін ғана мағынасы болады. **Қатты дененің инерция ортасы мен ауырлық ортасының қалпы бірімен-бірі үйлеседі.**

ИНЕРЦИЯ РАДИУСЫ – ұзындық өлшемі r шамасы болатын, ол арқылы дененің инерция моменті берілген оське қатысты $I = Mr^2$ формуласымен өрнектеледі, мұндағы M – дененің массасы. Мысалы, біртекті шар үшін инерция радиусы шардың орталығы арқылы өтетін өске қатысты $\sqrt{0,4R} \approx 0,632R$, мұндағы R – шардың радиусы.

ИНЖЕКЦИЯ (латынша – ендіру) – 1) бөлшектерді әрі қарай үдету немесе жинақтау үшін зарядталған бөлшектердің шоғын үдеткішке енгізу; 2) электр өрісінің әсерімен тепе-теңсіз заряд тасушылардың жартылайөткізгішке енуі; 3) сыртқы электр өрісінің әсерімен ток тасығыштардың шоғырлануы жоғары аймақтан жартылайөткізгішке немесе диэлектрикке тасымалдау нәтижесінде заряд тасушылардың шоғырын арттыру.

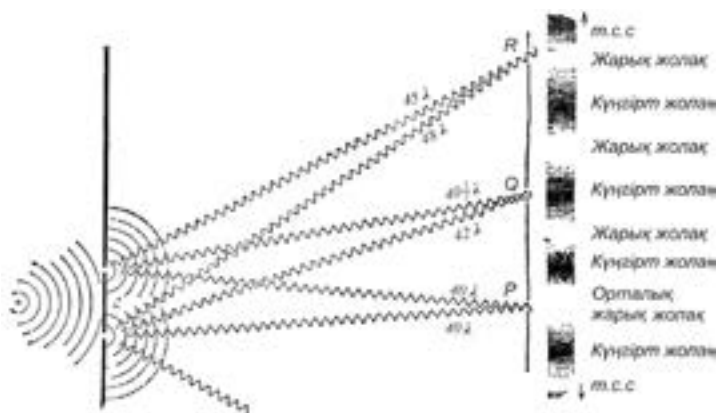
ИНЖЕКЦИЯ, заряд тасығыштардың инжекциясы – тепе-теңсіз (артық) заряд тасушылардың электр өрісінің әсерімен жартылайөткізгішке немесе диэлектрикке енуі. Артық заряд тасушылардың көзі ретінде жанасатын жартылайөткізгіш немесе металл, жарық (**фотонинжекция**), электр өрісінің өзі (тасқындық инжекция), т.б. бола алады. Жанаспалық инжекция кезінде сыртқы электр өрісі заряд тасушылардың тепе-теңдігін *шығу жұмысы* (Φ) әртүрлі қатты екі дененің жанаспалы (жапсары) арқылы бұзады. Қатты денені жанаспаға жанастырған кезде жанасатын аймақ маңайында бір дененің оң зарядталуына, ал екіншісінің – теріс

зарядталуына әкеп соқтыратын заряд тасушылардың диффузиялық ағынын тудырады. Жанаспаның маңайында диффузиялық ағындарды компенсациялайтын (есесін қайтаратын) ағындар тудыратын электр өрісі пайда болады. Егер сыртқы өріс жанаспалық өріске қарсы бағытта болса, онда шығу жұмысы (Φ) аз денеден шығу жұмысы (Φ) көп денеге қарай артық электрондардың ағыны және кері бағытта артық кемтіктердің ағыны пайда болады.

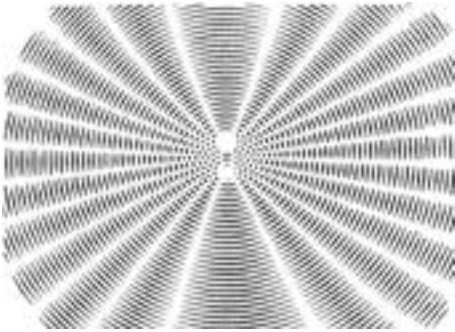
ИНТЕГРАЛДЫҚ СҰЛБА, интегралдық микросұлба (латынша «интегер – бүтін») – электрондық техниканың өзара байланысқан транзисторлардан және басқа бөліктерден құралған және технологиялық ортақ цикл бойынша жасалған құрылғы. Интегралдық сұлба идеясын алғаш болып 1952 жылы ағылшын инженері Г.У.Даммер ұсынған. 1959 жылы Джек Килби резистор мен конденсаторды Джон Бардин (1908 – 1991), Уильям Шокли (1910 – 1989) және Уолтер Браттейндердің (1902 – 1987) транзисторды жасаған тәсіліне ұқсас бүкіл құраушы бөліктерді ортақ бір тұғырға орналастырып бәрін бір мезгілде жасауды жүзеге асырған. Осылайша **1959 жылы** дүниежүзіндегі **ең алғашқы интегралдық сұлба** жасалған.

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ [латынша «интер – арасы» және «ференс (ферентис) – тасушы»] – кеңістіктің кейбір нүктелерінде когерентті (жарықтың, дыбыстың, т.б.) толқындардың қабаттасуы кезінде толқындардың фазаларының айырымына тәуелді түрде осы толқындардың кейбір нүктелерінде күшеюі, кейбір нүктелерінде толқындардың әлсіреуі байқалатын құбылыс.

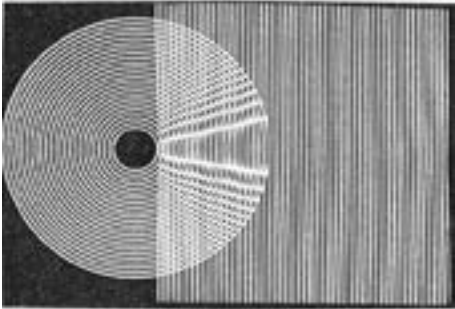
Интерференциялық құбылыстың мысалына жұқа пленкалардың (асфальтқа төгілген бензин дақтарының, сабын пленкасының) түрлі түсті болып байқалуы жатады). Осы жағдайда пленканың сыртқы және ішкі беттерінен шағылған сәулелердің интерференциясы жүзеге асады. Егер пленканың қалыңдығы, мысалы, жарық толқыны ұзындығының жартысына тең болса, онда сәуле жолдарының ұзындықтарының айырымы толқын ұзындығына тең



Толқындар интерференциясы. Екі саңылау арқылы өткен толқындардың бір-бірінің үстіне қабаттасуы нәтижесінде интерференциялық жолақтар пайда болады, оларды біраз қашықтықта орналасқан экраннан байқауға болады



[пленканың ішкі бетінен шағылған сәуле пленканың ішінде 2 рет (ары және кері бағытта өтеді)] болады. Сондықтан фазалар айырымы 2π -ге тең және де сәулелер бірін бірі барынша (максимал) күшейтеді. Пленканың қалыңдығы әдетте бір орыннан екінші орын аралығында өзгертіндіктен, ол әртүрлі түсті болып байқалады.



Интерференциялық құбылыстар

Тура таралған және шағылған толқындардан пайда болатын интерференциялық суреттің көрінісі ерекше болады. Осы жағдайда тұрғын толқын пайда болады.

Шаң басқан айнадан интерференция құбылысын байқауға болады. Егер осындай айна алдында майшам жағылатын болса, онда жалынның төңірегінен (айналасынан) түрлі түсті жиекті байқауға болады. Бұл

құбылыс беті ретсіз шаңдалған айнадан шағылысқан жарықтың интерференциялануынан пайда болады. Әлгі шаң-тозаңдар «дифракциялық тор» ретінде әсерін тигізді. Осы құбылыс – кей кезде Күн немесе Ай дискісінің төңірегінде байқалатын түрлі түсті концентрлі шеңберлердің пайда болуына ұқсас құбылыс болып табылады. Соңғы құбылыста шаң-тозаңның орнын атмосферадағы су тамшылары басып отыр.

«Тұрақты шаң-тозаң басқан айна» жасау үшін шағын таза әйнек алып, мысалы, жуылған фотопластинкаға жұқа қабатты вазелин жағып, оған өсімдіктің ұсақ тозаңдарын бірқалыпты себу керек. Осы пластинканың бетіне екінші бір фотопластинканы беттестіріп, майшамның жалынына қараңыз. Жалынның төңірегінен түрлі түсті (ішкі жағында – көк түсті, сыртқы жағында – қызыл түсті) жиекті байқайтын боласыз.

Жарық интерференциясы – жарық қарқындылығының кеңістіктік қайта үлестірілуі кезінде жарық және күңгірт жолақтар түрінде байқалатын жарық толқындарының қабаттасуы.

Полярланған жарық сәулесінің интерференциясы – жарықтың полярланған когерентті сәулесінің сәуленің қосарланған сынуына ие ортадан өтуі нәтижесінде әлгі сәуленің бір-бірінің үстіне қабаттасып түсуі кезінде пайда болатын интерференциялық суреті.

Толқындар интерференциясы – кеңістіктің әртүрлі нүктелерінде қорытқы толқын амплитудасының күшеюі немесе әлсіреуі пайда болатын когерентті толқындардың қабаттасуы.

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯЛЫҚ СУРЕТ – когерентті жарық шоқтарының қабаттасуы нәтижесінде, яғни олардың арасындағы фазалар айырымы тұрақты (немесе тұрақты өзгерісі) жағдайында пайда болатын жарық қарқындылығының артуы және кемуінің тұрақты түрде кезектесіп алмасуы. Сфералақ толқындардың максимум қарқындылығы фазалар айырымының жарты толқынының жұп санына тең болған кезде, ал минимум – қарқындылығы фазалар айырымы жарты толқынның тақ санына тең болған кезінде байқалады.

Интерференциялық суретті байқау үшін мынадай тәжірибе жасауды ұсынамыз. Дөңгелек сымтемір жақтауды сабынан ұстап, сабынды суға лақтырып алып, дөңгелек жақтауды қырынан тік ұстап тұрсаңыз, су тамшылап ағып, жақтауға сабын пленка керілетін болады. Пленканың төменгі жағы жоғарғы жағынан қалыңдау болып керіледі, яғни пленканың көлденең қимасы өте жұқа сына тәрізді болады. Осы пленканы күн сәулесі түсетін тұсқа ұстап қарайтын болсаңыз сызбада бейнеленгендей түрлі түсті көлденең әлсіз түсті жолақтарды байқауға болады. Жолақтар дөңгелек жақтаудың төменгі тұсына қарай, яғни пленканың қалыңдығысәл артқан сайын жақын орналасатын болады (1-сызба).

Жалпы толқындардың қалай өзара әсерлесетінін анықтау үшін когерентті көздерден таралатын толқындардың кездесетін нүктесіне дейін жүрген жолдарының айырымын анықтау керек. 2-сызбада тербелістердің нүктелік көздері S_1 және S_2 бейнеленген. Тербеліс көздерінің арақашықтығы (D) S_1A және S_2A арақашықтықтарынан едәуір қысқа (кем). $S_1A=r_1$, $S_2A=r_2$ -ден кіші дейік. $S_2B=r_2-r_1$ айырымы толқындардың жүрген жолдарының айырымы болады.

Егер осы жүрілген жолдар айырымының ұзындығы бүтін санға (m -ге) немесе жарты толқынның жұп санына ($2m$ -ге) тең, яғни $r_2-r_1=2m\lambda/2$ болса, мұндағы m – кез келген бүтін сан немесе нөл болса,

онда толқындар A нүктеде кездескенде олар бірін-бірі **күшейтеді**, осы нүктеде тербелістердің амплитудалары максимал (ең көп шамаға тең) болады.

Егер де толқындардың жүрген жолдарының айырымы тақ санға тең, яғни $r_2-r_1=(2m+1)\lambda/2$ болса, толқындар A нүктеде кездескенде өзара бірін-бірі әлсіретеді де, амплитудалары ең аз шамаға (минимал) тең болады. Егер екі тербелістің де амплитудалары тең болса, онда A нүктеде тербелістер мүлдем болмайды. Осы



жоғарыдағы r_1 мен r_2 арақашықтықтар D арақашықтығынан көптеген есе ұзын болуы шарт.

Дыбыстық, электромагниттік (жарық) және басқа толқындар да интерференциялық құбылысқа ұшырайды.

ИНТЕРФЕРОМЕТР [интерфер(енция) + метр] – толқындардың интерференциясына негізделген өлшеуіш аспап. Дыбыстық толқындарға және электромагниттік толқындарға арналған интерферометрлер бар. Оптикалық интерферометр спектрлік сызықтардың толқын ұзындықтарын, мөлдір орталардың сыну көрсеткіштерін, нысандардың (объектілердің) абсолюттік және салыстырмалы ұзындықтарын, жұлдыздардың, т.б. бұрыштық өлшемдерін анықтауға, оптикалық бөлшектердің және олардың беттерінің сапаларын бақылауға арналған.

Барлық интерферометрдің әрекет принциптері бірдей, олардың бір – бірінен айырмашылығы тек когерентті толқын шығарып алуда ғана және де тікелей қандай шамалардың өлшенетіндігіне тәуелді. Жарық шоғы әйтеуір бір құрылғы арқылы кеңістіктік түрде екі немесе одан көп когерентті шоқтарға ажыратылады, бұлар оптикалық әр түрлі жол жүріп, соңынан бәрі бірге тоғысады және олардың интерференцияларының нәтижелері бақыланады.

Жамен интерферометрі – газдардың және сұйықтардың сыну көрсеткіштерін өлшеу үшін қолданылатын оптикалық қоссәулелік интерферометр. Бұл аспапты 1856 жылы француз физигі Жюль **Жамен** (1818 – 1896) жасаған.

Майкельсон интерферометрі – жарық толқынының ұзындығын өлшеуге арналған оптикалық екісәулелік оптикалық аспап. Бұл аспапты америка физигі Альберт **Майкельсон** (1852 – 1931) ойлап тапқан.

Фабри-Перо интерферометрі – көрінетін, инфрақызыл және сантиметрлік диапазондардағы электромагниттік сәулелерді зерттеу үшін қолданылатын көпсәулелі интерферометр. Мұны 1899 жылы француз физиктері: Шарль **Фабри** (1867 – 1943) мен Альфред **Перо** (1863 – 1925) жасаған.

Рэлей интерферометрі – жарық дифракциясына негізделген сыну көрсеткішті өлшеуге арналған. Мұны ағылшын физигі Джон **Рэлей** (Стретт) (1842 – 1919) жасаған.

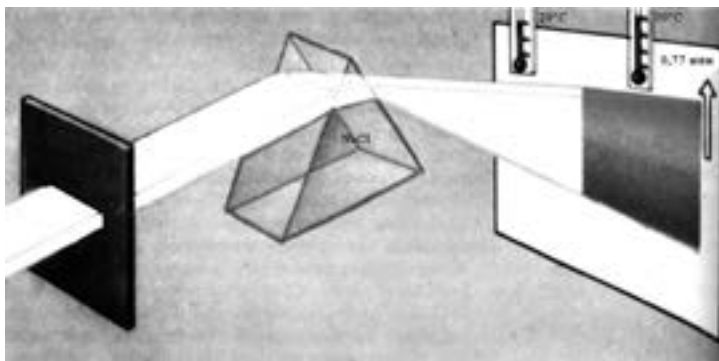
ИНТРОСКОП (латынша «интро – ішінде» + грекше «...скопео – қараймын») – мөлдір емес денелер және құрылғылар ішінде өтіп жатқан үрдістерді рентген аппараты немесе ультрадыбыстық аспаптар арқылы сәулелендіру тәсілімен байқауға арналған аспап. «Интроскоп» – **дыбысвизия, жылувизия, радиовизия** аспаптарының жалпылама атауы болып есептеледі.

ИНФРАДЫБЫС (латынша «инфра – асты, төмен» + дыбыс) – адам еститін

жиіліктен төмен жиілікті аймақта жататын серпімді тербелістер мен толқындар. Инфрадыбыстың жоғарғы жиілік шекарасына 15 – 40 Гц жиілік қабылданған. Төменгі жиілік шекарасы анықталмаған; қазіргі кезде оның төменгі жиілік шекарасы 0,001 Гц-ке дейін зерттелген. Инфрадыбыстық толқындар ауада, суда және жер қыртысында (бұл жағдайда ол **сейсмикалық толқын** деп аталған) таралады.

Инфрадыбыстың ерекшелігі, оның төменгі жиілікті болуы: аз жұтылады, терең теңізде және атмосферада, жер деңгейінде 10 – 20 Гц жиілікті инфрадыбыстық толқындар 1000 км қашықтыққа дейін таралып, бірнеше децибелдей ғана әлсірейді. Бұл дыбыс аз жұтылатын болғандықтан, өте алыс қашықтыққа тарала алады. Жанартаулардың атқылау кезіндегі ядролық жарылыстан таралатын дыбыстар Жер шарын бірнеше рет айналып шығып сөнеді. Сейсмикалық толқындар Жердің қалыңдығынан өте алады. Сол себепті инфрадыбысты оқшаулау мүмкін емес. Инфрадыбыстың табиғи көздеріне метеорологиялық, сейсмикалық және жанартаулық құбылыстар жатады. Қарқындылығы 120 децибелден (дБ) артық деңгейдегі инфрадыбыс адамның денсаулығына қауіпті әсер етеді. Қуатты инфрадыбыстар құрылыстың, құрылымдардың, жабдықтардың қирауына себепші де болады.

ИНФРАҚЫЗЫЛ СӘУЛЕ – көрінетін спектрлік аймақтың қызыл сәуле шетімен [толқын ұзындығы $\lambda \approx 0,74$ мкм (микрометр 10^{-6} м)] және радиосәуленің қысқа толқыны (ҚТ) [$\lambda \sim 1 - 2$ мм] аралығындағы электромагниттік сәуле. Спектрдің инфрақызыл (ИК) аймағы шартты түрде жақын (таяу) (0,74 – 2,5 мкм), орта (2,5 – 50 мкм) және алыс (50 – 2000 мкм) аймақтарға ажыратылған. Инфрақызыл сәулені 1800 жылы ағылшын астрономы әрі оптигі Вильям Гершель (1738 – 1822) ашқан.



Астұзынан (NaCl) жасалған призма толқын ұзындығы $\lambda=13,5$ мкм инфрақызыл сәулені ешқандай жұтусыз өткізеді. Экранда спектрдің қызыл түсінен кейінгі тұстағы термометр температураның артқанын көрсетеді, оның себебі осы тұсқа түскен сәуленің қуатының көп болатындығынан.

Инфрақызыл сәуленің спектрлері (көрінетін сәуле ретінде) сызықтық (қозған атомдардың немесе иондардың сәулелері, яғни атомдық спектрлер), үздіксіз (қызған қатты және сұйық денелердің спектрлері) және жолақ (қозған молекулалардың, яғни молекулалық

спектрлер) бола алады. Көрінетін сәуледе мөлдір болатын көптеген заттар инфрақызыл сәуленің бірқатар аймағында мөлдір емес және де керісінше болады. Толқын ұзындығы $\lambda > 1$ мкм инфрақызыл сәуле үшін қалыңдығы бірнеше сантиметр су мөлдір болмайды, яғни ол сәулені өткізбейді, сол себепті су көп жағдайда жылудан қорғаныш сүзгі ретінде қолданылады. Ge (германий) және Si (силиций) пластинкалары көзге көрінетін сәуле аймағында мөлдір емес, ал инфрақызыл сәуле ($\lambda > 1,8$ мкм) Ge үшін, ($\lambda > 1,0$ мкм) Si үшін мөлдір; кара қағаз алыс инфрақызыл сәуле үшін мөлдір. Осы оптикалық қасиеттері инфрақызыл сәулені ажырату кезінде жарық сүзгілері ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.

Инфрақызыл сәуле арқылы түсірілген суретте әдеттегі фотосуреттерде көрінбейтін нәрселер айқын көрінетін болады. **Инфрақызыл сәулеге сезгіш фотокадоттар арқылы** (толқын ұзындығы $\lambda < 1,3$ мкм) **электрондық-оптикалық түрлендіргіштер жасалған, олар көзге көрінбейтін нысандардың бейнесін фотокадотта көрінетін кескінге айналдырады.** Осы принцип бойынша қараңғыда (түнде) көру [(биноклдер және көздеуіштер (прицелдер))] аспаптары жасалған.

Төменгі температуралардағы (800 К-тан төмен) қатты дене негізінен инфрақызыл сәуле шығаратындықтан, оның суреті кара болып көрінеді. Температура жоғарылаған сайын көрінетін аймақтағы сәуленің мөлшері артады да, дене біртіндеп күрең қызыл қызыл түске боялады. Одан әрі ол қызыл, сары түске ауысып, соңында жоғары температурада (5000 К – тан аса) ақ түске айналады. Сол кезде сәуленің толық энергиясымен қатар инфрақызыл сәуленің де энергиясы артады. **Инфрақызыл сәуленің ең қуатты көзі – Күн.** Күн сәулесінің 50%-ға жуығы инфрақызыл сәуле аймағында жатады. Инфрақызыл сәуле түскен заттардың оптикалық кейбір қасиеттері (мөлдірлігі, шағылысу коэффициенті, сыну коэффициенті) өзгереді. Инфрақызыл сәуленің металдардан шағылысу коэффициенті көрінетін сәуленің шағылысу коэффициентінен артық. Инфрақызыл сәуле аймағындағы сәуле шығару және жұту спектрлері бойынша – **атомдардың электрондық бұлтының құрылымын зерттеуге,** молекулалардың құрылымын анықтауға және жанармай секілді кейбір күрделі молекулалы құрамды сұйықтарға сандық және сапалық талдау жасауға болады.

ИОН (грекше – жүретін, қозғалғыш) – атомдардың, молекулалардың, радикалдардың, т.б. **электрондарынан айырылған немесе электрондар қосып алған** кезінде пайда болатын **электрлік зарядталған бөлшек.** Иондар сәйкес түрде **оң зарядты** (электрондарынан айырылған кездері) және **теріс зарядталған** (электрондар қосып алған кездері) бола алады. **Ионның заряды электронның зарядына еселі болады.** Иондар молекулалардың құрамына ене

де және байланыспаған күйде де (газдарда, сұйықтарда, плазмада) бола алады. «Ион» деген түсінікті және атауды 1834 жылы ағылшын физигі Майкл **Фарадей** (1791 – 1867) енгізген. Ол қышқыл, сілті және тұздардың судағы ерітіндісіне электр тогының тигізетін әсерін зерттеп, **ерітіндінің электр өткізгіштігі ионның қозғалысы екендігін** дәлелдеген. Фарадей ерітіндіде **оң полюске (анодқа)** тартылған теріс зарядты ионды а н и о н д а р, ал **теріс полюске (катодқа)** тартылатын оң зарядты ионды к а т и о н д а р деп атаған. Ион зарядын элемент таңбасының үстінің оң жағына плюс (+) не минус (–) белгілерінің тиісті санын қойып көрсетеді: Na^+ , Cl^- , Al^{3+} , Ca^{2+} . Ерітінділерде иондар еріген заттың *диссоциациялануынан* пайда болады. Олардың қасиеттері заряд таңбасына, мөлшеріне және электрон қабатының құрылымына тәуелді. Иондардың химиялық активтілігі жоғары, сондықтан басқа бөлшектермен оңай әрекеттесіп, химиялық реакцияға түседі.

ИОНДАЛҒАН ГАЗ – атомдары (барлығы немесе көпшілігі) өздеріне тиесілі бір немесе бірнеше электронынан айырылып, оң иондарға айналған газ. Ерекше жағдайларда теріс иондарға да айнала алады.

ИОНДАЛУ – электрлік бейтарап атомдардан және молекулалардан оң және теріс иондар мен бос электрондардың түзілуі. Қозбаған күйдегі бейтарап атомды (не молекуланы) екі немесе одан көп зарядты бөлшектерге бөлу үшін, яғни оның иондалу үшін, оған и о н д а у э н е р г и я с ы н шығындау қажет. Берілген элементтің негізгі күйлерінен бірдей иондар түзе отырып ионданатын барлық атомдары (немесе химиялық қосылыстары) үшін бірдей иондау энергиясы шығындалады. Иондалу қарапайым акті ретінде атомнан (молекуладан) бір электрон бөліп шығаруды және осындай актілердің жиынтығы да (газдың, сұйықтың иондалуы) болып табылады. Бөлшектердің осындай иондалуға қатысты қасиеттері оның иондалу потенциалымен сипатталады.

Электрондарды бейтарап атомдарға немесе молекулаларға қосудың (теріс иондар түзудің) өзгедей актілерден айырмашылығы иондалу энергиясын шығындау ретінде де, энергия бөлу ретінде де өтуі мүмкін; **энергия бөлу жағдайындағы атомдар** (молекулалар) **электронға тектестік** делінеді. Иондалу соққыдан, жылудан, фотонның әсерінен, лазерлік сәуледен т.б. әсерлерден жүзеге асуы мүмкін.

Ионданған газдар мен сұйықтар электрөткізгіштікке ие болады. Иондалуға кері құбылыс ион-электрон р е к о м б и н а ц и я с ы деп аталған. Иондар мен электрондар рекомбинациясының нәтижесінде оң иондар мен еркін электрондардың қосылуынан ион түзіледі. Бөлшектің иондалуға бейімділігі и о н д а л у п о т е н ц и а л ы деп аталатын шамамен сипатталады. Егер бөлшекке иондалу энергиясы

өзге бөлшектің (электрон, атом немесе ион) соқтығысуы арқылы берілсе, ондай иондалу с о қ қ ы а р қ ы л ы иондалу деп аталады. Соқтығысу кезінде энергия жеткілікті мөлшерде берілсе, бір зарядты ионмен қатар көп зарядты иондардың да пайда болуы мүмкін.

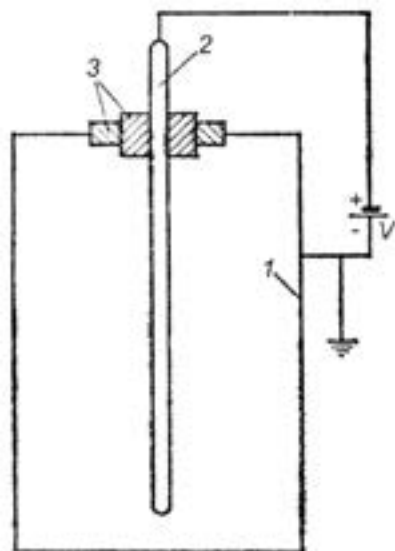
Кей жағдайда соқтығысу кезінде иондалушы бөлшекке берілетін энергияның шамасы аз болғанда да, бөлшектің иондалуы мүмкін: атомдар (не молекулалар) алғашқы соққы кезінде қозған күйге көшеді. Содан кейінгі соққы кезінде иондалады. Мұны с а т ы л ы иондалу деп атайды. Сатылы иондалу соқтығысулар тым жиі болып, бөлшектің екі соқтығысудың арасында алған энергиясын жоғалтып үлгермейтін (газ тығыздығы едәуір, соққылаушы бөлшектердің қарқындылығы жоғары болғанда) жағдайда да туады. Оның үстіне иондалушы зат бөлшектерінің *метатұрақты күйде* болу мүмкіндігі сатылы иондалуды жеңілдетеді.

Жеткілікті жоғары температура кезінде зат құрамындағы атомдардың (не молекулалардың) жылулық қозғалысының энергиясы белгілі бір мөлшерге жеткенде (температурасы $10^3 - 10^4$ К шамасында болғанда) олар өзара соқтығысушы бөлшектердің *кинетикалық энергиясы* есебінен ионданады. Мұндай иондалуды т е р м и я л ы қ иондалу дейді.

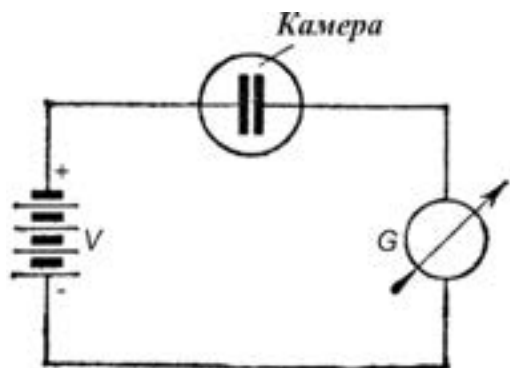
Иондалушы бөлшектер иондалу энергиясын фотондардан (электрмагниттік сәуле квантынан) алатын үрдіс ф о т о и о н д а л у деп аталған.

ИОНДАУЫШ КАМЕРА – зарядты бөлшектердің газды иондауға негізделген бөлшектер *детекторы*. Иондауыш камера газ толтырылған, электродтарына потенциалдар айырымы (U) түсірілген электр *конденсаторы* болып табылады. Тіркелуші бөлшектер электродтар аралығынан өткен кезде *электрондар* мен *иондар* пайда болып, электр өрісінде қозғалып электродтарға шоғырлана бастайды. Осыдан камераның тізбегінде **электр тогы** пайда болады. Параллел жазық электроты, цилиндр тәрізді коаксиал электроты және сфера тәрізді электродты иондауыш камера қолданылады (1-сызба).

Токтық иондауыш камерада электрондар мен иондар тудыратын ток (I) өлшенеді. Ток



1-сызба. Цилиндрлік иондауыш камераның қимасы: 1 – камераның теріс электроды болатын цилиндрлік корпус; 2 – камераның оң полюсі болатын цилиндр шыбық; 3 – оқшаулағыш



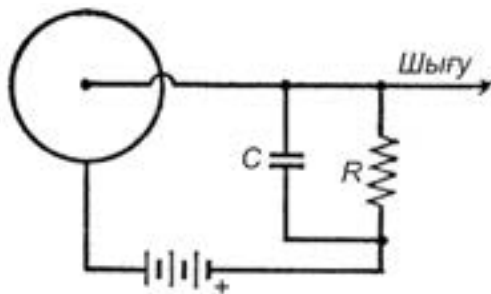
2-сызба. Токтық иондауыш камераны тізбекке қосу сұлбасы: V – камера электродтарындағы кернеу; G – иондалған токты өлшейтін гальванометр

күшінің (I) потенциалдар айырымына (U) тәуелділігінің (вольт – амперлік сипаттамасы) жұмыс учаскесі (қанығу тогы) электродтарда пайда болған бүкіл электрондар мен иондардың түгелдей жиналуына сәйкес келеді. Токтық иондауыш камера 1 секунд уақыт аралығында пайда болған иондардың барлық мөлшері туралы мәлімет береді. Ток күші әдетте аз болады ($10^{-10} - 10^{-15}$ А) және оны тіркеу үшін күшейтіледі (2-сызба).

Импульстік иондауыш камерада

кернеу импульстері тіркеледі әрі өлшенеді, бұл кернеу импульсі кедергіден (R) иондауыш ток өткен кезде пайда болады. Импульстің амплитудасы мен ұзақтығы RC контурына тәуелді (3-сызба).

Иондауыш камера 1908 жылы ағылшын физигі Эрнест Резерфорд (1871 – 1937) өзінің тәжірибелерінде пайдаланылған ең көне детектордың бірі. Құрылысы қарапайым болуы себепті осы кезге дейін, әсіресе, дозиметрлерде пайдаланылуда. Үдеткіштердің және ядролық реакторлардың жұмыстарын бақылау үшін, ғарыштық сәулелерді зерттеу кезінде пайдаланылуда. Жоғары энергиялы бөлшектер физикасында сұйық аргонмен толтырылған иондауыш камералар қолдау тапқан. Осы жайттар бұл камераның тежеуіштік қасиетін арттырумен бірге оның электрлік сигналдарын 10^3 есе арттырған.



3-сызба. Импульстік иондауыш камераны тізбекке қосу сұлбасы: C – жинақтағыш электрод сыйымдылығы; R – жоғарыомдық кедергі

ИОНДАУЫШ ПОТЕНЦИАЛ – электрон энергиясының (eU) қоздырылмаған атомды (немесе молекуланы) электрондық соққымен иондауға жетерліктеу болуы үшін электронның үдеткіш электр өрісінен өтуі тиіс ең аз потенциалдар айырымы (мұндағы e – электронның заряды).

Егер $eU \geq eU_i$ (eU_i – иондауыш потенциал) болса, онда осы электрон атомды (молекуланы) иондай алады. eU_i шамасы и о н д а у э н е р г и я с ы деп аталған, бұл энергия атомнан (молекуладан) электронды жұлып шығару жұмысына

тең. Иондауыш потенциал – иондау энергиясының өлшеуіші, ол атомдағы (молекуладағы) электрон байланысының беріктігін сипаттайды [В (вольт) өлшемімен өрнектеледі және сан жүзінде иондау энергиясы – эВ-пен (электрон Вольтпен) өлшенеді].

ИОНДАУЫШ СӘУЛЕ – ортамен өзараәсерлесуі осы ортаның атомдары мен молекулаларын иондауға әкеп соқтыратын **бөлшектердің және электромагниттік кванттардың** ағындары. Рентгендік және γ -сәулесі, α -бөлшектер, электрондар, позитрондар, протондар, нейтрондар иондауыш сәуле болып табылады. Зарядталған бөлшектер ортаның атомдарымен және молекулаларымен соқтығысулары кезінде тікелей иондандырады (**бірінші реттік иондалу**). Соқтығысу кезінде бөлініп шыққан электрондар жеткілікті үлкен энергияға ие болса, олар да ортаны иондайтын болады (**екінші реттік иондану**). *Шапшаң нейтрондардың* иондауы ядролардың тебілуі немесе нейтрондардың ортамен өзараәсерлесуі кезінде пайда болатын өзгедей бөлшектер арқылы жүзеге асады. *Фотондармен* рентгендік және γ -сәулені иондау тікелей – бірінші реттік (фотоиондану), сондай-ақ фотондардың заттармен өзараәсерлесуі кезінде пайда болатын екінші реттік электрондар арқылы да жүзеге асады. **Көрінетін сәуле мен ультракүлгін сәуле иондауыш сәулеге жатпайды.**

ИОНДАУЫШ ЭНЕРГИЯ (грекше «энергия – әсер, әрекет») – негізгі энергетикалық күйдегі атомнан (атомды иондайтын) сыртқы электрондардың біреуін **жұлып шығаруға жұмсалатын жұмысқа тең.** Сан жүзінде *иондауыш потенциалға* тең.

ИОНДЫҚ ҚОЗҒАЛТҚЫШ, иондық ракета – газтәрізді отынды иондап, соңынан оларды жарық жылдамдығына жуықтау шапшаңдыққа дейін үдетіп пайдаланылатын қозғалтқыш (әзірше идея ғана). Иондардың қозғалтқыш үдеткішінен шыққан кездегі шапшаңдығы неғұрлым жоғары болса, қозғалтқыштың тарту күші де солғұрлым артады, сонымен қатар ұшу аппаратының жылдамдығы да жарық жылдамдығына қарайлас болмақшы. Осы принцип бойынша жасалған ракета – **иондық ракета** деп аталады. Иондық қозғалтқыштың құрылысы өте қарапайым болмақ. Негізгі бөлігі – жоғары кернеулі күшті электр өрісін тудырушы генератор болмақ. Оң зарядталған иондар көзі ретінде газ тәрізді зат (мысалы, сутек және гелий, жеңіл металл цезий) немесе өзінің электронынан онша жоғары емес температурада (2000° – 5000°C) айырыла алатын заттар (рубидий, сынап, аргон т.б.) пайдаланыла алады. Күшті үдеткіштің электр өрісіне түскенде иондар ғарыштық жылдамдықтарға дейін үдетіледі де, қозғалтқыштан сыртқа атқылап шығу нәтижесінде тарту күшін тудырады. Осындай шағын қозғалтқыштардың

қарапайым шағын үлгілері Кеңес Одағының «Восход» ғарыштың кемесінде 1964 жылы сыналған болатын.

ИОНДЫҚ МИКРОСКОП (грекше «микрос – кішкене» + «скопео – көремін») – кескін шығару (алу) үшін **термоиондық** немесе **газрярядтық иондық көздер** шығаратын (өндіретін) **иондық шоқтар** пайдаланылатын электрондық-оптикалық аспап. Ұлғайту принципі бойынша иондық микроскоп *электрондық микроскопқа* ұқсас. Иондық шоқ объектив арқылы өтіп, оның саналуан учаскелерінде



Атомдарды бақылауға арналған Мюллердің иондық микроскопы

пашырауға және жұтылуға ұшырап электрстатикалық немесе магниттік линзалар жүйелермен фокусталады және де экранда немесе фотокабатта нысанның ұлғайтылған кескіні пайда болады.

Иондық микроскоптың ажыратқыштық қасиеті электрондық микроскоппен салыстырғанда әлдеқайда жоғары. *Де Бройль толқындарының* ұзындығы бірдей үдету кернеуінде иондар үшін электрондардың әлгіндей ұзындығынан $\sqrt{M/m}$ есе кіші (m – электрон массасы, M – иондар массасы). Иондық микроскоптың *дифракция* құбылысынан бұрмалануы өте аз. Иондық микроскоптың кемшілігі иондардың өте жұқа нысандардан өтуі кезінде елеулі энергия шығындалады, осының себебінен әлгі нысандар бүленеді; хроматикалық aberрациясы үлкен болады, экранның люминофор қабатын иондар бүлдіреді. Линзасыз иондық микроскоп – *иондық проектор* едәуір эффектілі болып табылады.

ИОНДЫҚ ЛАЗЕР – иондар энергиясының деңгейлерінің арасындағы белгілі ауысуларда иондар тудыру жүзеге асатын газ лазері. Иондық лазерлер *инертті* газдар ауысуларының және металдардың иондық ауысуларының лазерлері болып екі топқа ажыратылған.

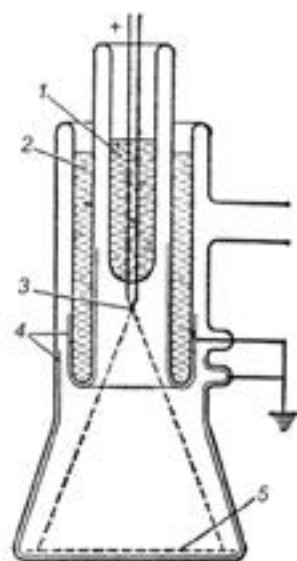
ИОНДЫҚ ӨТКІЗГІШТІК, **иондық электрөткізгіштік** – кейбір заттардағы **еркін иондардың**, яғни сыртқы электр өрісінің әсерінен макроскопиялық қашықтыққа **реттеліп қозғала алатын иондардың қозғалысы** себепші болатын электрөткізгіштік. Молекулалары түгелдей немесе ішінара *диссоциацияланған* ионды *электрлиттер* иондық өткізгіштікке жатады. Газдардағы иондық өткізгіштік атомдардың немесе молекулалардың иондалуы салдарынан еркін иондардың пайда

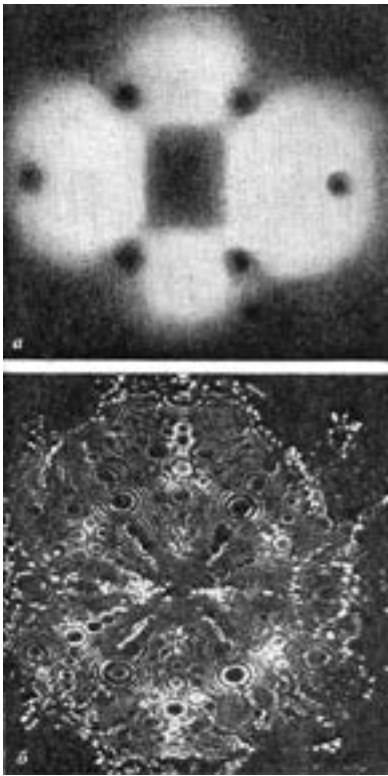
болуынан туады. Вакуумдық аралықтағы иондық өткізгіштік термоиондық немесе плазмалық катодтардың беттерінен эмиссияланған иондар тудырады. Иондық кристалдардағы иондық өткізгіштік кристалдық торлардың (өзіндік иондық өткізгіштік) немесе қоспалардың ықпалдарының (қоспалық иондық өткізгіштік) микробұзылыстарымен (ақаулықтармен) пайда болған еркін иондарға байланысты туған.

ИОНДЫҚ ПРОЕКТОР – қатты дене бетінің бірнеше миллион рет ұлғайтылған кескінін көрсетуге арналған линзасыз иондық-оптикалық аспап. Иондық проектор арқылы ара қашықтығы $2 - 3 \text{ \AA}$ бөліктерін [ангстрем, $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м} = 10^{-8} \text{ см} = 0,1 \text{ нм}$ (нанометр)] ажыратуға болады, бұл кристалдық тордағы жекелеген атомды бақылауға мүмкіндік береді. Иондық проекторды 1951 жылы неміс физигі Эрвин **Мюллер** (1911 – 1977) жасаған (ол 1936 жылы электрондық проекторды жасаған болатын). Иондық проектордың принциптік сұлбасы сызбада көрсетілген. Экранда кескінделетін ұлғайтылған бет, бір мезгілде зерттелуші нысан әрі оң электрод ретінде жіңішке өткізгіш иненің үшкір ұшы болып табылады. Аспаптың көлемін толтыратын газ атомдары (немесе молекулалар) өздерінің электрондарын үшкір ұштың маңындағы күшті электр өрісіне бере отырып иондалатын болады. Пайда болған оң иондар өріс әсерінен радиалдық үдеу алып, флуоресценцияланатын экранға (мұның потенциалы теріс) қарай бағытталады да, оны соққылайды. Экранның әрбір бөлігінің жарқырауы келіп соқтығысатын иондық тоқтың тығыздығына пропорционал болады. Сондықтан экрандағы жарқырау нысан бетінің құрылымын бейнелейтін иондардың үшкір ұштың (яғни иненің) маңында пайда болған тығыздықтың таралуын (ұлғайтылған масштабта) қайталап бейнелейді. Ұлғайту масштабы (m) жуық шамамен экран радиусының (R) үшкір ұштың қисықтық радиусына (z) қатынасына тең болады, яғни $m = R/z$.

Ине ұшы маңында электр өрісі біртекті емес – атомның кристалдық торының баспалдағының үстінде немесе жекелеген шығыңқы атомдардың үстінде оның жергілікті кернеулігі артады: осындай учаскелерде өрістік ионданудың ықтималдығы жоғары және бірлік уақытта пайда болатын иондар саны артық бо-

1-сызба. Иондық проектордың сұлбасы: 1 – сұйық сутек; 2 – сұйық азот; 3 – үшкір ұштық; 4 – өткізгіштік сақина; 5 – экран





2-сызба. Электрондық проекторда (а) 10^6 есе ұлғайтылған вольфрам инесі бетінің бейнесі; иондық проекторда (б) әлгіндей ұлғайтылған бейне. Электрондық проектордың шығарған бейнесінде тек кристалдық жазықтықтың құрылымы байқалса, иондық проекторда жеке атомдардың (сақиналардағы жарық нүктелер) кристалдық торларының сатыларының құрылымдары байқалады

лады. Осы учаскелер экранда жарық нүктелер түрінде бейнеленеді. Екінші сөзбен айтқанда, беттің ақ-қара түстерінің айқындылығы оның жергілікті оқшау микробедерімен анықталады. Ақ – қара түстердің айқындылығына әсер ететін өзге бір жайт атомның электрондық табиғаты болып табылады: мысалы, Со (кобальт) және Pt (платина) қорытпасында платинаның электртерістік атомы жарық нүкте ретінде бейнеленеді, ал оның қасындағы кобальт атомы көрінбейді. иондық проектордағы иондық ток, яғни кескіннің жарықтығы және ақ-қара кескіннің айқындылығы газдың қысымы жоғарылағанда артатын болады.

Иондық проекторлар металдар, қорытпалар және қосылыстар беттерінің атомдық құрылымдарды зерттеу үшін қолданылады; атомдық масштабта металдардың және қорытпалардың ішкі ақаулары (вакансия, дислокация, қаптауындағы ақау, т.б.) бақыланады.

ИОНДЫҚ СОҚҚЫЛАУ – қатты дене бетін (мысалы, электрвакуумдық немесе газразрядты аспаптардың электродтарын, жартылайөткізгіш пластиналарды) бағытталған иондар ағынымен атқылау. Ион ағынының әсерінен қатты дене бетінде екінші реттік иондық және электрондық эмиссияға, газ молекулаларының десорбциясына, т.б. негізделген күрделі физикалық-химиялық үрдістер өтеді.

ИОНДЫҚ ЭМИССИЯ (латынша «эмиссия – шығару») – жылулық қоздыру (термоиондық эмиссия) ықпалымен немесе беттерді бөлшектер ағынымен (ион – ионды және электрон – иондық эмиссия) немесе фотондармен (фотодесорбция) соққылау әсерінен қатты дене беттерінен (эмиттерден) **оң және теріс иондар жұлып шығару.**

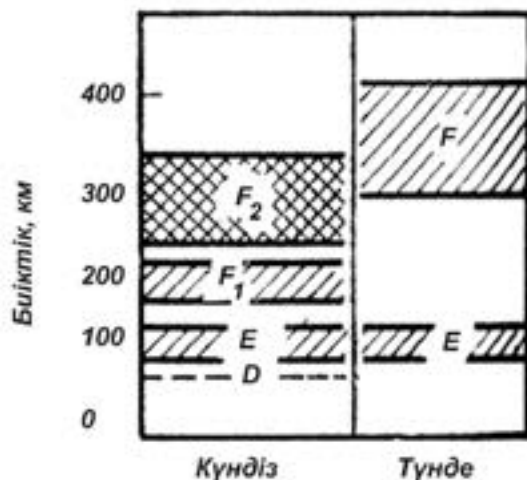
Денелер беттерін күшті импульсті лазерлік сәулемен сәулелендірген кезде де иондық эмиссия байқалады, бұл жайт беттік атомдарды оптикалық, сонымен қатар

жылулық қоздырумен түсіндіріледі. Иондық эмиссия қатты денелердің қасиеттерін және беттерінің құрамын зерттеу үшін қолданылады.

ИОН-ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ (грекше «ион – жүретін» + латынша «лумен – жарық» + қосымша «ескент – әлсіз әсер») – қатты денелерді иондармен атқылау кезінде қатты денелердің жарқыл (жарық) шығаруы.

ИОНСФЕРА (грекше «ион – жүретін» + «сфера – шар») – *атмосфераның жоғарғы иондалған аймағы жер бетінен 50 км – дей биіктіктен басталып магнитсфераның сыртқы шекарасына дейін таралған. Магнитсфера ионсфераның сыртқы шекарасы болып есептеледі. Ионсфера – магнит өрісіндегі сиретілген, әлсіз ионданған плазманың табиғи түзілісі. Атмосфераның ~ 50 км – ден бірнеше мың км – ге дейін созылып жатқан жоғары энергиялы электрондар шоғырланған және радиотолқындардың рефракцияға ұшырайтын аймағы ионсфера болып табылады. Ионсфераның негізгі қасиеттерінің өзгерістеріне орай, ол бірнеше қабатқа жіктелген. Бұл қабаттар күндізгі уақыттарда күн сәулесі спектрінің әркілі учаскелерін иондайды.*

1902 жылы ағылшын физигі Оливер Хевисайд (1850–1925) атмосфераның электромагниттік толқындарды шағылыстыратын иондалған қабат екендігін алдын ала болжаған. 1924 жылы ағылшын физигі Эдвард Эпплтон (1892 – 1965) **ионсфераны ашқан**. 1926 жылы ионсфераның жоғарғы шағылыстырғыш E қабаттын ашқан (бұл қабат Эпплтон қабаты деп аталған). Радиотолқындардың атмосферада шағылысу құбылысын тәжірибе жүзінде зерттеген.



Ионсфераның тік бағыттағы құрылысының сұлбасы

Ионсферадағы ауаның иондануының жоғары болуына газ молекулалары атомдарының Күннің ультракүлгін және рентгендік радиациясы мен ғарыштық сәулелердің әсерінен ыдырауы себеп болған. Бұл қабаттардың орналасуы мен иондану дәрежесі тәулік ішінде, жыл мезгілі мен Күн активтілігіне орай өзгерісте болады. Ионсфераның **ең көп иондалған қабаты жоғарғы F қабаты** деп аталады. Түнде бұл қабат 300 – 400 км биіктікке дейін көтеріледі, ол күндіз (көбіне жазда) F₁ және F₂ қабаттарына (иондану максимумдары 160 – 200 км және 220 – 320 км

биіктікке орналасқан) жіктеледі. Ал 90 – 150 км биіктікке D деп аталатын қабат орналасқан.

Жер атмосферасын иондаушы көздер Күннің ультракүлгін сәулесі, Күн тәжінің рентгендік сәулесі (толқын ұзындығы 0,8 – 30 нм), Күннің корпускулалық ағындары және ғарыштық сәулелер болып табылады. Ионсфера қабатында салыстырмалы иондану максимумдары бойынша ионсфералық қабаттар деп аталған бірнеше аймақ бар (сызбаға қараңыз). Ең төменгі қабат D жерден 50–90 км биіктікке орналасқан, бұл қабат тек күндізгі уақытта ғана болады, осы қабат қысқа және **орташа радиотолқындарды жұтатын негізгі қабат** болып табылады. E қабаты (90– 150 км) орташа радиотолқындарды (және түнгі уақытта ұзын радиотолқындарды) кейде қысқа радиотолқындарды шағылыстырады. F қабаты күндіз (жаз айларында) екі қабаттан құралады: F₁ (160 – 200 км) қабаты қасиеттері бойынша E қабатына ұқсас, F₂ (220–320 км) – қалған уақытта байқалады. **Қысқа радиотолқындарды шағылыстырады.** Осы қабаттың **шалғайлық радиобайланыс** үшін маңызы бар. Мұның қасиеттері тәулік бойынша және жыл мезгілдеріне байланысты өзгерістерге ұшырайды. **Ионсфера күйінің өзгерісі Жер магнетизміне әсер етеді, магниттік дауылдың** тууына әсері болады, Ионсфера қабатында *поляр шұғыласы* пайда болады.

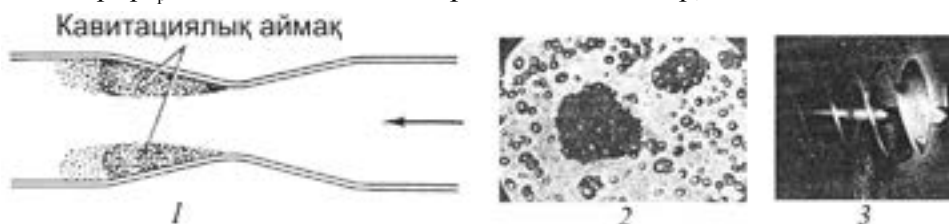
Ионсферада *иондалу және рекомбинация* үрдістері үздіксіз жүріп жатады. Ионсфераның әр қабатында бұл үрдістердің көздері әрқилы болады. Күндіз ионсфера негізінен Күннен шығатын қысқа толқынды (толқын ұзындығы 1038 Å шамасында) сәуле арқылы ионданады. Сондай-ақ корпускулалық ағындар, Галактикадан және Күннен таралатын ғарыштық сәулелер ионсфераны иондаушы көздер болып табылады. Ионсферадағы иондаушы негізгі көз – Күннің қысқа толқынды сәулесі.

Иондаушы сәулелердің әсерінен ионсферада күрделі физикалық және химиялық үрдістер өтеді. Оларды иондалу, иондық-молекулалық реакция және рекомбинация деп аталатын үш топқа бөлуге болады. Ионсфераның әр түрлі қабатында бұл үрдістер өздігінше өтетіндіктен, олар атмосфераны түрліше иондайды.



КАВИТАЦИЯ (латынша «кавитас – қуыс») – тамшылы сұйықтарда газбен, бумен немесе олардың қоспасымен толтырылған қуыстардың (кавитациялық көпіршіктер мен тесіктер деп аталатын) түзілуі. Кавитациялық көпіршіктер, сұйықтағы қысым белгілі бір кризистік шамадан ($p_{кр}$) төмен болатын кезде пайда болады (нақты сұйықта $p_{кр}$ мәні, берілген температурадағы осы сұйықтың қаныққан буының қысымына тең). Егер қысымның төмендеуі, тамшылы сұйық ағынындағы жергілікті жылдамдықтың артуынан пайда болса, онда ол **гидродинамикалық кавитация**, ал акустикалық толқындардың өтуі салдарынан пайда болған жағдайда **акустикалық кавитация** деп аталады.

Гидродинамикалық кавитация. Нақты сұйықтардың құрамында әрдайым газдың немесе будың ұсақ көпіршіктері болады. Олар сұйық ағынымен бірге қысымның $p < p_{кр}$ болатын аймағына түседі. Сөйтіп олар, тепе-теңдік қалпынан



1 – Түтіктегі бүлінген аймақ; 2-3 – турбина қалақшаларындағы бүлінген аймақтар

айырылып, көлемін ұлғайтатын болады. Бұл көпіршіктер ағынмен бірге қозғала отырып, қысымы кризистік қысымнан жоғарырақ болатын аймаққа өтеді. Мұнда олар өз көлемін кішірейтеді. Сонымен, аққыш пішінді денелердің маңында қозғалыстағы көпіршіктерге толы, айқын шекарасы бар «кавитациялық аймақ» түзіледі. Бұл аймақ қысыңқы мойны болатын әйнек құбырдағы сұйық ағысын бақылағанда айқын көрінеді.

Төменгі жылдамдықтағы аймаққа жеткенде көпіршіктің көлемі біртіндеп кішірейе бастап, жарылғанда гидравликалық соққы кезінде шығатын дыбыстық импульске ұқсас дыбыс пайда болады. Дыбыс импульсі көпіршік ішіндегі газ

аз болған сайын күштірек шығады. Егер аққыш пішінді денелердің маңында кавитациялық тесіктер (каверна) болса, онда бірнеше рет қайталанатын соққы салдарынан дененің (гидротурбина қалақшалары, кемеңің еспе винттері, т.б.) беті мүжіліп, бүлінеді (кавитациялық эрозия). Гидродинамикалық кавитация құбылысы әр алуан химиялық, электрлік және электрмагниттік әсерлердің тууына себеп болады. Кейде гидродинамикалық құбыр ішіндегі цилиндрді орағытып ағу салдарынан пайда болған кавитацияға электр тогы мен магнит өрісі әсер ететіндігі анықталған.

КАЛИБИРЛЕУ (французша «калибро – шама, өлшем, үлгі») – өлшеуіштер жиынтығының (мысалы, гирьлер) қателіктерін, түзетілімдерін немесе көптанбалы бір мәннің әрқилы мәндер жиынтығымен (мысалы, сызықтық межелермен) тексерудің күрделі түрі. Калибирлеу әртүрлі өлшеуіштерді әртүрлі үйлестірулер арқылы өзара салыстыру және соңынан өлшеуіштердің нақты мәндерін есептеулер бойынша жүзеге асырылады. Есептеудің негізіне үлгі өлшеуіштің жиынтығын құраушы өлшеуішпен салыстыру үшін өлшеуіштердің біреуінің нәтижесі пайдаланылады.

КАЛИБИРЛЕУЛІК ИНВАРИАНТТЫЛЫҚ – калибирлеуіш түрлендірулерге қатысты физикалық шарттардың өзгеруі кезіндегі физикалық шамалардың өзгермеушілігі, яғни калибирлеулік түрлендірулерге қатысты қозғалыстардың кванттық механикалық теңдеулерінің өзгермеушілігі (инварианттылығы). Мысалы, электрдинамикада **электрондық-позитрондық және фотондық өріс** сәйкесінше кешендік **Дирак өрістерімен сипатталады**. Калибирлеу түрлендірулері өзараәсерлесетін электрондық-позитрондық және фотондық өрістерді сипаттаушы Максвелл-Дирак теңдеулерін өзгеріссіз қалдырады.

Калибирлеулік түрлендірулер кезінде зарядталған өрістердің (материя өрісі) фазалары еркінше, бірақ өзара үйлесіп өзгереді. Өріс фазасының мәні бөлшектердің сәйкес зарядымен байланысты болғандықтан, **оны зарядты кеңістікте координат деп, ал колибирлеу түрлендірулерін осы кеңістіктегі бір базистен екінші базиске ауысу деп қарастыруға болады**. Калибирлеулік инварианттылық кеңістіктік-уақыттың әртүрлі нүктелерінде зарядтың «бағыттарын» тәуелсіз таңдауға мүмкіндік бар дегенді аңғартады. Сондықтан зарядталған өрістер фазаларының жергілікті (локалды) өзгерісі қосымша көлденең электрмагниттік өрістің пайда болуына тепе-тең (эквивалентті). Осы тұста координаттық жүйенің жергілікті (локалды) өзгерісі қосымша гравитациялық өрістердің тууына тепе-тең (эквивалентті) болатын, Эйнштейннің тартылыс теориясының әлсіз принципімен тепе-тең (эквиваленттік) аналогиясы байқалады.

КАЛИБИРЛЕУЛІК ӨРІС, компенсациялық өріс – калибирлеулік түрлендіруге қатысты қозғалыс теңдеулерінің инварианттылығын қамтамасыз

ететін векторлық өріс. Электрдинамикадағы электромагниттік өріс, сондай-ақ **кванттық хромодинамикадағы глюондық өріс** және әлсіз өзараәсерлесу теориясындағы аралық *бозондардың* векторлық өрісі әлгіндей өрістердің мысалы болады.

КАЛИБИРЛЕУЛІК СИММЕТРИЯ (грекше «симметрия – өлшемділік») – өрістер теориясының теңдеулерінің кеңістік-уақыттық нүктелеріне тәуелді параметрлерімен сипатталатын ішкі симметриясының (яғни қарапайым бөлшектердің қасиеттерімен байланысқан симметриясының) жалпылама атауы.

Физикада іргелі өзараәсерлесулер **төрт типке ажыратылған**; олар: күшті, электромагниттік, әлсіз және гравитациялық өзараәсерлесулер. Осыған сәйкес **қарапайым бөлшектердің төрт класы бар**: өзараәсерлесудің барлық типіне қатысатын *адрондар* (бұлар бариондар мен мезондарға бөлінеді); тек күшті өзараәсерлесуге ғана қатыспайтын *лептондар* (бұлардың ішінде *нейтрино* электромагниттік өзараәсерлесуге қатыспайды); тек электромагниттік өзараәсерлесуге қатысушы *фотон*; гравитациялық өзараәсерлесуді тасушы болжалдық *гравитон*. Бөлшектердің әрбір тобы ерекше сақталу заңдарымен сипатталады. Осылай **бариондық және электр** зарядтарының, электрондық және **мюондық лептондық** зарядтардың сақталулары осылай өте дәл анықталған. Күшті өзараәсерлесуде бұлардан өзге **изотоптық спиннің, ғажаптылықтың, «таңқаларлықтың»** т.б. жуық сақталу заңдары бар, бұлар электромагниттік және (немесе) әлсіз өзараәсерлесулер кезінде бұзылады. Сақталу заңдарының әрқайсысы өріс теңдеулерінің белгілі бір ішкі симметриясының көрінісі болып табылады. Егер, мысалы, әйтеуір бір тәсілмен электромагниттік және әлсіз өзараәсерлесулер «шығарылып» тасталатын болса, онда *протон* мен *нейтрон* бірінен-бірі айырғысыз болар еді. Протон мен нейтрон толқындық функциямен анықталатын кванттық нысан болғандықтан, бұларды ажырату және бұлардың кез келген **суперпозициясын** да ажырату мүмкін болмайды. Осы жайт изотоптық спиннің сақталуына сәйкес болатын теңдеулердің ішкі симметриясы болады.

Калибрлеу симметриясы кванттармен алмасуды бөлшектердің өзараәсерлесуімен алмастырған **векторлық калибрлеу өрісінің** қажеттілігіне әкеп соқтырған.

Электрон калибрлік *инварианттылықтың* талабын орындау үшін кейбір векторлық өріспен өзараәсерлесуі қажет. Егер осы өріс үшін теңдеулердің өздері калибрлік-инварианттылық болатын болып жазылатын болса, онда *Максвеллдің теңдеулері* шығады. Сондықтан электронның толқындық функциясын калибрлеуіш түрлендірулерге арналған компенсациялауыш (калибрлеуіш)

өріс – электромагниттік өріс, ал **калибрлеуіш бөлшек – спині 1-ге тең массасы болмайтын фотон** болады.

Кварктер динамикасын сипаттайтын *кванттық хромодинамикада* бір «түсті» *фермионның* орнына әлгіндей үш фермион пайда болады, бірақ калибрлеу түрлендірулерінен өзгелері фазаларын өзгертумен қатар «түсін» де өзгерте алады [себебі толық симметрия кезінде «түс» те *фаза* секілді байқалмайды]. Бір фазаның орнына сегіз өзгермелі фаза «түсі» пайда болады. Осы жағдайда қозғалыс теңдеулеріндегі өзгерістерді компенсациялау үшін **глюондық өріс** деп аталған сегіз «түсті» ендіруді қажет етеді. Бұлардың кванттары – массасыз «түсті» *глюондар*. **Глюондармен алмасу кварктердің өзараәсерлесуіне әкеледі.** Глюондардың фотондардан айырмашылығы – кварктер секілді «түсті» («зарядталған») болуында, олар глюондар шығару және жұту арқылы өзараәсерлеседі, яғни глюондық өріске арналған теңдеулер (вакуумдағы Максвелл теңдеулерінен айырмашылығы) сызықтық емес теңдеулер болады. Осы тектес калибрлеу теориясы мен калибрлеу өрісі **абельдік емес** теория және **өріс** деп аталған. Әлсіз және электромагниттік ортақ теория үшін ең жемісті калибрлеуіш инварианттылық идея болды. Осы теорияда электромагниттік өзараәсерлесуді жүзеге асыратын фотонмен қатар әлсіз өзараәсерлесуді тасымалдайтын бөлшек – жаңа векторлық *бозондар* пайда болды. Әлсіз өзараәсерлесу тек өте жақын аралықта ($<10^{-15}$ см) білінетін болғандықтан осындай аралық векторлық бозондардың массивті болуы қажет. Екінші жағынан **калибрлеуіш өрістің массасыз** болуы қажет. Сондықтан оларда массаның пайда болуы қозғалыс теңдеулерінің калибрлеуіш инварианттылығын бұзады. Осы қиындықтан құтылу үшін 1964 жылы американ физигі П.Хиггс калибрлеу симметриясын бұзбайтын **спинорлық өріске** қосымша бір-бірімен калибрлеуіш түрлендірулерімен байланысқан өздігінен әсер ететін **скалярлық өріс** (Хиггс өрісі) енгізген. Осы өрістердің өздік әсерлері калибрлеуіш-инварианттық шешім орнықсыз болатындай (яғни *потенциалдық энергияның* минимумына сәйкес болатындай) болып таңдалады. Минимал энергияға үздіксіз шешімдер сәйкес болады, бұлардың әрқайсысы калибрлеуіш түрлендірулерге қатысты инварианты болмайтын, бірақ бұл шешімдер тұтастай қарастырылғанда инвариантты болады: калибрлеуіш түрлендірулерде бір шешім екінші шешімге айналады. Табиғатта осы шешімдердің тек біреуі ғана жүзеге асырылады. Бұл құбылыс **симметрияның өз еркімен (өзінше) бұзылуы** немесе **Хиггс эффектісі** деп аталған. Осы құбылыс қозғалыстар теңдеулерінде калибрлеуіш симметрияны бұзбастан, **бозондарды ауыр бөлшекке айналдырады.** Сондықтан бозондар аралық векторлық бозондарға электрлік зарядталған (W^+ және W^-) және бейта-

рап (Z°) күйінде енеді. Массасы (Z°) ~ 90 ГэВ, ал $W^\pm \sim 80$ ГэВ; фотонның массасы нөлге тең болып қалады.

Өрістің кванттық теориясының қызғылықты мәселесі ортақ калибирлеуіш сұлбаға (схемаға) күшті өзараәсерлесуді қосу («ұлы бірігу» деп аталатын) болып табылады. Бірігудің екінші бір болашағы бар бағыты – **суперкалибирлеу симметриясы** немесе жай суперсимметрия деп есептелуде. Бір ғана спині болатын «араластырылатын» бөлшектің әдеттегі калибирлеу түрлендірулерден айырмашылығы – кванттарының спиндері әртүрлі суперкалибирлеу түрлендірулер өрістерді, мысалы, спині 1 *бозондар* спині $\frac{1}{2}$ болатын *фермиондармен* «араластырады».

КАЛОРИМЕТР (латынша «калор – жылу» + *метр*) – физикалық, химиялық немесе биологиялық үрдістер кезінде бөлінетін немесе жұтылатын жылу мөлшерін өлшеуге арналған аспап. «Калориметр» ғылыми атауын 1780 жылы француз химигі Антуан **Лавуазье** (1743 – 1794) мен француз астрономы, әрі физигі Пьер **Лаплас** (1749 – 1827) ұсынған. Жылу үрдісі кезіндегі жылудың басталуынан соңына дейінгі қосынды жылу мөлшерін өлшеуге арналған калориметр – **калориметр-интегратор** деп, ал жылу қуатын және оның үрдістің әр кезеңдегі өзгерістерін өлшеуге арналған калориметр – **калориметр-осциллограф** деп аталған. Жасалу құрылысына және өлшеу әдісіне орай калориметрлер с ұ й ы қ т ы қ ж ә н е м а с с и в т і , с ы ң а р ы д ы с т ы ж ә н е қ о с а р л а н ғ а н ы д ы с т ы түрлерге ажыратылған.

Сұйықтық калориметр-интегратор химиялық реакция кезінде бөлінетін жылу мөлшерін анықтайды. Оның құрамында сұйық құйылатын ыдыс, ішінде үрдіс өтетін камера («калориметрлік бомба»), араластырғыш, қыздырғыш және термометр болады. Массивті калориметр-интегратор зағтың 250°C температураға дейінгі *энтальпиясын* анықтауға қолданылады. Оның құрамында ыдыс, термометр және қыздырғыштық металл болады.

КАЛОРИМЕТРИЯ – әр түрлі физикалық, химиялық және биологиялық үрдістерде бөлінетін жылу мөлшерін (пайда болатын жылу әсерін) өлшеу әдістерінің жиынтығы. Бұл әдіске фазалық ауысулар жылуы (*балқу, қайнау* т.б.), **магниттелудің жылулық эффектілері**, электрлендіру, еріту, *сорбция*, химиялық реакциялар (мысалы, жану), **тірі организмдердегі зат алмасу үрдістері** жатады. Калориметриялық өлшеулерді жүргізуге арналған аспаптар *калориметрлер* деп аталған (шекара шартты түрде алынған). 400 K температурадан жоғары калориметриялық өлшеу – **жоғары температуралы** калориметрия деп, ал сұйық азот, сутек, гелий температурасы аймағындағы ($\sim 77\text{ K}$ -ден төменгі) – **төменгі температуралы** калориметрия деп аталған.

КАЛЕЙДОСКОП (грекше «калос – сұлу» + «ейдос – түр» + «скопео – қараймын») – тез алмасатын симметриялы түрлі түсті өрнектерді байқауға мүмкін болатын, айна пластинкалы және әртүрлі түсті әйнек сынықтары бар түтік.

КАЛОРИЯ (латынша «калор – жылу») (кал, cal) – жылу мөлшерінің жүйеден тыс бірлігі. 1 кал = 4,1868 Дж; термохимияда қолданылған калория 4,1840 Дж-ға тең болған. Алғашқы кезде калория – 1 г суды 1°C-қа жылытуға қажетті жылу мөлшері ретінде қабылданған.

КАМЕРА (латынша – бөлме), ф и з и к а д а – аспаптардың жабық қуыс бөліктері және фото-, кино- және видео- (латынша – қараймын, көремін) аппараттарының жалпылама атаулары.

Вильсон камерасы – зарядталған бөлшектердің траекторияларының бойында аса қаныққан будың конденсациясының нәтижесінде пайда болатын иондардың іздерін бақылауға арналған аспап.

Диффузиялық камера – зарядталған бөлшектердің траекторияларының бойында қаныққан будың конденсациясының нәтижесінде тұрақты түрде пайда болатын иондардағы іздерін бақылауға арналған аспап.

Иондағыш камера – жұмыс істеу принципі ядролық бөлшектердің газды иондау қасиетіне негізделген осы бөлшектерді зерттеуге әрі тіркеуге арналған аспап.

Көпіршікті камера – жұмыс істеу принципі бөлшектердің траекторияларының маңында аса ыссы сұйықтың қайнауына негізінде бөлшектердің іздерін тіркеуге арналған аспап.

Люминесценциялық камера – люминофорларда зарядталған бөлшектердің іздерін бақылауға әрі тіркеуге арналған аспап.

Пропорционалдық камера – бір жазықта және көбінесе бір газды көлемде орналасқан көптеген пропорционалдық есептегіштерден құралған құрылғы.

Реверберациялық камера – дыбыстың қоршаулық беттерден мүмкіндігінше толық шағылатын, барлық нүктелеріндегі дыбыстық қысым іс жүзінде бірдей болатын жағдайда акустикалық өлшеулер жүзеге асырылатын бөлме.

Рентгендік камера – рентген сәулесінің дифракциясы салдарынан үлгіде пайда болатын суретті тіркеу тәсілімен осы үлгінің атомдық құрылымын зерттеуге арналған аспап.

Стримерлік камера – ұшқындық камераның ұшқындар тез сөнетін және камера арқылы өтетін зарядталған бөлшектердің іздері тар жарқырауық арналардың (стримерлер) тізбектері ретінде байқалатын бір түрі.

Тректік камера – камера көлемі арқылы өтетін зарядталған бөлшектердің тректерін (іздерін) көрінетін кескінге түрлендіретін құрылғы.

Ұшқындық камера – әсері газда бөлшектер траекторияларының бойында

ұшқындық разрядтардың пайда болуына негізделген, зарядталған бөлшектерді бақылауға әрі тіркеуге арналған аспап.

Эмульсиялық камера – жұмысы зарядталған бөлшектер іздерін фотографиялық эмульсиялардың жарық сезгіш молекулаларын иондау негізінде тіркеуге арналған аспап.

КАНДЕЛЛА (латынша – шам) (кд, cd) – *Халықаралық бірліктер жүйесіндегі* (СИ) жарық күшінің бірлігі; сәуле шығарғыштық платинаның катаю температурасына (2042 К) тең болатын және 101325 Па (Паскаль) қысым кезіндегі, $1/600000 \text{ м}^2$ қима ауданына перпендикуляр бағытта шығарылатын жарықтың күші.

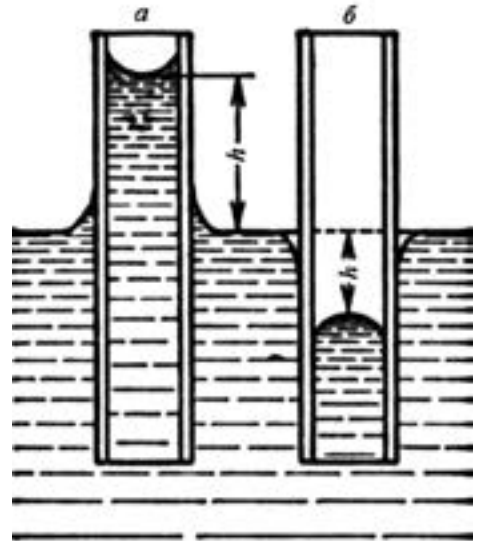
КАОНДАР – *K-мезондар* кейде осылай аталады.

КАПИЛЛЯР (латынша «капиларис – қылдай») – өте жіңішке түтікше.

КАПИЛЛЯРЛЫҚ – өте жіңішке, өте жұқа; капиллярлық қасиет.

КАПИЛЛЯРЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАР (латынша «капиллариус – өте жіңішке, қылдай») – бір-бірімен араласпайтын орталардың шекарасында *беттік керілудің* әсерінен пайда болатын физикалық құбылыстар. Басқа сұйықпен, газбен немесе өзінің буымен шекаралас сұйық бетінің иілуі (ойыс немесе дөңес болуы) де капиллярлық құбылысқа жатады.

Сұйық бетінің иілуі салдарынан, онда қосымша капиллярлық қысым (Δp) пайда болады. Бұл қысымның шамасы беттің орташа қисықтығы Лаплас теңдеуімен байланысқан: $\Delta p = p_1 - p_2 = 2\sigma_{12}/r$, мұндағы σ_{12} – екі ортаның шекарасындағы беттік керілу, p_1 және p_2 – сұйықтағы 1-ортадағы және онымен жанасқан 2-ортадағы қысым, r – беттің орташа қисықтық радиусы. Сұйықтың ойыс бетінің ($r < 0$) астындағы қысым теріс таңбалы ($\Delta p < 0$), ал дөңес бетінің ($r > 0$) астындағы қысым оң таңбалы ($\Delta p > 0$) болады. Шекаралық бет жазық ($r = \infty$) болса, сұйыққа қосымша қысым әсер етпейді ($\Delta p = 0$). Бұл құбылыс **молекулааралық өзараәсерлесу күші** мен **сыртқы күш** (негізінен ауырлық күші) әсерінен болатын сұйық бетінің тепе-теңдігі мен қозғалысының кейбір түрлерін де қамтиды. Сыртқы күш әсер етпесе немесе ол басқа күшпен теңгерілсе, **сұйық беті жазық болмай,**



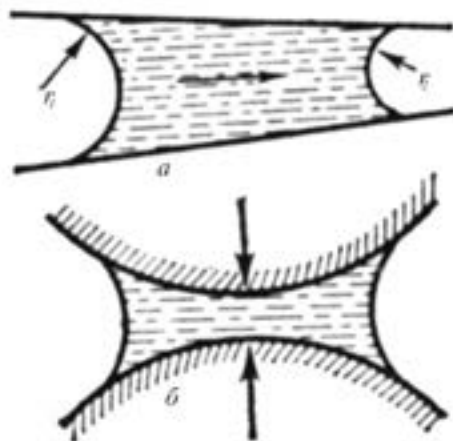
a – капиллярдың жұқтыратын қабырғасындағы сұйықтың жоғары көтерілуі; б – капиллярдың жұқтырмайтын қабырғасымен сұйықтың төмен түсуі

эрқашан қисықталған дөңес болады. Мысалы, салмақсыздық жағдайындағы шектелген сұйық көлемі беттік керілудің әсерінен шар тәрізді пішінді қабылдайды. Бұл жағдайда сұйық орнықты тепе-теңдікте болады. Өйткені, көлемдері бірдей геометриялық денелердің ішіндегі **бет ауданы ең кіші болатын дене – шар**. Едәуір мөлшерде алынған тұтқырлығы аз сұйық, өзі құйылған ыдыстың пішінін қабылдайды. Тартылыс күші беттік керілудің әсерін жеңетіндіктен, мұндай сұйықтың бос беті ж а з ы қ болады. Бірақ сұйықтың массасы кеміген сайын беттік керілудің әсері артады.

Сұйықты газ ішіне бүріккенде немесе газды сұйықпен араластырғанда ш а р т ә р і з д і ұсақ тамшылар немесе көпіршіктер пайда болады.

Қатты денемен жанасқан сұйық бетінің пішініне *жұғу* құбылысының едәуір әсері болады. **Сұйықтың қатты денеге жұғуы үшін**, сұйық пен қатты дене молекулалары арасындағы **ілінісу күші сұйық молекулаларының өз арасындағы ілінісу күшінен артық болуы** қажет. Сұйық қатты дене бетімен (капиллярмен, ыдыспен) өзінің бетіндегі газбен салыстырғанда күшті өзараәсерлесетін болғандықтан, қатты дене мен сұйықтың молекулаларының арасында

әсер ететін тартылыс күштері **сұйықтың ыдыс қабырғасы бойымен жоғары көтерілуіне ықпал етеді**, осыдан сұйықтың ыдыс қабырғасына жанасатын тұсында сұйық бетінің қисықтануы пайда болады. Осы ж а й т е р і с қ ы с ы м (капиллярлық) тудырады. Бұл қысым о й ы с (майысқан) беттің әрбір нүктесінде дәлме-дәл қосымша қысымды теңгереді, осы қосымша қысымды сұйықтың жоғары көтерілген деңгейі тудырады. 1-сызбада ыдыстың қабырғасына жұғатын сұйық бетінің пішіні бейнеленген. Сұйықтың ыдыстағы (капилляр түтіктегі) беті о й ы с болады. Қатты денеге жұқпайтын сұйықтың капилляр түтіктегі деңгейі кең ыдыстағы сұйық деңгейінен төмен және оның беті д ө н е с болады. Капилляр түтіктегі сұйықтың ойыс беті *мениск* деп аталған. Жұғатын сұйықтың менискісі о й ы с, жұқпайтын сұйықтың менискісі дөңес болады. Ойыс менискі астындағы капиллярлық қысым теріс болғандықтан, түтіктегі сұйық салмағы капиллярлық қысыммен (Δp) теңгерілгенше, сұйық жоғары көтеріледі. Тепе-теңдік күйде (ρ_1 –



a – капиллярлық қысымдар айырымы әсерінен капиллярдағы сұйықтың араласуы ($r_1 > r_2$); б – капиллярлық қысымдардың қысу әсері (мысалы, эластикалық қабырғалы капиллярда)

$\rho_2 \cdot gh = \Delta p = 2\sigma_{12}/r$, мұндағы ρ_1 және ρ_2 – сұйық (1) пен газдың (2) тығыздығы, g – еркін түсу үдеуі. **Д.Жюрен** (1684–1750) формуласы деп аталатын бұл өрнек сұйықтың капилляр түтік бойымен көтерілу (төмен түсу) биіктігін (h) анықтайды.

Капиллярлық құбылыстар табиғатта, өндірісте, тұрмыста пайдаланылады. Судың топыраққа және әртүрлі кеуек материалдарға сіңуі, сұйықтың тығыз матамен жоғары көтерілуі, кен байытуда қолданылатын **флотация** (қалқу) тәсілі капиллярлық құбылыстарға негізделген.

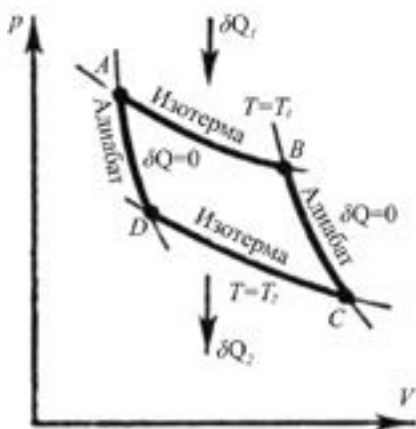
Капиллярлық құбылысты алғаш рет 1516 жылы итальян суретшісі, сәулетшісі, инженері **Леонардо да Винчи** (1452 – 1519) ашып зерттеген. Одан кейін француз философ-математигі Блез **Паскаль** (XVII ғ.) мен **Д.Жюрен** (XVIII ғ.) капилляр түтікпен тәжірибе жасаған. Осы құбылыстың теориясы **П.Лапластың** (1806), **Т.Юнгтің** (1805), **Д.Гиббстің** (1875) және **И.С.Громеканың** (1879, 1886) еңбектерінде дамытылған.

КАПИЛЛЯРЛЫҚ ҚЫСЫМ – беттік (фазааралық) керілу тудырған фазаларда (сұйық–бу немесе екі сұйық арасындағы) бөлетін майысқан беттердің екі жағындағы қысымдардың айырымы.

КАПИЦА ЗАҢЫ – поликристалл металдар үлгілерінің электрлік кедергісінің күшті магнит өрісінде магниттік өріс кернеулігіне пропорционал артатыны туралы эмпирикалық (тәжірибеге негізделген) ереже. 1928 жылы кеңес физигі **Петр Капица** (1894 – 1984) мыс, алтын, күміс үшін тұжырымдаған. Гальванимагниттік құбылыстар теориясында түсінік тапқан.

КАРНО ТЕОРЕМАСЫ – жылулық қозғалтқыштардың максимал пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК) туралы теорема. Карно циклінің пәк $\eta = (T_1 - T_2)/T_1$ максимал шама жұмыстық заттың табиғатына және идеал жылулық қозғалтқыштың құрылысына тәуелді емес, ол тек қыздырушы температура (T_1) мен тоңазытқыштың температурасымен (T_2) анықталады. Карноның осы теоремасының термодинамиканың екінші бастамасын тұжырымдауда маңызы зор болған.

КАРНО ЦИКЛІ (грекше «куклос – дөңгелек») – жылудың жұмысқа (немесе жұмыстың жылуға) айналуы жүзеге асырылатын қайтымды дөңгелек үрдіс. Бұл цикл жұмыстық затпен (мысалы, бумен) жүзеге асырылатын бірімен-бірі алмасатын екі *изотермиялық* және екі *адиабаттық* үрдістердің тізбегінен құралған. Бұл циклді алғаш рет 1824 жылы француз физигі әрі инженері **Никола Карно** (1796 – 1832) ашқан. Үрдістің өту сұлбасы сызбада көрсетілген. Карно бұл циклді изотермиялық үрдіске әкелетін жұмыстық дененің жылу есебінен жұмыс жасайтын идеал жұмыстық цикл ретінде қарастырған. Жұмыстық дене тізбектеліп екі жылу резервуарымен (тұрақты температура-



p - V (қысым-көлем) диаграммасындағы Карно циклі. δQ_1 – жұмыстық дененің қыздырғыштан алатын жылуының мөлшері; δQ_2 – жұмыстық дененің тоңазытқышқа беретін жылуының мөлшері. Изотермалар және адиабаттармен шектелген аудан Карно циклінің жұмысына сан жүзінде тең болады. Қыздырылған газ көлемін ұлғайтқан кезде жылу механикалық энергияға ауыса алады. Адиабаттық (BC , DA) және изотермиялық (AB , CD) үрдістердің алмасуларынан құралған Карно циклінде ең үлкен (максимал) пайдалы әсер коэффициентіне қол жеткізіледі. Алғашқы үрдістер ұтымсыз немесе жылудың шығындалуымен, екіншілері – температураның өзгеруінсіз жүзеге асады. A -дан C -ға дейінгі аралықта газ поршеньді итереді және жұмыс істейді (бұл жұмыс $V_A ADC V_C$ ауданына тең). Жұмыстағы ұтыс $ABCD$ ауданына сәйкес болады.

лы) – қыздырғышпен (T_1 температуралы) және тоңазытқышпен ($T_2 < T_1$) байланыста болады. Жылудың жұмысқа айналуы (түрленуі) жұмыстық дененің қыздырғыштан белгілі бір жылу мөлшерін тоңазытқышқа ауыстыру Карно циклі былайша жүзеге асырылады (сызбаға қараңыз): жұмыстық дене (мысалы, цилиндрдегі поршеньнің астындағы бу) T_1 температура кезінде қыздырғышпен жанастырылады, одан изотермиялық түрде δQ_1 мөлшерлі жылу алады (осы кезде бу көлемін ұлғайтып жұмыс жасайды). Осы үрдіс сызбада изотерманың AB кесіндісімен бейнеленген. Содан соң жұмыстық дене адиабатты түрде көлемін ұлғайтып (BC адиабат бойынша), T_2 температураға дейін салқындайды және тоңазытқышпен жылулық байланыс орнатады. Осы жағдайда жұмыстық дене изотермиялы сығымдалып (CD кесіндісі), δQ_2 жылу мөлшерін әрі тоңазытқышқа береді. Карно циклі жұмыстық денені бастапқы *термодинамикалық күйге* қайтаратын үрдіспен (DA кесіндісі) аяқталады. Қыздырғыш пен тоңазытқыш аралығындағы ($T_1 - T_2$) температуралар айырымы кезінде бір реттік Карно циклінде $\delta A = \delta Q_1 - \delta Q_2 = [(T_1 - T_2)/T_1] \delta Q_1$ жұмысын істейді. Осы жұмыс Карно циклін құрайтын изотермалар және адиабатты кесінділерімен шектелген $ABCD$ ауданына тең болады. Карно циклі қайтымды, оны кері тізбекпен ($ADCBA$ бағытымен) жүзеге асыру да мүмкін болады. Бұл жағдайда δQ_2 жылу мөлшері тоңазытқыштан алынып, шығындалған δA жұмысының есебінен қыздырғышқа беріледі. Жылулық қозғалтқыш осы ырғақпен **идеал тоңазытқыш-машина ретінде жұмыс істейтін болады**. Карно циклі өзгедей циклдер арасында **ең жоғарғы пайдалы әсер коэффициентіне (ПӘК) ие** ($T_1 - T_2$ температура аралығында): $\eta = \delta A / \delta Q_1 = (T_1 - T_2) / T_1$.

Карно циклінде ПӘК осы мағынада өзгедей жұмыстық циклдер үшін эффектілі өлшеуіш болады. Карно циклінің термодинамика мен жылу техникасын дамытуда

маңызы зор болды. Осы цикл арқылы К.Клаузиус пен У.Томсонның (Кельвиннің) термодинамиканың екінші бастамасына берілген тұжырымдарының парапарлығы дәлелденген. Карно циклі температураның абсолюттік термодинамикалық межесін (шкаласын) анықтауға пайдаланылған, т.б.

КАТАЛИЗ (грекше «катализ – қирату»), м ю о н д ы қ – *Мюондық катализ* мақаласын қараңыз.

КАТИОН (грекше «ката – төмен» + «ион – жүруші») – электр өрісінде *катодқа* қарай қозғалушы оң зарядталған *ион*. Бұл ион көптеген тұздар мен негіздердің ерітінділері мен балқымаларында болады. Иондық кристалдардағы оң зарядталған иондар да катион деп аталған.

КАТОД (грекше «катодос – төмен қарай жүріс, қайту») – 1) ток көзінің (аккумулятордың, гальвани элементінің, т.б.) теріс полюсі (немесе қысқышы). 2) *вакуумда* немесе газда *электрод* арасындағы аралықта өткізгіштікті қамтамасыз етуші электрондардың көзі болатын электрвакуумдық немесе газразрядты аспаптардың теріс электроды.

КАТОДТЫҚ ДАҚ – катодтың бетіндегі жарқырауық дақ. *Солғын разрядтың доғалық разрядқа* ауысуы кезінде электрондардың негізгі шығу құбылысының өзгеруіне байланысты пайда болады: қарапайым жағдайда *автоэлектрондық эмиссия* **термоэлектрондық эмиссияға** ауысады, эмиссия зонасы катодтың бүкіл беті бойында тұтасып, кішірек катодтық даққа топталады да, температурасы кенет артып, балку немесе айдау (возгонка) температурасына дейін жететін (жоғарылайтын) болады. Катодтың материалына, пішініне, және ток шамасына тәуелді түрде *солғын разрядтың доғалық разрядқа* ауысуы термоэмиссияларға қосымша өзге құбылыстар (мысалы, қопарылысты электрондық эмиссия, плазмалық катод) негізінде де пайда болуы мүмкін.

КАТОДТЫҢ ҚАРАҢҒЫ КЕҢІСТІГІ – *солғын разрядтың* электрондарды күшті электр өрісінде үдететін негізгі бөліктерінің бірі.

КАТОДТЫҚ СӘУЛЕЛЕР – үдетіле келе катодтық күңгірт кеңістіктің бүкіл разрядтық аралығынан өтетін *солғын разрядты* едәуір төменгі қысымдағы электрондар ағыны. Катодтық сәулелер аспаптың әйнек қабырғасына түскен кезде әйнектің *флюоресценциясын* тудырады. Қазіргі кезде «катодтық сәулелер» ғылыми атауы қолданыстан шығып қалған.

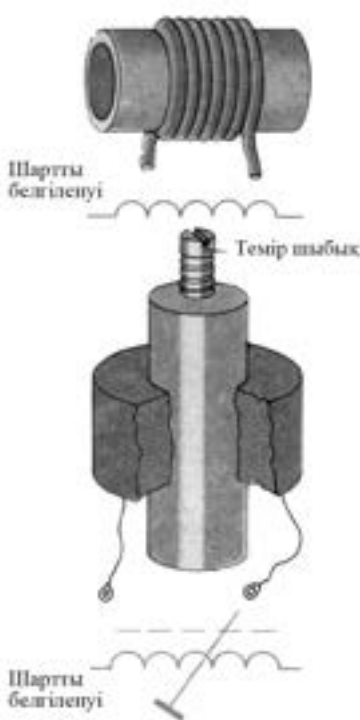
КАТОДТЫҚ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ – заттарды сыртқы электр өрісінде үдетілген электрондар ағындарымен қоздыру кезінде пайда болатын *люминесценция*. Бұл люминесценция XIX ғасырда электрон ашылғанға дейінгі уақытта белгілі болған; вакуумдалған әйнек түтіктерінде жарқырау тудырған электрондар шоқтары

катодтық сәулелер деп аталған болатын, сондықтан әлгі жарқырау катодтық люминесценция деп аталған. Бұл люминесценцияны физикалық құбылыс ретінде алғаш зерттеген ағылшын физигі Уильям Крукс (1832–1919) болды.

Катодтық люминесценция кезінде электрондар энергиясының түрленуі бірнеше тізбекті кезеңдерден өтеді. Қоздырылған электрон $\sim 10^{-14}$ секунд уақытта негізгі заттың атомдарын (немесе иондарды) алғашқы иондалуға ұшыратады, осы жайт заттарды каскадты (бірнеше рет) иондауға ұшыратудың басы болады. $\sim 10^{-12}$ секунд уақытта, электрондардың (өткізгіштік зонада) және кемтіктердің (валенттік зонада) табалдырықтық энергиядан кем болған кезінде қарапайым қоздырулардың көбею үрдісі (процесі) аяқталады (табалдырықтық энергия тағы бір электрондық-кемтіккі жұпты түзуге қажетті энергия болып табылады). Жарқырау орталықтарына заряд тасушыларды иондандыру және келесі сәуле шығарғыштық рекомбинация осы орталықтарда әлгіндей заряд тасушылар жылулық жылдамдыққа дейін баяулатылған соң ($\sim 10^{-11}$ – 10^{-10} сек), яғни олардың кинетикалық энергиясы кристалдық тордың жылулық тербелістеріне дейін кемітілген кезде жүзеге асырылады. Жылулық шығынның болуы салдарынан катодтық люминесценцияның эффективтілігі 30–40%-дан аспайды.

Көрінетін, инфрақызыл немесе ультракүлгін сәулелер әртүрлі дәрежеде катодтық люминесценцияға шығаруға бейім келеді. Мұндай қасиеттер көптеген табиғи немесе арнайы синтезделген заттарда – таза және легирленген (қоспалар қосылған) жартылай өткізгіштерде және диэлектриктерде, әйнекте, молекулалық кристалдарда, ерітінділерде және қатты күйдегі инертті газдарда байқалады. Катодтық люминесценция техникада, (теледидардың, электронды-оптикалық түрлендіргіштердің экрандарын жарқыратуда, т.б.) кеңінен қолданылуда.

КАТУШКА, индуктивтік катушқасы – электр тізбегінің берілген индуктивтілігін

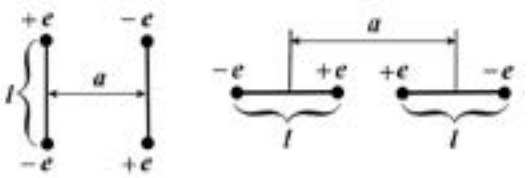


Индуктивтік катушка – электр тізбегінің соленоиды болатын бөлігі. Катушкадан ток өткен кезде магнит өрісі пайда болады. Себебі өрістің қарқындылығы токтың катушканың орамдарын қиып өтетін күш сызықтары санының артуына немесе кемуіне байланысты өзгереді. Бұл – токтың қарама-қарсы өзгерісіне қарсы өзгертін генератор секілді. Индуктивтік катушканың эффективтілігін оның ортасына темір өзекті сұғындыру немесе шығару арқылы өзгертуге болады.

қамтамасыз ететін электртехникалық құрылғы. Оның цилиндр, тороида, n әрпі тәрізді қаңқалы және цилиндр өзекшелі түрлері бар. Катушканың салыстырмалы аз сыйымдылығы және аз активті кедергісі болғанда да индуктивтілігі жоғары болады. Катушкалар магниттік энергияны жинақтау немесе әртүрлі жиілікті электр сигналдарын шектеу үшін қолданылады.

КВАДРУПОЛ (латынша «квадрум – төртбұрыш» + грекше «полос – полюс») – бір-бірінен белгілі бір (a) қашықтықта (сызбаға қараңыз) орналасқан, шамалары бойынша тең, бірақ таңбалары бойынша диполдік моментке қарама-қарсы екі диполдің жиынтығы ретінде қарастыруға болатын зарядты бөлшектердің электрлік бейтарап жүйесі. Квадруполдің электрлік моменті диполдің моментінен едәуір кіші. Квадруполдің негізгі сипаттамасы – оның квадруполдік моменті (Q).

(Сызбада көрсетілген квадрупол үшін $Q = 2ela$, мұндағы e – электр зарядының абсолюттік шамасы, l – диполдер өлшемі). Квадруполден алыс қашықтықтарда (R) электр өрісінің кернеулігі (E) R^4 -дәрежесіне кері пропорционал кемиді, ал E -нің



Квадруполдегі дипольдердің салыстырмалы орналасуының мысалдары

зарядтарға тәуелділігі және олардың орналасуы жалпы жағдайда бес тәуелсіз шама жиынтығымен сипатталады, бұлар жүйенің квадруполдік моментін құрайды. Осы момент квадруполдің сыртқы баяу өзгертін электр өрісінің энергиясын да анықтайды. Квадрупол 2-реттік мультипол болып табылады.

КВАДРУПОЛДІК ӨЗАРАЭСЕРЛЕСУ – зарядталған бөлшектер жүйесінің квадруполдік моментінің болуы себепті осы жүйенің өзараэсерлесуінің пайда болуы. Егер жүйенің **электр заряды** немесе *диполдік моменті* нөлден өзге сан болса, онда квадруполдік өзараэсерлерді ескермеуге болады, себебі ол эсерлесу электрстатикалық және диполдік өзараэсерлесуден едәуір аз шама. Егер екі атомның квадруполдік моменті нөлден өзге болса, алыс қашықтықтағы атомдардың өзараэсерлесулері үшін квадруполдік өзараэсерлесу маңызды болады. Квадруполдік атомдардың (электрлік диполдік моментіне ие емес) энергиясы арақашықтықтың (R) артуына байланысты $1/R^5$ шамасына пропорционал кемитін болады, сол кезде диполдік моменттердің өзараэсерлерінің энергиясы өзара *полярлануы* салдарынан қашықтыққа байланысты $1/R^6$ шамасына пропорционал өзгертін болады. Сондықтан атомдардың квадруполдік өзараэсерлесуі алыс қашықтықта басым болады. Электрлік зарядтарының сфералық симметриясы болмайтын атом ядролары квадруполдік моментке ие болады. Ядролық физикада квадруполдік

өзараәсерлесудің зарядталған бөлшектердің нөлдік диполдік моменті болатын ядроларды **кулондық өріспен** «атқылап қоздыру» кезінде маңызы зор болады.

КВАДРУПОЛДІК СӘУЛЕ – сәуле шығарушы (таратушы) жүйенің электрлік квадруполдік моментінің уақыт бойынша өзгеруі себепті *электрмагниттік толқындар* шығаруы (таратуы). Магниттік квадруполдік моменттің өзгеруі кезінде пайда болатын сәуле **магниттік квадруполдік сәуле** немесе жай ғана **магниттік сәуле** деп аталған.

КВАЗАРЛАР (ағылшынша «quasar – квазижұлдыздық радиосәулелер көзі») – электрмагниттік сәулелердің галактикадан тыс қуатты көздері; шалғайдағы галактикалардың активті ядролары болып табылады. 1960 жылы радиосәулелердің көрінерлік бұрыштық өлшемі өте кіші (10 секундтық – 10^{11}) жұлдызға ұқсас (көрінерлік жұлдыздық шамасы ≈ 16 – 18 болатын) көзі ретінде ашылған. 1963 жылы американ астрономы Мартен **Шмидт** (1929 ж.т.) квазарлардың спектрлерінен *қызыл ығысу* спектрлерінің сызықтарының кездесетінін айқындаған. Квазарлардың көпшілігі қызыл ығысу және оның спектрлік сызықтарына сәйкес өте алыс (космологиялық) >200 Мпк (**мегапарсек**) қашықта орналасқан. Қазірге дейін 1500-ден астам квазарлар белгілі болған. Бұлардың арасында көптеген оптикалық басым бөлігінің радиосәулелері онша көп емес квазарлар кездескен. Квазарлар – **Ғаламдағы сәуле шығаруы бойынша өте қуатты нысан** болып табылады. Квазарлардың сәуле шығару (тарату) қуаты (жарқырауы) бүкіл диапазондардағы сәулелердің бәрін қосқанда 10^{46} – 10^{47} эрг/сек-қа жетеді. Квазарлардың энергия шығару аймағы $\sim 10^{16}$ – 10^{17} см, яғни 1 пк (парсек) шамасында. “К в а з а р” атауы “квазижұлдыздық нысан (объект)” деген сөзден қысқартылған сөз. Осы нысандардың алыстығы ескерілетін болса, оның жарықтылығы бүтіндей бір Галактиканың (біздің Галактикамыздың) шығаратын жарықтануынан да күшті екені пайымдалған. Салыстырмалы түрде шағын



Квазарлар

нысанның осынша көп энергия бөлуін түсіну қиын. Олар жарқырауын тез өзгертеді және олардың энергиясының көпшілік бөлігі көлденеңі бірнеше *жарық жылындай* кеңістіктің аймағынан шығарылады (таралады). 1963 жылы біздің Галактикамыз-Құс жолынан бұрын белгісіз болып келген жаңа жұлдыз типі анықталған. Ол 3С273 Квазар болып (Кембридж каталогында 3-нөмірді 273-нысан болып) белгіленген. Осы типтес жұлдыздардың *қызыл ығысулары* төтенше үлкен. Олардың қашықтау жылдамдығы көп жағдай жарық жылдамдығының жартысынан артық екен. Қазіргі кездегі көзқарас бойынша квазарлар мен кейбір радиогалактикалар – нысандардың дамуының (эволюциялық) әртүрлі кезеңдері болып ықтимал делінуде.

Өзге бір көзқарас бойынша: ультракүлгін сәулені мол шығару бойынша әдеттегі жұлдыздардан, ал күшті инфрақызыл сәуле шығаруы бойынша ақ ергежейлі жұлдыздан айырмашылығы бар. Квазарлардың іргелі қасиеттеріне олардың радио-, инфрақызыл- және оптикалық диапазондардағы сәулелерінің айнымалылығы [ең аз уақыттық өзгерісі (вариациясы) $\tau \sim 1$ сағат]. Нысанның жарқырауы бойынша айнымалылығы ст-дан артық бола алмайды, **квазарлардың өлшемдері $\ll 4 \cdot 10^{12}$ м (яғни Уран орбитасының диаметрінен кіші).**

Квазарлардың активтілігінің (белсенділігінің) физикалық табиғаты әлі соңына дейін ашылмаған. **Галактикалар ядроларының** активті фазасы олардың “өмір сүру” уақытының салыстырмалы түрде аз бөлігін ғана құрайтын секілді, осындай фазалары ауық-ауық қайталанады деген болжал бар.

КВАЗИ... (латынша «куаси – еш нәрсе емес секілді, сияқты») – күрделі сөздің «секілді» «алдамшы», «жалған», «жорамал» тәрізді мәні бар алғашқы бөлігі.

КВАЗИБӨЛШЕКТЕР (квази... + бөлшектер) – өздерін кейбір қатынастарда кванттық бөлшектер ретінде ұстайтын *конденсацияланған ортадағы* (қатты денені, сұйық гелийді) «қарапайым қоздыру» деп аталатын толқындар. Конденсацияланған ортаның қасиеттерін оның құрамындағы жеке бөлшектердің (атомдардың, молекулалардың, иондардың) қасиеттері бойынша түсіндіру едәуір қиындық тудырады. Өйткені, біріншіден, бұл ортадағы бөлшектер саны өте көп (1 см³-те шамамен $10^{22} - 10^{23}$ бөлшек болады), екіншіден, ол бөлшектер бір-бірімен күшті әсерлеседі. Осындай жүйенің толық энергиясы, идеал газдағыдай жеке бөлшектердің энергияларының қосындысына тең болмайды. Қатты денелердің кванттық теориясының дамуы квазибөлшектер көзқарасына әкелді, осы басшылыққа алынатын идея кристалдардың, кванттық сұйықтардың (жеке жағдайда сұйық гелийдің) қасиеттерін түсіндіруде, одан кейінгі кезеңде ядролық моделдер жасауда, *плазmayı* сипаттауда өте маңызды болды.

Көптеген бөлшектер жүйесінде (мысалы, *фотондарды* жұту нәтижесінде) пайда болатын қоздырылған күй конденсацияланған ортада жергіліктенбейді және толқын түрінде таралады. Бұл толқындардың түзілуіне жүйенің бүкіл бөлшектері қатысады және бұл толқын бөлшектердің өзараәсерлесулерінің салдарынан пайда болады. Осы толқындар **қарапайым қоздырулар** деп аталған. Ортақ бір жүйеде өзараәсерлесудің сипатына және бөлшектердің құрамына тәуелді түрде әртүрлі квазибөлшектердің болуы мүмкін. Конденсацияланған орталарды квазибөлшектер ұғымы арқылы түсіндіру жүйенің қоздырылу энергиясын төменгі температуралар кезінде жекелеген квазибөлшектердің қосындылары деп, яғни **қоздырылған жүйені идеал газдың квазибөлшектері** ретінде қарастыруға болады.

Квазибөлшектердің әдеттегі бөлшектер сияқты *спиндері* болады, сондықтан «квазибөлшектер – *бозондар*» және «квазибөлшектер – *фермиондар*» болып екіге ажыратылған, бұлар классикалық газ тәрізді **Больцман статистикасына бағынышты** (бірақ осындай газ бөлшектерінің саны температураға байланысты) болады.

Квазибөлшектерден (әдеттегі газ бөлшектерінен) идеал газдардың негізгі айырмашылығы квазибөлшектер санының сақталмауы болып табылады, квазибөлшектер пайда бола да және жойыла да алады, квазибөлшектердің «өмір сүру» уақыты шектеулі болады. Квазибөлшектердің саны температураға (T) тәуелді: T артқан кезде квазибөлшек саны көбейеді.

Конденсацияланған орталарда әртүрлі қоздырулардың болуы мүмкін, сондықтан квазибөлшектер де неше алуан болмақ. Атомдардың (немесе иондардың) тербелістері тепе-теңдік қалпының маңайында кристалл бойынша толқындар түрінде таралады. Сәйкес квазибөлшектер *фонондар* деп аталған. *Асқынаққыштық* гелийдегі атомдар қозғалысының жалғыз түрі – дыбыстық толқындар (тығыздық тербелістердің толқындары) болып табылады. Сәйкес квазибөлшектер – *фонондар* және *ротондар* деп аталған; бұлардың барлығы – *бозондар*. Атомдардың реттелген орталардағы магниттік моменттерінің магниттік реттелген орталардағы тербелістері спиндер айналысының толқындары болып табылады. Сәйкес квазибөлшектер – *магион* деп аталған. Бұлар да – бозон болады. *Өткізгіштік электрондар* мен *кемтіктер* (екеуі де фермиондар) жартылай өткізгіштердегі квазибөлшектер болады. Электрондар мен кемтіктер бір-бірімен және өзгедей квазибөлшектермен өзара әсерлесіп едәуір күрделі квазибөлшектер (*Ванье-Мотта экситоны*, *полярон*, *фазон*, *флуктуон*) құрайды.

КВАЗИИМПУЛЬС (*квази...* + латынша «импульс – соққы, түрткі») – кристалдық тордың периодты өрісіндегі бөлшектердің немесе квазибөлшектердің (мысалы,

электронның) күйін сипаттайтын векторлық шама. Квазиимпульс өзінің қасиеттері бойынша толқындық вектордағы квазитолқындық векторға ұқсас. Бөлшектердің соқтығысулары кезіндегі квазиимпульстің сақталу заңы импульстің сақталу заңынан күрделі: квазиимпульс сақталады, немесе дискретті шамаға өзгеретін болады.

КВАЗИОПТИКА (*квази...* + грекше «оптика – көріп түйсіну туралы ғылым») – *дифракциялық* эффектілер қатаң ескерілетін *асажоғары жиілікті* электрдинамика мен бұл жайт толығымен ескерілмейтін геометриялық оптиканың арасында орналасқан кең толқындық шоқтар оптикасы. Квазиоптикада дифракциялық құбылыстар жеткілікті кең толқындық шоқтардың таралуын сипаттау кезінде тек қаншалықты шамада маңызды болатыны ескеріледі. Осы шоқтарды линзалармен, айналармен, призмалармен, т.б. түрлендіріп сипаттау кезінде *геометриялық оптикалық* түсініктер пайдаланылады. Квазиоптиканы пайдалану критерийіне толқындық шоқтардың көлденең өлшемдерінің толқын ұзындығынан жеткілікті шамада артық болу шарты жатқызылған.

Квазиоптикалық электрдинамикалық жүйе миллиметрлік, субмиллиметрлік диапазондардағы және оптикалық толқындар ұзындығына ауысу кезінде әдеттегі асажоғары жиілікті диапазондағы бірмодалы *көлемдік резонаторларды* және радиотолқынөткізгіштерді алмастырды. Бірқатар техникалық қосымшаларда (мысалы, *талшықтық оптикада*), сондай-ақ толқындардың таралу мәселелерінде (**ионсфералық толқынөткізгіштер, суасты дыбыс арнасында**) квазиоптикалық желілер (іс жүзінде трасса бойында біртекті) пайдаланылады. Шоқтарды қалыптастыру көлденең біртекті орталарда жүзеге асырылады.

КВАЗИСТАТИКАЛЫҚ ҮРДІС, тепе-тең үрдіс – термодинамикалық жүйенің бір тепе-теңдік күйден өзге күйге шексіз баяу ауысуы, осы жағдайда жүйенің кез келген уақыт сәтіндегі физикалық күйінің тепе-теңдік күйден шексіз аз ғана айырмашылығы болады. Квазистатикалық үрдіс кезінде жүйедегі тепе-теңдік физикалық параметрлердің өзгерістеріне қарағанда әлдеқайда тез орнайды. Кез келген квазистатикалық үрдіс – қайтымды үрдіс. Квазистатикалық үрдістің термодинамикадағы маңызы үлкен. Өйткені құрамына квазистатикалық үрдіс енетін термодинамикалық циклдер ғана ең үлкен жұмыс мәнін береді. «Квазистатикалық үрдіс» ғылыми атауын 1909 жылы неміс математигі Константин **Каратеодори** (1873 – 1950) ұсынған.

КВАЗИТҰРАҚТЫ КҮЙ – метатұрақты күй дегенмен мағыналас атау.

КВАЗИТҰРАҚТЫ ТОК, квазистационар ток – салыстырмалы баяу өзгеретін айнымалы ток, лездік мәндері үшін жеткілікті дәлдікпен **тұрақты токтың**

зандары (*Ом заңы, Кирхгоф ережесі* т.б.) орындалады. Квазитұрақты токтың тұрақты токқа ұқсас тармақталмаған тізбектің бүкіл қималарындағы *ток күші* бірдей болады. Бірақ квазитұрақты токты есептегенде (тұрақты ток тізбегіндегі есептеулерден айырмашылығы) токтың өзгерісі кезінде пайда болатын электромагниттік индукцияның *электрқозғаушы күшін* ескеру қажет. *Индуктивтілік, сыйымдылық*, тізбек тармақтарының *кедергілері* – жинақталған параметрлер деп аталады.

Берілген айнымалы токты квазитұрақты ток деп есептеу мүмкін болуы үшін квазитұрақтылық шарттарының орындалуы қажет, бұл шарттар бойынша, **синусоидалы айнымалы ток** үшін электр тізбегінің геометриялық өлшемдері қарастырылудағы токтың толқын ұзындығынан кіші болуы керек. Өндірістік жиіліктегі токтарды, әдетте, квазитұрақты ток деп есептеуге болады (50 Гц жиіліктің толқын ұзындығы ~6000 км болады). Шалғайға таратылатын желілердегі токты әлгіндей ток деуге болмайды.

КВАЗИЯДРОЛАР, квазиядролық жүйе – масса ақауы (*барион* массасымен салыстырғанда) өте аз болатын барион – *антибарион* жұбының байланысқан әрі резонанстық күйлері. Бариондар мен антибариондарды квазиядроларда ұстап тұрушы күштің табиғаты *ядролық күштер* табиғатымен бірдей. Квазиядролардың радиусы $\sim 10^{-13}$ см. Барион мен антибарион едәуір жеңіл *π -мезондарға* айналып, *аннигиляцияға* ұшырауы мүмкін болғандықтан квазиядролар тұрақты емес: олардың «өмір сүруінің» орташа уақыты $\leq 10^{-20}$ секунд. Сырттай квазиядролар *π -мезондарға* ыдырайтын ауыр мезондар секілді болады. Квазиядролардың әрқилы текті (*нуклон – антинуклон, гиперон – антигиперон* (антигиперон – нуклон)) болатыны жайлы болжамдар бар.

КВАНТ (латынша «куантум – қанша») – кванттық жүйедегі тек тұтастай жұтылуы немесе шығарылуы (таратылуы) мүмкін болатын құбылыстардың (электромагниттік, дыбыстық, т.б.) белгілі бір өлшем мөлшері. Мысалы, электромагниттік сәуле кванты – *фотон*, дыбыс кванты – *фонон*. Өрістің кванттық теориясында кез келген *өзараәсерлесу* – **кванттар алмасудың нәтижесі** ретінде қарастырылады.

Әсер кванты – Планк тұрақтысы ($h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·сек), әсер өлшемділікті-дискретті шамалар үшін маңызы болатын физикалық құбылыстардың кең аясын анықтаушы іргелі физикалық тұрақты шама.

Жарық кванты – электромагниттік өрістің кванты – қарапайым бөлшегі – фотон.

Өріс кванты – іргелі өзараәсерлесулерді таратушылардың бірі болып табылатын қарапайым бөлшек.

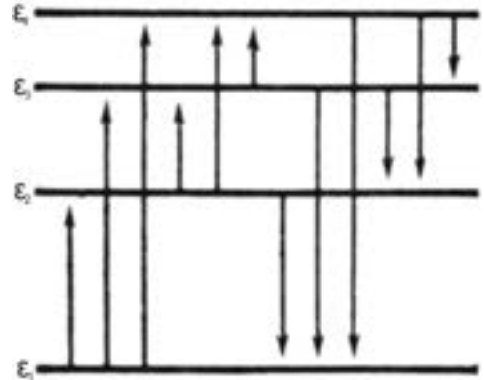
Энергия кванты – кванттық жүйенің күйін өзгертудің жеке актiсiнде осы жүйеде энергияның шығарылуының немесе жұтылуының мүмкiн болатын шектi мөлшерi.

КВАНТТАУ – жүйеде кванттық механика заңдарына сәйкес жүзеге асырылатын физикалық шамалар мәндерiн iрiктеу. Бұған атомдағы *электронның* энергиясы мен қозғалыс мөлшерi моментiнiң мүмкiн болатын мәндерiнiң дискреттi қатар түзуi мысал болады. Классикалық физиканың заңдары бойынша, физикалық жүйе қабылдайтын энергияның мөлшерi

мейлiнше аз шама бола алады. Сондықтан энергия қабылдау үздіксіз үрдіс болып есептеледі. *Абсолют қара дененің* жылулық сәуле шығару заңдылығын түсіндіру үшін 1900 жылы неміс физигі Макс **Планк** (1858–1947) жарық «кванттары» деген ұғым енгізді. Планк теориясы бойынша, атомдар мен молекулалар энергияны шамасы $\mathcal{E} = h\nu$ -ге тең үздікті үлестер түрінде шығарады немесе жұтады, мұндағы ν – жарық тербелісінің жиілігі, h – Планк тұрақтысы. Энергия квантының шамасы тым аз ($\sim 10^{-10}$ эрг) болғандықтан, макроскопиялық өлшеу кезінде энергияның үздіктілігі байқалмайды. Табиғатта басқа да физикалық шамалардың квантталатындығы анықталды. **Асқынөткізгіш сақина** арқылы өтетін магнит ағынының мәндері тек нақтылы дискретті қатар құрады. Микробөлшектің немесе микродүниенің кез келген өске қатысты қозғалыс мөлшері моменті бағытының дискреттілігі **кеңістіктік кванттау** деп аталған. Өрістің кванттық теориясындағы макроскопиялық дене қозғалыстарынан микробөлшектің қозғалыс теңдеулеріне ауысу тәсілдерін де кванттау деп атайды.

Екінші реттік кванттау – толқындық функцияның тәуелсіз айнымалысы ретінде жеке бөлшектердің дербес күйлерінің саны алынатын көптеген тепе-тең бөлшектерден құралған толқындық функцияның тәуелсіз айнымалысы ретінде жекелеген бөлшектердің өздеріне тән күйлері болатын бөлшектер саны пайдаланылатын кванттық жүйені сипаттау әдісі.

Кеңістіктік кванттау – кванттық жүйе импульсі моментінің ерікті түрде таңдап алынған өске қатысты мүмкiн болатын бағдарлануларының дискреттiлiгi (үздікті



Кванттық жүйенің энергия деңгейлерінің бір бөлігі: E_1 – негізгі деңгей (энергияның мүмкiн болатын ең аз деңгейі), E_2, E_3, E_4 – қоздырылған деңгейлер. Жібелермен энергия жұту (жоғары бағытталған) және энергия шығару (төмен бағытталған) кванттық ауысулары көрсетілген

болуы). Бұл атау қозғалыс мөлшерін (моментін) кванттаудың ескірген атауы.

Магниттік ағынды кванттау – тогы бар асқынөткізгіштен жасалған сақина арқылы өтетін магниттік ағынның мүмкін болатын мәндерінің дискреттілігі (үздікті болуы).

Өлшемдікті кванттау – қатты үлгілердегі бірқатар кинетикалық коэффициенттердің тербелістік тәуелділігі, электрондық толқындардың дебройльдік ұзындығымен қарайлас сипаттамалық өлшемдерінің бірі.

КВАНТТЫҚ АУЫСУ – кванттық жүйенің (атомдардың, молекулалардың, атом ядроларының, қатты денелердің, т.б.) бір күйден өзге бір күйге **секірмелі** түрде ауысуы. Жүйенің энергиясының әртүрлі мәндеріне сәйкес болатын күйлері арасындағы кванттық ауысу маңызды болып табылады. Жүйе энергиясының **жоғарғы** \mathcal{E}_k деңгейден **төменгі** \mathcal{E}_i деңгейге ауысуы кезінде жүйе энергиясын береді (яғни **шығарады**), кері ауысу кезінде – ол әлгі энергияны алады (яғни **жұтады**). Кванттық ауысу сәуле шығаратын және сәуле шығармайтын ауысу бола алады. **Сәуле шығарушы** кванттық ауысу кезінде жүйе электрмагниттік сәуле $h\nu$ энергиялы – *фотон* шығарады ($\mathcal{E}_k \rightarrow \mathcal{E}_i$ ауысу) немесе жұтады ($\mathcal{E}_i \rightarrow \mathcal{E}_k$ ауысуы) (мұндағы ν – сәуле жиілігі, h – Планк тұрақтысы), осы жағдайда **іргелі қатынас** $\mathcal{E}_k - \mathcal{E}_i = h\nu$ орындалады, бұл қатынас ауысу кезіндегі **энергияның сақталу заңын өрнектейді**. Жүйенің **энергиялық күйлерінің айырымына тәуелді түрде** кванттық ауысулар арасында *радиотолқындар, инфрақызыл сәулелер, көрінетін сәуле, ультракүлгін сәуле, рентгендік сәуле* немесе *γ -сәулелер шығарылады немесе жұтылады*. Төменгі энергия деңгейінен жоғарғы энергия деңгейіне ауысатын сәуле жұтушы кванттық ауысудың жиынтығы берілген кванттық жүйенің кері ауысуларының жиынтығын – оның шығару спектрін түзеді. Сәуле шығармайтын кванттық ауысу кезінде жүйе өзге жүйелермен өзараәсерлесу кезінде энергия алады немесе береді. Мысалы, газдың атомдары немесе молекулалары бірімен бірі немесе электрондармен соқтығысқан кезде энергия алуы (қозуы) немесе оны жоғалтуы мүмкін.

Кез келген кванттық ауысудың маңызды сипаттамасы – берілген кванттық ауысудың қаншалықты жиі немесе сирек жүзеге асатынын анықтайтын **кванттық ауысу ықтималдығы** болады.

Сәуле шығаратын кванттық ауысулар кванттық жүйеге сырттан ықпал ететін әсерлерге тәуелсіз **ерікті сәуле шығарушы** және сырттан ықпал етуші резонанстық жиіліктегі (ν) электрмагниттік сәуле әсерінен туатын **еріксіз сәуле шығарушы** (фотон жұтатын және еріксіз фотон шығаратын) кванттық ауысулар бола алады. Кванттық жүйенің **ерікті сәуле шығаруы себепті жүйе энергияның**

қоздырылған деңгейінде \mathcal{E}_k тек белгілі бір шектеулі уақытта ғана тұрақтап, сонан соң секірісті түрде кез келген төменгі деңгейге ауысады. Жүйенің қоздырылған энергия деңгейінде \mathcal{E}_k тұрақтайтын орташа уақыт i_k – деңгейдегі «өмір сүру» уақыты деп аталған. τ_k қаншалықты қысқа болса, жүйенің төменгі энергия күйіне ауысу ықтималдығы соншалықты жоғары болады. Сәуле шығару ауысулардың ықтималдығы әртүрлі кванттық ауысу үшін әрқилы және ауысу өтетін аралықтағы энергиялар деңгейлерінің қасиеттеріне тәуелді болады.

Сәуле шығарусыз кванттық ауысулар да сәйкес ауысулар ықтималдықтарымен \mathcal{E}_k энергиясы (энергия беру үрдісі үшін) немесе \mathcal{E}_i энергиясы (энергия алу үрдісі үшін) бір бөлшекке есептелген 1 секундта $\mathcal{E}_k - \mathcal{E}_i$ энергиясын беру және алу үрдістерінің орташа санымен сипатталады.

Егер де сәуле шығарушы, сондай-ақ сәуле шығарусыз кванттық ауысулар мүмкін болса, онда ауысудың толық ықтималдығы екі түрлі ауысулар ықтималдықтарының қосындысына тең болады. Сол себепті сәуле шығарусыз кванттық ауысу есебінен деңгейдегі «өмір сүру» уақыты кемиді. Сәуле шығарусыз кванттық ауысудың ықтималдығы сәйкес сәуле шығарушы кванттық ауысумен салыстырмалы түрде тең болса, оның маңызы артатын болады. Егер де сәуле шығарусыз кванттық ауысудың ықтималдығы – сәуле шығарушы ауысудың ықтималдығынан әлдеқайда артық болса, онда сәуле шығарусыз ауысуда бөлшектердің басым көпшілігі қоздыру энергиясын жоғалтатын (айырылатын), яғни еріксіз сәуле шығару тоқтайтын болады.

КВАНТТЫҚ АУЫСУ ЫҚТИМАЛДЫҒЫ – берілген кванттық жүйеге қатысты кванттық жүйенің «өмір сүру» уақытына кері шама.

КВАНТТЫҚ ГЕНЕРАТОР (латынша «генератор – өндіргіш») – микробөлшектер тобы мен фотондардың *еріксіз сәуле шығаруы* есебінен электрмагниттік сәуле тудырушы құрылғы. *Электрмагниттік өріспен* өзараәсерлесуші микробөлшектер жүйесінің **термодинамикалық тепе-теңдігі** кезінде фотондардың еріксіз сәуле шығаруы бөлшектердің оларды жұтуынан едәуір аз. Осы жағдайда еріксіз сәуле шығару термодинамикалық тепе-теңдікті қамтамасыз етуде принциптік маңызы бола тұрып сәуле шығара алмайды. Сәуле шығару үшін бөлшектердің екі энергетикалық деңгейі *толымдылық инверсиямен* қамтамасыз етілуі қажет.

1954 жылы радиоспектрскопия саласында зерттеу жүргізуші радиофизиктердің екі тобы [ресейлік Николай **Басов** (1922 – 2001) пен Александр **Прохоров** (1916 – 2002) және американдық Чарльз **Таунс** (1915 – 2015)] біріне-бірі тәуелсіз кванттық генератор ұсынып, оны жүзеге асырды. Осы физиктер әлгі

генераторды жасау үшін **оң кері байланысты** бөліктері бар микробөлшектер (**жұмыстық зат**) тобын біріктіру және жұмыстық энергетикалық деңгейлер тобын толымдылық инверсиясымен қамтамасыз етудің қажет екенін көрсеткен. Физиктер іс жүзінде бір мезгілде жұмыстық заты ретінде NH_3 -тің молекула шоғы, кері байланыстың бөлігі – кеңістіктік резонатор болатын, ол толымдылық инверсиясы молекулаларды энергиялары бойынша сұрыптау арқылы жүзеге асырылған құрылысы бірдей кванттық генератор (молекулалық генератор) жасаған.

Радиодиапазонды кванттық генератор (м а з е р) осы диапазонда ең жоғары тұралықты генератор болған, сондықтан жиіліктің стандарты ретінде қолданылған.

1960 жылы рубин кристалымен [американдық физиктер Теодор **Майман** (1927–2007) және неон (Ne) атомдарының газ қоспалы төмен қысымды Али **Джаван** (1926 ж.т.)] жұмыс істейтін оптикалық диапазонды кванттық генератор жасалған. Осы екі жағдайда да **кері байланыс – ашық резонатор** арқылы, ал бөлшектердің толымдылық инверсиясы жүйенің деңгейлері рубин жағдайындағыдай **оптикалық толтырумен** және $\text{Ne}+\text{He}$ жағдайында – электрлік разрядпен қамтамасыз етілген.

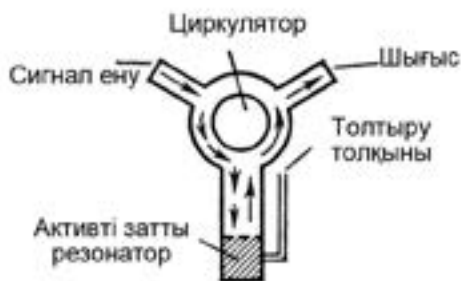
Кванттық генератор тарататын толқындар диапазоны ұзын радиотолқын жағында ұзын радиотолқын диапазонымен және қысқа толқынды **жұмсақ рентгендік сәуле** диапазонымен шектелген. Едәуір қысқатолқынды *когерентті* сәуле шығару үшін оптикалық диапазондағы кванттық генератор **жиіліктерді көбейткіштермен** қамтамасыздалған. Микробөлшектер жіңішке энергетикалық деңгейлермен анықталатын тұрақты жиілік таратушы кванттық генератормен қатар сәуле шығаруы жиілік бойынша қайта түзілетін кванттық генератор жасалған. Өртүрлі типті еріксіз шашыратылуға негізделген *лазерлер* кванттық генераторлардың ерекше тобы болып табылады (мысалы, комбинациялы лазер, т.б.). Кванттық генератор – алғашқы реттік кванттық генератордың тығыздығы жоғары кезінде пайда болатын әрқилы сызықтық емес эффектiлердi пайдаланатын **түрлендіргіш** болып табылады.

КВАНТТЫҚ ДИФFUЗИЯ (латынша «диффузио – таралу») – атомдардың тепе-тең қалпынан өзге қалыпқа қозғалуы кезіндегі негізгі ықпалды әдеттегі тосқауыл үсті ауысу емес, **туннельдік ауысу** тарапынан жүзеге асырылатын диффузия.

КВАНТТЫҚ ЖҮЙЕ – тәртібі классикалық физика заңдарымен сипаттала алмайтын, кванттық механика заңдарына бағынатын бірнеше немесе көптеген микробөлшектердің жүйесі. Мысалы, атомдар мен молекулалар кванттық жүйе болып табылады. Қатты денелердегі (металдардағы, жартылай өткізгіштердегі) электрондар да өте көп бөлшектерден құралған кванттық жүйе түзеді.

Микробөлшектердің кванттық тәртібі бірқатар микроскопиялық қасиеттердің, ферромагнетизмнің, асқынөткізгіштіктің, *Джозефсон эффектісінің* себепшісі болады.

КВАНТТЫҚ КҮШЕЙТКІШ – қоздырылған атомдардың, молекулалардың, иондардың *еріксіз сәуле шығаруына* негізделген радиодиапазондағы электромагниттік толқындарды күшейтуге арналған құрылғы. Кванттық күшейткіштердің күшейту құбылысы қозғалысы *кванттық механика* заңдарына бағынышты атомішілік электрондар энергиясын өзгертуге байланысты. Сондықтан еркін электрондардың ағыны пайдаланылатын, *классикалық механиканың* заңдарына бағынышты әдеттегі күшейткіштен айырмашылығының болуы себепті, бұл күшейткіш **кванттық күшейткіш** деп аталған. Бастапқы ω жиілікті сәуле азғана қоздырылған күйдегі (негізгі) ω_0 жиілікті бөлшектері болатын ортада тарала отырып ω жиілікті сәулемен үйлесіп, осы ауысуларға жағдай жасайтын болады. Ауысудың әрбір қадамы (актісі)



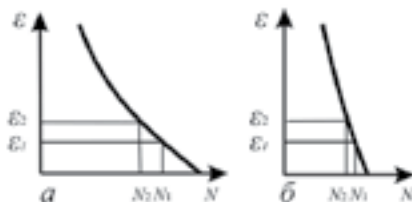
Бір резонаторлы шағылыстырғыш кванттық қондырғының сұлбасы

$\hbar\omega$ электромагниттік квантты шығарумен (таратумен) қосақталып өтетін болады. Осының нәтижесінде бастапқы сәуле күшейтіледі. **Термодинамикалық тепе-теңдік** күйдегі бөлшектердің энергия деңгейлері бойынша таралуы температурамен (T) анықталады, сонымен қатар аз энергиялы (ε_1) деңгейдің көп энергиялы (ε_2) деңгейден гөрі толымдылығы едәуір артық болады. Осындай зат әрқашан электромагниттік толқындарды жұтатын болады. Зат толқынды күшейтеді, тепе-теңдік бұзылған кезде активті болады және қоздырылған атомдар қозбаған атомдардан артық бола (толымдылық инверсиясы) бастайды. Энергия деңгейінің толымдылық инверсиясын іске асырудың әртүрлі әдістері бар. Кванттық күшейткіш үшін **үш деңгейлі энергияны** пайдалануға негізделген әдіс барынша ыңғайлы болды (*Кванттық электроника* мақаласын қараңыз).

Күшейту эффективтілігіне жеткілікті толымдылық инверсиясының айырымын тудыру үшін заттарды тек гелийлік температураға [яғни гелийдің қайнау температурасына ($\sim 4,2$ K)] дейін салқындату қажет.

Кванттық күшейткіштің активті заты болып екі деңгей үшін толымдылық инверсия жүзеге асырылған үш (немесе одан да артық) энергетикалық деңгейлі жүйедегі аздаған изоморфты қоспалы парамагниттік иондары болатын ди-электрлік кристалдар пайдаланылған. Бұл жүйелер арасындағы ауысулар бе-

рілген жиілікті күшейтуге мүмкіндік жасауы қажет. Әдетте хром ионды қоспалы рубин, т.б. пайдаланылады. Кристалдағы қоспалы ион айналасы тудыратын кристаллішілік өрістердің ықпалына ұшырайды. Осы өріс шамасы өрістің кернеулігі мен симметриясына тәуелді энергияның электрондық деңгейлерін бөлшектейді (Штарк эффектiсi). Бастапқы бөлшектеу сыртқы магнит өрісін H қажетті шамаға дейін үйлестіреді. Осындай зат радиотолқындарды кейбір жиілік диапазонында күшейте алады. Толқын активті затта қаншалықты ұзын жол жүрсе кванттық күшейткіштің күшейту коэффициенті соншалықты жоғары болады.



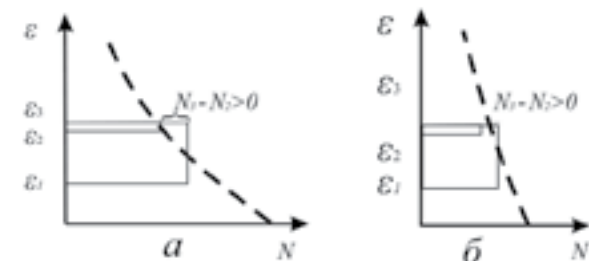
1-сызба. Бір резонаторлы шағылдырғыштық кванттық күшейткіштің сұлбасы.

Күшейту коэффициентін көлемдік резонатордағы кристалл арқылы көптеген рет өткізу арқылы арттыруға болады. Резонаторда жинақталған электромагниттік сәуле күшейтілген сигнал түрінде сыртқа шығарылады (1-сызба). Осылай күшейтілу шағылдырылғыш күшейту деп аталған.

Кванттық күшейткіш күшейту коэффициентінен өзге сигналды күшейту қасиетін сипаттайтын жиіліктік жолақты өткізумен де сипатталады. Егер күшейткіштің өткізу жолағы сигналдың алып жатқан жолағынан кіші болса, онда

күшейткіште сигнал тегістеледі.

Кванттық күшейткіштің құрамына резонатор ендіру бір жағынан оның күшейту коэффициентін арттырса, екінші жағынан оның өткізу жолағын соншалықты кемітеді. Бір резонаторлы кванттық күшейткіш кең өткізу жолағымен қамтамасыз ете алмағандықтан кең қолдау



2-сызба. Үш резонаторлы шағылдырғыштық күшейткіш

таппады. Көп резонаторлы кванттық күшейткіш күшейту коэффициенті үлкен болған кезде едәуір кең өткізу жолағына ие болады. Көп резонаторлы кванттық күшейткіштің: циркулярлы шағылдырғыштық (2-сызба) және өткелді типті түрлері бар.

КВАНТТЫҚ МЕХАНИКА (грекше «механика – машиналар жасау өнері») **толқындық механика** – микробөлшектер (қарапайым бөлшектер, атомдар, молекулалар, атом ядролары) мен олардың жүйелерінің (мысалы, кристалдардың) қозғалыс заңдылықтарын, сондай-ақ бөлшектер мен жүйелерді сипаттайтын

шамалардың ғылыми тәжірибелермен тікелей өлшенетін физикалық шамалармен байланысын сипаттау тәсілдерін тұжырымдайтын теория.

Кванттық механика заңдылықтары заттардың құрылымын зерттеудің іргетасын құрайды. Осы заңдылықтар атомдардың құрылымын айқындауға мүмкіндік туғызды, химиялық байланыстардың табиғатын ашуға, элементтердің периодтық жүйесін түсіндіруге, атом ядросының құрылымын түсінуге, *қарапайым бөлшектердің қасиеттерін зерттеуге мүмкіндік жасады. Макроскопиялық денелердің қасиеттері қозғалыс пен осы денелер құралған бөлшектердің өзараәсерлесуімен анықталатын болғандықтан, кванттық механиканың заңдылықтары көптеген макроскопиялық құбылыстардың негізіне жатқан. Кванттық механика, мысалы, газдардың және қатты денелердің жылусыйымдылықтарының температуралық тәуелділігін түсіндіруге, олардың шамаларын есептеуге және құрылымын анықтауға (металдардың, диэлектриктердің, жартылайөткізгіштердің) мүмкіндік берді. Тек кванттық механиканың негізінде ғана ферромагнетизм, асқынаққыштық, асқынөткізгіштік құбылыстары жүйелі түсіндірілді, ақ ергежейлі және нейтрондық жұлдыздар секілді астрофизикалық нысандардың табиғаттары ашылды. Күнде және жұлдыздарда өтетін термоядролық реакциялардың негізгі құпиялары мәлім болды. Кванттық механиканың заңдылықтары макроскопиялық нысандардың тікелей білінетін құбылыстарын (мысалы, Джозефсон эффектісі) түсіндіреді.*

XX ғасырдың басында Ньютонның **классикалық механикасының** қолданылу ауқымының шектеулі екені (тарлығы) айқындала бастаған, сол себепті оны жалпылау қажеттігі туған. Біріншіден, бұл механиканы денелердің *жарық жылдамдығына* қарайлас шапшаңдықпен қозғалған кезінде пайдалануға болмайды. Осы жайттан құтылу үшін *классикалық механика* Эйнштейннің *арнайы салыстырмалық теориясы* негізінде туындаған релятивтік (латынша «релятивус – салыстырмалы») механикамен жалпыланды. Релятивтік механикаға (яғни салыстырмалық механикаға) ньютондық (релятивтік емес) механика дербес жағдай ретінде қамтылған. Классикалық механикада бөлшектердің кеңістіктегі қалпын (координаттарын) және жылдамдығын, оған қоса осы шамалардың уақытқа тәуелділігін ескере отырып сипаттау тән. Бөлшектердің қозғалысы белгілі бір анықталған *траектория* бойынша сипатталады. Бірақ та осы сипаттау әрқашан дұрыс бола бермейді, әсіресе, өте аз массалы бөлшектер – *микробөлшектер* үшін тура болмайды. Ньютон механикасының қолданылуының екінші шектелуі осы жайтқа байланысты болады. Қозғалыстарды едәуір жалпылама сипаттау кванттық механикада жүзеге асырылған. Осы механика

өзіне классикалық механиканы дербес жағдай ретінде қамтыған. **Кванттық механика** төменгі жылдамдықтар жағдайында тура болатын – **релятивтік емес** және арнайы салыстырмалық теория талаптарын қанағаттандыратын **релятивтік механикаға** ажыратылған. Релятивтік механиканы да барынша аяқталған және қайшылықтардан түгелдей арылтылған кемел механика деп кесімді пікір айту ертерек. Егер релятивтік емес механикада қозғалыс алыстан (қашықтан) әсер ететін (лезде) күшпен анықталатын болса, релятивтік механикада бұл жайт тура емес. Салыстырмалық теория бойынша *өзараәсерлесу* шекті жылдамдықпен беріледі және де өзараәсерлесуді тасушы физикалық әсер етушінің (агенттің) болуы керек; осындай әсер етуші *физикалық өріс* болады.

Классикалық және кванттық механиканың арасындағы қатынас әмбебап тұрақты шаманың – *Планк тұрақтысының* h (немесе $\hbar = h/2\pi$) болуымен анықталады. h – тұрақты шама, *әсер кванты* деп те аталады, мұның әсер өлшемділігі: $h = 6,62 \cdot 10^{-27}$ эрг·сек-қа ($\hbar \approx 1,05 \cdot 10^{-27}$ эрг·сек) тең.

XX ғасырдың басында Ньютон механикасы қолданылмайтын екі топ құбылыстар ашылған, олардың бірі Ньютон механикасы мен *классикалық электродинамика* қолданылмайтын үрдіс – жарықтың заттармен өзараәсерлесуі, екіншісі – атомдағы үрдістерге қолданылуы мүмкін болмайтын жайт болды. Осы құбылыстардың алғашқы тобы – **жарықтың екі жақтылық табиғатының болуы – жарық дуализмі** болса, екіншісі – классикалық түсінік бойынша түсіндіруге жатпайтын атомдардың тұрақтылығы мен олардың спектрлерінің түзілуіндегі ерекшеліктері болды. Осы топтардағы құбылыстардың арасындағы байланыстарды анықтау және осы құбылыстарды жана теория негізінде түсіндіруге әрекет етудің нәтижесінде **кванттық механиканың** заңдылықтары ашылды.

Алғашқы кванттық түсінікті (сонымен қатар h шартты белгіні) 1900 жылы неміс физигі Макс **Планк** (1858–1947) денелердің жылулық сәулесінің теориясына арналған еңбегінде енгізген. Сол кездегі орныққан классикалық электродинамика мен статистикалық физика жылулық сәуле теориясын мағынасыздық нәтижеге ұрындырды, сәуле мен зат арасындағы жылулық (термодинамикалық) тепе-теңдіктің орнауы мүмкін емес, себебі **бүкіл энергия сәулеге айналуы қажет** деген жаңсақ қағидаға әкелген. Планк **жарық үздіксіз түрде шығарылмайды** [сәуленің классикалық теориясы **жарық үздіксіз шығарылады (аққан су сияқты)** деген ұстанымда болатын-ды], **жарық дискретті** (үзік-үзік) [«үзік-үзік мөлшермен шығады» дегенді қарапайым мысал – автоматтан атылған (жекелеген атыспен емес) **оқтар «тізбегі» секілді** (әрбір оқ – белгілі бір мөлшерде болатыны белгілі) елестетуге болады] **энергия мөлшерімен – квантпен**

шығады деген болжам жасап, әлгі қайшылықты шешкен және осы болжам нәтижесі ғылыми тәжірибелермен өте дәл үйлескен. Энергия *квантының* шамасы жарықтың жиілігіне (ν) тәуелді, ол мына өрнек бойынша ақталады: $\mathcal{E} = h\nu$, мұндағы h – Планк тұрақтысы, ν – жарық жиілігі.

Планктың осы тұжырымы өзара байланысты екі мәселені шешті. 1927 жылы кванттық механиканы біржолата тұжырымдау аяқталған. Соның алғашқысы 1905 жылы атақты физик Альберт **Эйнштейннің** (1879 – 1955) *фотозэффект* теориясына арналған жұмысы болды. Эйнштейн Планктың идеясын дамыта отырып, жарық тек квантпен ғана шығарылмайды және жұтылмайды, сонымен қатар квантпен де таралады, яғни **жарыққа да дискреттілік тән** деп болжаған. Жарық та жеке-жеке мөлшерлерден құралған болды, жарық кванты кейіннен *фотон* деп аталған [бұл атауды 1929 жылы американ физигі Гильберт **Льюис** (1875 – 1946) енгізген], фотон энергиясы: $\mathcal{E} = h\nu$. Эйнштейн осы болжал бойынша тәжірибе жүзінде анықталған *фотозэффектінің* заңдылығын түсіндірген, фотозэффект құбылысы жарықтың классикалық теориясына (классикалық электродинамикаға негізделген) қайшы келген болатын.

Жарықтың корпускулалық сипатын 1922 жылы американ физигі Артур **Комптон** (1892–1962) дәлелдеген, ол ғылыми тәжірибе жүзінде жарықтың еркін электрондардан шашырауы екі бөлшектің – *фотон* мен *электронның* серпімді соқтығысу заңы бойынша жүзеге асатынын айғақтаған. Осы соқтығысудың *кинематикасы* энергия мен импульстің сақталу заңымен анықталады, фотонға энергиямен қатар ($\mathcal{E} = h\nu$) импульс те ($p = h/\lambda = h\nu/c$, мұндағы λ – жарық толқынының ұзындығы, h – Планк тұрақтысы, c – жарық жылдамдығы) меншіктелген. Фотонның энергиясы мен импульсі $\mathcal{E} = cp$ қатынасымен байланысқан (мұндағы c – жарық жылдамдығы). Сонымен, жарық белгілі толқындық (тәжірибемен дәлелденген) қасиетке, қосымша тағы бір корпускулалық (жарық дифракциясымен анықталған) қасиетке ие екені дәлелденді; жарық – бөлшектер секілді **фотондардан түзілген**. Осы жайт жарықтың екіжақтылығы – **дуализмін** – оның корпускулалық-толқындық табиғатын айғақтайды. Дуализм $\mathcal{E} = h\nu$ формуласына да енген, формула екі түсініктің біреуін таңдап алуға мүмкіндік бермейді. **Энергия (\mathcal{E}) – бөлшекке тиесілі болса, ал жиілік (ν) – толқындардың сипаттамасы**. Осылайша формалды логикалық қайшылық пайда болған: бір құбылысты түсіндіру үшін жарықтың толқындық табиғаты, ал екінші құбылысты түсіндіруге – жарықтық корпускулалық табиғаты қажет. Осы қайшылықты шешу үшін кванттық механиканың физикалық негізін жасауға итермелеген.

1924 жылы француз физигі Луи де **Бройль** (1892 – 1987), 1913 жылы дат физигі Нильс **Бор** (1885–1962) постулаттаған **атом орбиталарын кванттаған**

шарттарға түсінік табуға әрекеттеніп, **корпускулалық-толқындық дуализмнің** жалпылығы туралы болжал ұсынған. де Бройльдің болжалы бойынша әрбір бөлшектің табиғатына тәуелсіз түрде, оның әрқайсысына толқын ұзындығы (λ) бөлшектің импульсімен (p) байланысты қатынасты: $\lambda = h/p$ толқынды сәйкес қою керек. Осы болжал бойынша тек фотон ғана емес, бүкіл «**кәдімгі бөлшектер**» (*электрондар, протондар, т.б.*) толқындық қасиетке ие, бұлар дербес жағдайда **бөлшектер дифракциясында** білінетін болады. 1927 жылы американ физиктері: Клинтон Дэвиссон (1881–1958) мен Лестер Халберт (1896–1971) алғаш болып **электрондардың дифракциясын** байқаған. Кейінірек өзгедей бөлшектердің толқындық қасиеттері ашылып, де Бройль формуласының дұрыстығы ғылыми тәжірибемен расталған. 1926 жылы австриялық физик Эрвин Шредингер (1887 – 1961) әлгіндей «толқындардың» сыртқы күш өрістеріндегі тәртібін сипаттайтын теңдеу ұсынған. Осылайша **толқындық механика пайда болған**. Шредингердің толқындық теңдеуі **релятивтік емес кванттық механиканың негізгі теңдеуі болып табылады**. 1928 жылы ағылшын физигі Поль Дирак (1902–1984) электрондардың сыртқы күш өрісіндегі қозғалысын сипаттайтын **релятивтік теңдеуді** қорытып шығарған; Дирак теңдеуі релятивтік кванттық механиканың негізгі теңдеулерінің бірі болды.

М.Планк болжалының екінші бір тармағының дамытылуы 1907 жылғы А.Эйнштейннің қатты денелердің жылусыйымдылығына арналған ғылыми еңбегінен басталды. **Әртүрлі жиіліктегі электрмагниттік толқындардың жиынтығы болып табылатын электрмагниттік сәуле** кез келген тербеліс жасайтын жүйенің жиынтығының (осцилляторларының) **динамикалық эквиваленті** болады. Толқындардың шығарылуы (таратылуы) немесе жұтылуы сәйкес тербелмелі (осцилляторларды) жүйені қоздыруға немесе өшіруге эквивалентті болады. Заттардың электрмагниттік сәулелерді шығаруы және жұтуы $h\nu$ энергиялы кванттармен жүзеге асырылу фактісін былай өрнектеуге болады: өріс тербелісі кез келген энергиялы бола алмайды, ол тек белгілі бір энергия мәндерін – **энергияның дискретті деңгейлеріне ие болмақ**, бұлардың арақашықтығы $h\nu$ -ға тең. Эйнштейн электрмагниттік өрістің тербеліс энергиясын *кванттау* идеясын кез келген табиғи тербеліске жалпылаған. **Қатты дененің жылулық қозғалысы атомдардың тербелістеріне үйлесетін болғандықтан, қатты дене тербелмелі жүйенің жиынтығына эквивалентті болады**. Осы тербелмелі жүйенің энергиясы да квантталған, яғни энергияның көршілес деңгейлерінің айырымы $h\nu$ -ға тең, мұндағы ν – атомдар тербелістерінің жиілігі.

Неміс физиктері: Петер Дебай (1884 – 1966), Макс Борн (1882 – 1970) және

Т.Карманның Эйнштейн теориясын дәлелдей түсуі қатты денелер теориясын дамытуда ерекше маңызды болды.

1913 жылы Н.Бор энергияны кванттау идеясын атомның құрылыс теориясына қолданды, **атомның ғаламшарлық (планетарлық) моделі** 1911 жылы ағылшын физигі Эрнест Резерфордтың (1871–1937) жүзеге асырған тәжірибесінің нәтижесінде жасалған болатын. Осы модель бойынша атомның ортасында атомның бүкіл дерлік массасы шоғырланған оң зарядталған *ядросы*; ядроның төңірегіндегі орбита бойынша теріс зарядталған *электрондар* айналатын болды. Электрондардың осы қозғалысын классикалық физика түсінігі бойынша қарастыру күтпеген (парадоксты) нәтижеге – атомдардың тұрақты болмау жағдайына ұрындырды; классикалық электродинамиканың қағидасы бойынша **электрон атом ядросының төңірегіндегі орбитада тұрақты түрде мәңгі қозғала алмайтын болды**, оған себеп электрон ядроны шыр айналған кезде оның электрмагниттік толқын – сәуле шығаруы тиіс, сол себепті электронның энергиясы үздіксіз түрде бірте-бірте кеми бастайды да, оның қозғалыс орбитасы ядроға қарай жақындамақ, ақыр соңында $\sim 10^{-8}$ секунд уақыт өткенде **электрон ядроға құлап түспек**, осының салдарынан атом «жойылмақшы», іс жүзінде атомның бастапқы тұрақты қалпында қалатыны белгілі. Осыдан шығатын қорытынды: классикалық физиканың тұжырымдалған заңдылығының зат атомдарындағы электрондардың қозғалысын түсіндіре алмайтындығын, яғни классикалық физиканың бұл айтылған жайтқа қолданылмайтындығын аңғартты.

Осы шарасыз жағдайдан құтылу үшін Нильс Бор мынадай болжам ұсынған: Ньютон механикасы электрондардың атом ядросының өрісінде қозғалуы үшін, кванттаудың белгілі шарттарын қанағаттандыруды талап ететін классикалық орбитаға арналған әсер шамасы Планк тұрақтысына (h) еселік бүтін шама болуы керек. Н.Бор электрон кванттаудың рұқсат етілген орбитасы бойынша **қозғалғанда** (яғни энергияның белгілі бір деңгейінде болғанда) **жарық толқындарын шығармайды** деген постулат тұжырымдаған. Электронның тек бір орбитадан өзге екінші орбитаға, яғни энергияның бір деңгейінен (\mathcal{E}_i) энергиясы аз екінші өзге деңгейге (\mathcal{E}_k) ауысқанда ғана $h\nu = \mathcal{E}_i - \mathcal{E}_k$ энергиялы **жарық кванты шығады**. Атомның сызықтық спектрі осылайша пайда болған. Атомдардағы энергия деңгейлерінің болатындығын 1913 – 14 жылы жүзеге асырылған *Франк-Герц тәжірибесі* растаған.

Н.Бор осылайша жарықтың екіжақтылығын (дуализмін) бейнелейтін кванттық тұрақты шаманы (h) пайдалана отырып, осы шаманың, классикалық механикадан едәуір айырмашылығы болатын атомдағы электрондардың қозғалысын

анықтайтын заңдылығын көрсетті. Осы факт кейіннен корпускулалық-толқындық екіжақтылықтың (дуализмнің) негізінде түсіндірілді.

Н.Бор теориясының жетістігіне, кванттық теорияның бұрынғы жетістіктері сияқты теориялардың логикалық тұтастығын бұзу есебінен қол жеткізілген болатын: бір жағынан Ньютон механикасы, екінші жағынан – бұл механикаға жат жасанды, оған қоса классикалық электрдинамикаға да қайшы келетін *кванттау* ережесі қатыстырылды. Сонымен қатар Бор теориясы молекулалар құруға әкеп соқтыратын атомдар арасындағы байланыстың тууына себепкер болатын электрондардың атомдардағы (тіптен гелий атомындағы) күрделі қозғалысын түсіндіруге де әлсіз болды. Бордың «жартыкеш» теориясы электрондар энергиясының бір деңгейден өзге екінші деңгейге ауысқан кезіндегі қозғалысының қандай болатыны туралы да жауап бере алмады. Атом теориясы мәселелерін әрі қарай дамыту атомдағы электронның қозғалысын классикалық механиканың (белгілі траекториядағы, немесе орбитадағы қозғалысын) ғылыми атауларымен, ұғымдарымен сипаттауға болмайтындығын көрсетті. Электронның деңгейлер арасындағы қозғалысы жайындағы сұрақ электрондардың атомдағы тәртібін анықтайтын заңдылықтар сипатымен сыйымсыз болғандықтан, жаңа теорияның қажеттілігі туды, оған тек **атомның бастапқы және соңғы тұрақты күйіне ғана қатысты шамалардың енгені қажет болды**. 1925 жылы неміс физигі Вернер Гейзенберг (1901–1976) әлгіндей сырт көріністі (формальді) сұлба құрды, **электронның ондағы координаттары мен жылдамдықтарының орнына дерексіз** (абстрактілі) алгебралық шамалар – **матрицалар** қатыстырылған; матрицаның бақыланатын шамалармен (кванттық ауысулардың энергия деңгейлерімен, қарқындылықтарымен) байланысы қайшылықсыз жай ережелермен берілген. В.Гейзенбергтің осы ғылыми көзқарасын неміс физиктері: Макс Борн (1882 – 1970) мен Паскуаль Иордан (1902 – 1980) дамытқан. Осылайша **матрицалық механика** пайда болған. Көп ұзамай **Шредингердің теңдеулері** шыққан соң толқындық (Шредингердің теңдеулеріне негізделген) және матрицалық механиканың математикалық эквиваленттігі (парапарлығы) көрсетілген. 1926 жылы М.Борн *де Бройль толқындарына* ықтималдық түсініктеме берген.

Кванттық механиканы қалыптастыру ісінде П.Дирактың сол кезеңдегі ғылыми жұмыстарының маңызы зор болды. 1927 жылы В.Гейзенберг классикалық ұғымдар мен түсініктерді микронысандарға қолдануды шектейтін *анықталмау принципін* тұжырымдағаннан кейін кванттық механика физикалық айқын негізді және математикалық үйлесімді жаракталған жүйелі теория ретінде біржолата

калыптасты. Анықталмау принципі – кванттық механика теңдеулерінің физикалық мағынасын баяндайтын, оның классикалық механикамен байланысын және өзгедей принциптік мәселелерін, сондай-ақ кванттық механиканың сапалық нәтижелерін тұжырымдаған маңызды қатынас болды. Осы жұмыс Н.Бор мен В.Гейзенбергтің ғылыми еңбектерінде жалғасын тапқан.

Атомдар спектрлерін егжей-тегжейлі талдау **электронға заряд пен масса-дан өзге тағы да бір ішкі сипаттама** – *спин* беру қажет деген түсінікке 1925 жылы алғаш рет америкалық физиктері Джордж **Уленбек** (1900 – 1988) пен Сэмюэл **Гаудсмит** (1902 – 1979) үн қосып, *электрон спині* деген ұғым енгізген [1924 – 25 жылы швейцар физигі Вольфганг **Паули** (1900 – 1958) дамытқан. 1925 жылы В.Паули ашқан тыйым салу принципі (*Паули принципі*) атомдар, молекулалар, ядро, қатты денелер теорияларында іргелі негіз болды.

Қысқа мерзімде кванттық механика кең ауқымды құбылыстарға үлкен табыспен қолданылды. Атом спектрлерінің, молекулалар құрылымының, химиялық байланыстардың, элементтердің периодтық жүйесінің, металл өткізгіштігінің және ферромагнетизмнің теориялары тұжырымдалды. Кванттық теорияның әрі қарай принциптік дамытылуы – **релятивтік кванттық механикамен** байланысты. **Релятивтік емес кванттық механика** негізінен атомдар, молекулалар, қатты денелер (металдар, жартылайөткізгіштер), плазмалар, т.б. физикасының сан алуан нақты мәселелерінің бағыттарын қамтыды.

КВАНТТЫҚ ОПТИКА – статистикалық оптиканың жарық өрістерінің микроқұрылымын және жарықтың кванттық табиғаты көрінетін оптикалық құбылыстарды зерттейтін саласы. **Сәуле шығарудың кванттық құрылымы туралы түсінікті** ғылымға 1900 жылы неміс физигі Макс **Планк** (1858 – 1947) енгізген. Интерференциялық өрістің статистикалық құрылымын алғаш болып 1934 жылы кеңестік физик Сергей **Вавилов** (1891 – 1951) байқаған, ол “жарық құрылымы” деген ғылыми атауды енгізген.

Жарық өрісі – күйі шексіз көп санды құраушылармен анықталатын күрделі физикалық нысан. Осы жайт *монохроматты* сәуле шығаруға да қатысты болды, классикалық сипаттау кезінде *амплитуда, жиілік, фаза және полярлану* арқылы толықтай сипатталады. Өріс параметрлерінің (бөліктерінің) шексіз көп болуы себепті, жарық өрісінің күйлерін толықтай анықтау мәселесінің шешімін табу мүмкін болмайды. Өлшеулердің кванттық сипаттамасы бұл мәселені шешуге тағы бір қиындық қосады, оған себеп – *фотондарды* фотодетекторлармен тіркеуге байланысты болуында.

Лазерлік физиканың жетістіктері мен әлсіз жарық ағындарын тіркеу техникаларының кемелдендірілуі кванттық оптиканың дамуы мен оның мәселелерін шешуді анықтады. Жарық көзінің лазерлік кезеңге дейінгі дамытылуы өзінің статистикалық гаусстық үлестірілімдік қасиеттері бойынша, бір типті шу генераторлары секілді әсерлі болды. Осы өрістердің күйі іс жүзінде сәуле шығару спектрінің пішіні (формасы) мен оның қарқындылығы бойынша ғана анықталатын болған. **Кванттық генераторлар** мен **кванттық күшейткіштердің** шығуына байланысты кванттық оптика көптеген әртүрлі **жарық көздеріне** (гаусстық емес статистикалық сипатты емес) ие болды.

Кванттық оптикада **кванттық когеренттілік** ұғымының ерекше мәні болды. Когеренттілік өрістің ішінара және толықтай когеренттілігіне ажыратылды. Кванттық оптикалық әдістер бойынша молекулааралық *өзараәсерлесудің* кейбір қасиеттері анықталады.

КВАНТТЫҚ САҒАТ, атомдық сағат – негізгі бөлігі жиіліктің кванттық стандарты болатын, уақытты дәл өлшеуге арналған құрылғы. Бұл сағаттың жүрісін атомдардың немесе молекулалардың кванттық бір энергетикалық күйден өзге күйге ауысулары кезінде шығаратын (тарататын) жиілігі реттейді.

Кванттық сағаттың дәлдігі кварцты генератордың жиілігі репер (белгі) арқылы бақыланады; ауық-ауық түзетулер енгізіледі, осының нәтижесінде кварцтік сағаттардың жүрісінің дәлдігі бірнеше мың жылда 1 секундқа ғана жаңыллатын (яғни қателік жіберілетін) болған.

Алғашқы кванттық сағат 1957 жылы АҚШ-та жасалған. Ол сағатта аммиак молекулаларының шоғына негізделген кванттық генератор (молекулалық генератор) репер ретінде пайдаланылған. Қазіргі кездегі кванттық сағаттарда кейде цезийлі, рубидийлік репер пайдаланылған. Рубидийлік реперлі және оптикалық толтырулы кванттық сағаттар көп таралған. Бұл сағаттар 1 жылда салыстырмалы түрде $\sim 10^{-11}$ қателік жібереді.

КВАНТТЫҚ САНАУЫШ – субмиллиметрлік және инфрақызыл диапазондардағы әлсіз электромагниттік сәуленің жекелеген бөліктерін (үлесін) тіркеуге арналған құрылғы. Кванттық санауыштың әсері жұмыстық бөлшектер (атомдар, молекулалар) деп аталатын бөлшектердің $h\nu_1$ зерттелуші сәуле энергиясының кванттарын және қосымша көздің $h\nu_2$ энергиялы сәуле кванттарын біртіндеп жұтуына негізделген. Нәтижесінде зерттелуші сәуле кванттарының энергиясынан артық (кейде едәуір) $h\nu_3$ энергиялы кванттар сәулесі пайда болады, осы сәуле, мысалы, *фотоэлектрондық көбейткіш* арқылы тіркеледі. Кванттық санауышта жұмыстық зат ретінде сирек кездесетін элементтердің қоспалары және

өзге элементтердің иондары қосылған кристалдар, әйнек, керамика қолданылады. Кванттық санауыш, мысалы, инфрақызыл сәулені (тіркелуі қиын) көзге көрінетін сәулеге түрлендіру үшін қолданылады.

КВАНТТЫҚ САНДАР – кванттық жүйені (атом ядросын, атомды, молекуланы, т.б.), жекелеген қарапайым бөлшекті, жорамал бөлшектер – *кварктер* мен *глюондарды* сипаттайтын физикалық шамалардың мүмкін болатын дискретті мәндерін анықтайтын бүтін (0, 1, 2, ...) немесе бөлшек ($1/2$, $3/2$, $5/2$, ...) сандар. Кванттық сандар физикаға алғашында атом спектрлерінің тәжірибе бойынша анықталған заңдылықтарын сипаттау үшін енгізілген. Бірақ та кванттық сандардың мағынасын және онымен байланысты микробөлшектердің тәртібін сипаттаушы кейбір физикалық шамалардың дискреттілігін тек кванттық механика ғана ашты. *Кванттық механика бойынша*, физикалық шамалардың мүмкін болатын мәндері сәйкес операторлардың (бейнелеуші) үздіксіз немесе дискретті меншікті мәндерімен анықталады. Осы соңғы жағдайда бірқатар кванттық сандар пайда болады (кейде қозғалыс үрдісі кезінде сақталатын шамалар, бірақ міндетті түрде дискретті спектрге жатпайтын мүмкін болатын мәндер, мысалы еркін қозғалыстағы бөлшектің импульсі мен энергиясы да кейде кванттық сандар деп аталады).

Кванттық жүйенің күйін толықтай анықтайтын жиынтық **ТОЛЫҚ ЖИЫНТЫҚ** деп аталған. Кванттық санның бүкіл мүмкін болатын мәндеріне жауап беретін күйлер жиынтығы күйлердің толық жүйесін құрайды. Атомдағы электрондардың күйі төрт кванттық санмен сәйкес түрде электронның төрт еркін дәрежесіне сәйкес, үш кеңістіктің координаттарымен байланысқан координаттармен және *спинмен* анықталады. Сутек атомы және сутекке ұқсас атомдар үшін бұл: басты кванттық сан (n), орбиталық кванттық сан (l), магниттік кванттық сан (m_l), магниттік спиндік, немесе жай ғана спиндік кванттық сан (m_s).

Атомның және басқа кванттық жүйенің күйлерін сипаттау үшін тағы да бір кванттық сан – күйлер *жұптылығы* (P), жүйенің күйін анықтаушы толқындық функция координат инверсиясы кезінде таңбасын сақтай ма немесе оны кері таңбаға ауыстыра ма, жоқ па, соған байланысты $+1$ және -1 мәндерін қабылдайды. Сутек атомы үшін $P = (-1)^l$.

Сақталған (уақыт бойынша өзгермейтін) физикалық шамалардың болуы симметриялық – **гамильтонианмен** тығыз байланысты. Мысалы, орталық-симметриялық өрісте қозғалатын бөлшектер үшін гамильтониан координаттар жүйесінің осьтері кез келген бұрылыс кезінде өз түрін өзгертпейді, осы симметрия қозғалыс мөлшері моментінің сақталуына жатады.

Қарапайым бөлшектердің қозғалысы үшін *гамильтонианнан* (Гамильтон функциясына сәйкес оператор) өзге де **ішкі кванттық сандар** деп аталған

сандардың маңызы бар. Бұлар оқшауланған бөлшектердің тәртібіне әсер етпейді, бірақ та бөлшектердің өзара әсерлесуінде білінетін болады. Өзараәсерлесудің әртүрлі типтері, кванттық сандар бір өзараәсерлесуде сақталатын, өзге өзараәсерлесуде өзгере алатын болуының салдарынан, симметрияның әркілы қасиеттерімен сипатталады. Қатаң сақталатын кванттық сандар қатарына **электр заряды** (Q), **барион заряды** (B) және **лептон заряды** жатады. Өзге ішкі кванттық сандар бір жағдайдағы өзара әсерлесулерде сақталады да өзге бір өзара әсерлесу кезінде сақталмайды. Бұлардың арасындағы ерекше маңыздысы **изотоптық спин** (I), бұл күшті өзараәсерлесу үрдістерінде сақталады да, электрмагниттік және әлсіз өзараәсерлесу кезінде бұзылады; **ғажаптылық** (S), т.б. күшті және электрмагниттік өзара әсерлесулерде сақталады, бірақ әлсіз өзараәсерлесуде бұзылады. **Кварктер мен глюондарға** кванттық сандар «**түстер**» меншіктелген, бұлар кварктер үшін үш мәнді, ал глюондар үшін сегіз мән қабылдайды. Байқалатын қарапайым бөлшектердің барлығы «ақ түсті» («түссіз»), яғни жұптардан немесе үш кварктен құралып, үш «түстен» қосындыланған. Осы кванттық сандар *кванттық хромодинамикада*, сондай-ақ өрістің кванттық теориясы шеңберіндегі күшті әсерлесуді түсіну үшін өте маңызды болып табылады.

КВАНТТЫҚ СТАТИСТИКА (итальянша «стато – мемлекет») – статистикалық физиканың кванттық механиканың заңдарына бағынышты көптеген бөлшектер жүйесін зерттейтін бөлімі. Жүйе құрамындағы жеке бөлшектердің (электрондардың, молекулалардың, т.б.) физикалық қасиеттерін тікелей қадағалау мүмкіндігінің болмауы – кванттық статистиканың басты ерекшелігі болып табылады. Бұл жағдай бірдей бөлшектердің **тепе-теңдік принципі** деп аталады. Бөлшектердің кванттық механикадағы қозғалу заңдылықтары оның *спиніне* байланысты болады. Сондықтан, жүйе құрамына енетін бөлшектердің спині бүтін немесе бүтіннің жартысына тең болуына қарай статистикалық жүйенің қасиеті де әр түрлі болады. Спині бүтіннің жартысына тең бөлшектерден (мыс., электрондардан) құралған жүйенің кванттық статистикасы *Ферми – Дирак статистикасы* деп, ал спині бүтін және нөлге тең бөлшектерден (мыс., фотондардан) құралған жүйенің кванттық статистикасы *Бозе – Эйнштейн статистикасы* деп аталған.

КВАНТТЫҚ СҰЙЫҚ – қасиеттері кванттық эффектiлермен (абсолюттік нөл температураға дейін сұйық күйі; асқынаққыштығы сақталатын, нөлдік дыбыс болатын т.б.) анықталатын сұйық. Абсолют нөлге жуық температурадағы *сұйық гелий* кванттық сұйыққа мысал бола алады. Сұйық бөлшектердің жылулық қозғалысы бойынша есептелген де *Бройль толқындарының* ұзындығы

мен бөлшектердің өзара қашықтығы шамалас болған кезде, белгілі бір төменгі температурада кванттық эффектілер байқала бастайды. Бұл шарт сұйық гелий үшін 2–3 К-та орындалады. Металдағы **электрондар да кванттық сұйық қасиетіне ие бола алады**. Классикалық механика негіздері бойынша абсолют нөл температурада кез келген денедегі бөлшектердің тербелісі тоқталуға, яғни кез келген дене кристалға айналуы тиіс. Кванттық механикадағы *анықталмау принципіне* сәйкес абсолют нөл температурада дене бөлшектері белгілі бір қалыпта болуы тиіс. Олардың *кинетикалық энергиясы* нөлге ұмтылса да **нөлдік тербелістер сақталады**. Кванттық сұйықты құраушы бөлшектердің спиндері мәндерінің бүтін және бүтіннің жартысына тең болуына сәйкес кванттық сұйықтар *бозе-сұйығы* және *ферми-сұйығы* болып ажыратылған. Олар Бозе-Эйнштейн және Ферми-Дирак статистикаларымен сипатталады. **Бозе сұйығына** атомының спині нөлге тең сұйық ⁴Не жатады. Бүтіннің жартысына (1/2) тең спинді ³Не изотопы мен металдағы *электрондар ферми сұйығы* болып саналады.

Кванттық сұйықтың қасиетін алғаш болып 1938 жылы кеңес физигі Петр **Капица** (1894–1984) ашып зерттеген. Гелий ⁴Не 2,171 К температурада және қаныққан бу қысымы кезінде II текті *фазалық ауысуға* ұшырап, жаңа күйге (Не II) ауысады. Бұл күйде ол *асқынаққыштық* қасиетке ие болады.

Кванттық механика қағидасы бойынша, өзараәсерлесуші кез келген бөлшектер тек белгілі бір кванттық күйде болады. Бүкіл жүйенің энергиясы белгілі бір мөлшер – **квантпен** өзгереді. Энергияның осындай өзгерісі кванттық сұйықта белгілі импульспен, энергиямен және спинмен сипатталатын қарапайым қоздырудың – *квазибөлшектердің* (мысалы, Не II-де – *фонондардың*) тууы немесе жойылуымен қабаттас өтеді. *Ферми сұйығында квазибөлшектер* тек жұпталып пайда болса не жойылса, *бозе сұйығында* жеке түрде пайда болады немесе жойылатын болады. Төменгі температураға сәйкес болатын квазибөлшектердің саны аз кезінде, олар квазибөлшектердің идеал газын (ферми сұйығында – **фермиондар** және бозе сұйығында – **бозондар**) түзеді деп санауға болады.

Электрондық ферми сұйық *асқынөткізгіштік* ретінде білінеді. Электрондық асқынаққыштық, ферми сұйығының теориясын 1957 жылы американдық физиктері Джон **Бардин** (1908–1991) және Леон **Купер** (1930 ж.т.), Джон **Шриффер** (1931 ж.т.) және орыс физигі 1958 жылы Николай **Боголюбов** (1909 – 1992) тұжырымдаған.

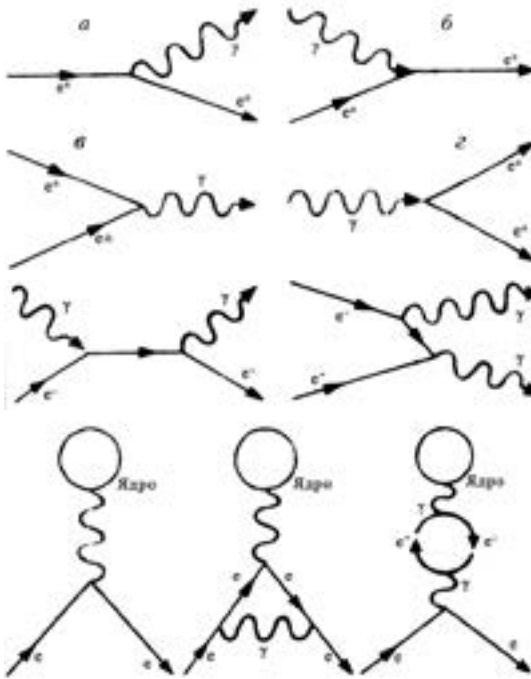
КВАНТТЫҚ ХРОМОДИНАМИКА (КХД) (грекше «хромо – түс» + «динамис – күш») – «түстік» калибрлеуіш симметрияның негізінде кванттық электрдинамиканың (КЭД-ның) үлгісі бойынша құрылған *кварктер* мен

глюондардың кванттық электродинамикасының (КЭД-ның) кванттық өрістік теориясы. КХД-дағы *фермиондардың* КЭД-дан айырмашылығы – үш мән қабылдаушы және «түс» деп аталатын кванттық санның қосымша еркіндік дәрежесі болады. *Кварктер* осындай фермиондар болып табылады. Әрбір типтің кварктері («ароматтың» *u, d, s, c, b*) бір-бірімен калибрлеуіштік түрлендірулермен байланысқан үш «түстік» күйлерде бола алады. Электр зарядының КХД-дағы аналогы глюондік өріс тудыратын «түстер заряды» болып табылады. Кварктердің өзараәсерлесуі Янг-Миллс өрістерінің компенсациялауыштық қасиеті сегіз “түстік” түрін глюондық өрістермен алмастыру арқылы жүзеге асырылады. Осы өрістер “түстік” бола тұрып, электромагниттік өрістен айырмашылығы – олардың өздері глюондар тудырады және де бір-бірімен өзараәсерлеседі. Осының салдарынан глюондық өріске арналған теңдеулер (вакуумдағы Максвелл теңдеулерінен айырмашылығы) – сызықтық емес. Глюондық өрістің кванттары – спині 1-ге тең және тыныштық массасы нөл бөлшектер. Өзараәсерлесудің тұрақтысы (константы) ретінде кварктер мен глюондардың “түстік зарядтары” орын алған.

Ішкі симметриялардың үштүсті кешенді кеңістіктегі жергілікті калибрлеуіштік инварианттылыққа қатысты түрлендірулер негізінде тұжырымдалған. Осы кездегі түсінік бойынша КХД *адрондар* мен адрондардағы *кварктерді* байланыстыратын күшті өзараәсерлесуді сипаттаудың негізін құрайды. КХД ХХ ғасырдың 70-жылдары кварктердің түстері, терең серпімсіз өзараәсерлесудің партондық көрінісі және калибрлеуіштік өрістің абельдік емес аппараты туралы түсініктердің синтезі нәтижесінде пайда болған. Кварктік модель бойынша барлық адрондар – кварк-антикварк жұбының немесе үш кварктің (бариондардың) байланысқан күйлері болып табылады.

КХД қазіргі уақытта электрәлсіз өзараәсерлесудің теориясы ретінде өрістің ортақ теориясын тұжырымдау бағытындағы қарапайым бөлшектердің өзараәсерлесулерін біріктіретін саты болып табылады.

КВАНТТЫҚ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА (КЭД) – өзараәсерлесуші электромагниттік өрістер мен зарядталған бөлшектердің кванттық теориясы. Бұл теорияда көбінесе электромагниттік және электрондық-позитрондық өрістердің өзараәсерлесулері қарастырылады. Осындай теорияда электромагниттік өріс *калибрлеу өрісі* ретінде білінеді. Осы өрістің кванты – тыныштықтағы массасы нөл және спині 1-ге тең бөлшек – *фотон* болады, ал екі электронның өзараәсерлесуі, бұлардың арасында *виртуалды* фотондармен алмасудың нәтижесі болады. КЭД денелердің жылулық сәулесін, *Комптон эффектісін*, тежеуіштік сәуле шығару т.б.



Кванттық электрдинамиканың қарапайым үрдістері: а – электронның немесе позитронның фотонды шығаруы; б – фотонның электронды немесе позитронды жұтуы; в – аннигиляция; г – бөлшектер жұбының тууы. Сызықтар бөлшектердің траекторияларын, ал төбедегі нүктелер жергілікті (локалді) өзараәсерлесуді бейнелейді. Комптон эффектісі (сол жақта) 2 фотонға аннигиляциялану электронның атом ядросының кулондық өрісімен өзараәсерлесуі кезіндегі виртуал бөлшектердің тууы

үрдістерді (процестерді) сипаттайды. Бірақ та КЭД үшін вакуумның полярлануына байланысты үрдістердің маңызы ерекше.

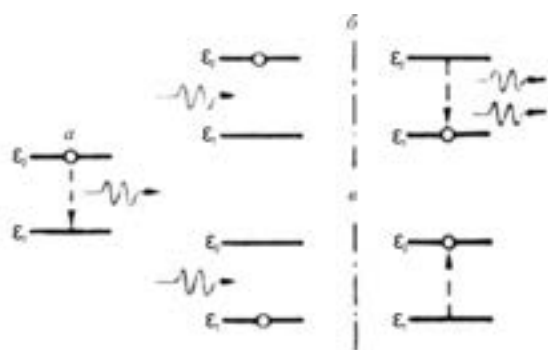
КЭД-ның алғаш байқалған эффектісі энергия деңгейлерінің **лэмбілік ығысуы** болды. Электронның аномальды магниттік моменті – магниттік момент дәл анықталады. Магниттік момент – тыныштықтағы бөлшектердің сыртқы магнит өрісімен өзараәсерлесуінің себебі болатын шама. Дирактың электрондық кванттық теориясынан электронның **Бор магнетонына** тең магниттік моменті болтыны белгілі. КЭД-ға тән эффект – жарықтың жарықта шашырауы болып табылады. Электрмагниттік толқындар үшін *суперпозиция принципі* дұрыс, яғни – электрмагниттік толқындар классикалық электрдинамикада өзараәсерлеспейтін толқындар ретінде қарастырылады. КЭД электрондық-позитрондық вакууммен өзараәсерлесетіндіктен, әлгі принцип тура болмай қалады.

Вакуумдық эффектілердің тағы біреуі – өте күшті (статистикалық және айнымалы) электрмагниттік және *гравитациялық өрістерде бөлшек-антибөлшек жұптарының* пайда болуы. Гравитациялық өріс **космологиялық (ғарышнамалық)** мәселелерге байланысты Ғалам эволюциясының ертедегі фазаларына (**қара апандардың** гравитациялық өрісінде жұптардың пайда болуы) байланысты қарастырылады. Электрондық-позитрондық жұптардың *виртуалды* фотонға *аннигиляциялануы* бұлардың әрі қарай **нуклон-антинуклон жұбына** немесе өзгедей *адрондарға* айналуының принциптік маңызы бар. Осы үрдіс – *лептондар* мен *адрондар* физикасының өзара тығыз байланыстылығына мысал бола алады.

КВАНТТЫҚ ЭЛЕКТРОНИКА – физиканың еріксіз сәуле шығару құбылысын пайдалану негізінде *электрмагниттік тербелістерді* күшейту және тудыру әдістерін зерттейтін, сонымен бірге кванттық күшейткіштер мен генераторлардың қасиеттерін және олардың қолданылуын қарастыратын саласы. Оптикалық *кванттық генераторлар (лазерлер)* өзге жарық көздеріне қарағанда **монохроматтылығы** жоғары және дәл бағытталған жарық толқындарын таратады (шығарады). Радиотолқындардың кванттық генераторлары (*мазерлер*) жиілігі тұрақты тербелістер тудырады.

Электрмагниттік толқындарды белгілі бір артық **ішкі энергиясы** (қоздырылған) болатын атомдар, молекулалар және басқа кванттық жүйелер таратады. Атомның едәуір жоғары энергиялы \mathcal{E}_2 деңгейінен едәуір төменгі энергиялы \mathcal{E}_1 деңгейге ауысуы, жиілігі ω сәуле квантын шығарумен қабаттас өтеді, осы жиілік: $\omega = (\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1)/\hbar$, мұндағы \hbar – Планк тұрақтысы.

Атомның төменгі энергиялы \mathcal{E}_1 деңгейден жоғарғы энергиялы \mathcal{E}_2 деңгейге ауысуы әлгіндей жиілікті квантты жұту кезінде жүзеге асады. Қоздырылған



1-сызба. а – фотонның өз еркімен шығуы; б – еріксіз шығарылу; в – резонанстық жұтылу; \mathcal{E}_1 және \mathcal{E}_2 – атомның энергия деңгейлері

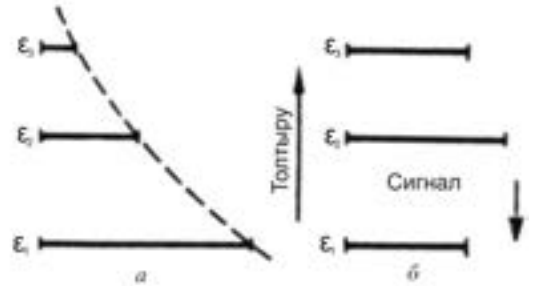
бөлшектер өздерінің энергиясын екі түрлі тәсілмен – өз еркімен (*өздік сәуле шығару*) және сыртқы сәуленің ықпалымен (еріксіз) электрмагниттік кванттар түрінде шығара (тарата) алады (1-сызбаға қараңыз). *Еріксіз сәуле шығару* ықтималдығын 1917 жылы атақты физик Альберт **Эйнштейн** (1879–1955) алдын ала болжаған. Еріксіз сәуле шығару ықтималдығы еріксіз

сәуле шығарудың қарқындылығына пропорционал және өздік сәуле шығару үрдісінің (процесінің) ықтималдығынан артық бола алады. Еріксіз сәуле шығару квантының бірінші реттік кванттан ешқандай айырмашылығы болмайды. Олардың жиіліктері, фазалары, полярлануы және таралу бағыттары бірдей [1927 жылы А.Эйнштейн және ағылшын физигі Поль **Дирак** (1902–1984) болжаған] болады. Кванттық электрониканың негізіне алынатын осы жайттың маңызы зор. Оның себебі бастапқы электрмагниттік толқынның дәл, тек күшейтілген көшірмесі қалыптасатын болды. Еріксіз сәуле шығару актісінің саны артқан сайын толқынның сәуле шығару қарқындылығы да арта түседі, ал жиілігі, фазасы, полярлануы және таралу бағыты өзгеріссіз қалады. Электрмагниттік сәулелер когерентті

түрде күшейеді. Кванттық электрониканың дәстүрлі электроникадан өзгешелігі электрмагниттік өрістер зарядталған бөлшектер ағынындағы күшейтілу үрдісінде түрлендірілместен тікелей күшейтіледі.

Бір бөлшектер үшін \mathcal{E}_2 деңгейден \mathcal{E}_1 деңгейге ауысу (сызбада, b – фотон шығады) және төменгі деңгейден жоғарғы деңгейге еріксіз ауысқанда (сызбада, a – фотон жұтылады) бірдей ықтимал болады. Сондықтан толқынның когерентті күшеюі тек қоздырылған бөлшектердің саны қоздырылмаған бөлшектердің санынан артық болғанда ғана мүмкін болмақ.

Термодинамикалық тепе-теңдік шарттар жағдайында **Больцман үлестірілуі** бойынша энергияның жоғарғы деңгейі төменгі деңгейден аз толымдылықты болады. Заттардың ең болмағанда бөлшектер энергиясының екі деңгейі үшін жоғарғы деңгей төменгі деңгейден артық (күшті) толымдылық күйі – **инверсиялық**



2-сызба. Үш деңгейлер әдісі

толымдылық күйі, ал заттың өзі **активті орта** деп аталған. Кванттық электроникада электрмагниттік толқындарды күшейту үшін әртүрлі активті орта пайдаланылады.

Оң кері байланысты тудыруды қоздыру активті орта орналастырылған көлемдік резонатор жүзеге асырады. Кванттық электрониканың алғашқы аспабы – *молекулалық генератор* 1955 жылы бір мезгілде Кеңес Одағында (Николай **Басов**, Александр **Прохоров**) және АҚШ-та (Джон **Гордон**, Х.**Цайгер**, Чарльз **Таунс**) жасалған, оның активті ортасы аммиак молекуласының (NH_3) шоғы болған. Кванттық генератор аса дәл **сағат** және дәл **навигациялық жүйе** жасауға жол ашты.

Толымдылық инверсиясын тудыруда барлық жағдайда қоздырылған бөлшектерді іріктеп алу (мысалы, қатты денелерде) әрқашан мүмкін болмайды. Сондықтан 1955 ж. Н.Г.**Басов** пен А.М.**Прохоров** толымдылық инверсиясының жаңа әдісі – **үш деңгей әдісін** ұсынды. Бұл әдісте қоздырылған бөлшектер іріктеліп алынбай, бөлшектер еріксіз түрде қоздырылады. Энергетикалық спектрінде үш деңгейлі энергия ($\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3$) болатын бөлшектерге қуатты сәулемен ықпал (толтырумен) етіледі. Осы сәуле жұтыла отырып бөлшектерді төменгі энергиялы \mathcal{E}_1 деңгейден жоғарғы энергиялы \mathcal{E}_3 деңгейге қаныққанға дейін «айдайтын» болады, сонда олардың толымдылығы теңгеріледі. Сол себепті

энергиялық деңгейлер жұптарында ε_1 , ε_2 немесе ε_2 , ε_3 толымдылық инверсия жүзеге асады. Үш деңгей әдісі АҚШ-та **асажоғары жиілікті кванттық күшейткіштер** жасау үшін қолданылды.

1960 жылы американ физигі Теодор **Мейман** (1927 – 2007) алғашқы *лазерді* жасады. Оның **активті ортасы** ретінде **рубиннің монокристалы**, ал толымдылық инверсиясын тудыру үшін **үш деңгей әдісі** қолданылды. Резонатордың шағылыстырушы айналары ретінде мұқият өңделген әрі күміс жалатылған кристалл қабырғалар пайдаланылған. Толтыру көзі ретінде жарқырауық шам пайдаланылған. Рубин мен неодимнің қоспасынан жасалған **әйнекті лазерлер** өте жоғары энергиямен қуат таратады. 1961 жылы *газды лазер* жасалған (американ физиктері Али **Джаван** (1926 – 1992), Уиллард **Беннетт** (1903 – 1987), **Д.Гарриот**; 1961 жылы **Н.Басов**). 1962 жылы Жартылайөткізгішті **инжекциялық лазер** (американ физиктері: **Р.Хол**, **У.Думке**) жүзеге асырылған.

Кванттық электрониканың аспаптары *радиофизика* мен *оптикада* өте жоғары мүмкіндіктер ашты. Кванттық электроника радиофизикада генераторлардың күшейту сезгіштігін және жиілігінің тұрақтылығын кенеттен арттырған болса, оптикада жарық энергиясын уақыт бойынша кеңістікте жіңішке спектрлік аралықта шоғырландыра алатын жарық көздерін жасауға мүмкіндік берді. Осылардың нәтижесінде ғылым мен техниканың жаңа салалары – лазерлік химияны, *сызықтық емес оптиканы*, *голографияны* және **лазерлік технологияларды**, т.б. туғызды.

КВАРКОНИЙ – ауыр кварктен және оның антикваркінен құралған *мезон*. Кварконий – кварк-антикварк жұбынан құралған атомға ұқсас жүйе. Бұл 1974 жылы ашылған. Кварконий қарапайым бөлшектер физикасында күшті өзараәсерлесуді анықтайтын «сынама» ретінде пайдаланылуы мүмкін. Кварконийдің ыдырауы кезінде *глюондар* бөлінеді. Кварконий әлсіз өзараәсерлесуді зерттеуге арналған қолайлы нысан. Кварконий кейде **кварктом** деп те аталады.

КВАРКТЕР – қазіргі кездегі түсінік бойынша бүкіл *адрондар* (бариондар және мезондар) құралған болжалдық материалдық нысандар. Кварктер туралы болжалды 1964 жылы американ физиктері: Мюррей **Гелл-Манн** (1929 ж.т.) және Джордж **Цвейг** (1937 ж.т.) бір-біріне қатыссыз ашқан. «Кварк» деген атау 1939 жылы ағылшын жазушысы Джеймс **Джойстың** (1882 – 1941) «Финнегаға ас беру» деген романынан алынған, «кварк» атауы – мағынасыз сөз. Кварктер туралы болжал *резонанстардың* көптеп ашылуына және оларды жүйеге келтірудің қажеттілігіне байланысты туындаған. Кварктер болжалы адрондарды (яғни *бариондарды*, *мезондарды*, *резонанстарды*) жүйелеу мен оның динамикасын

түсіндіру үшін қажет болғанымен, **олар бос күйінде әзірше табыла қойған жоқ** (жоғары энергиялы үдеткіштермен ізделгенімен, олар ғарыштық сәулелерден де және қоршаған ортадан да кездестірілген жоқ).

Қарапайым бөлшектер үдеткіштерімен жүзеге асырылған ғылыми тәжірибелер күшті өзараәсерлесуші бөлшектер – адрондардың белгілі бір құрылымы болатынын аңғартқан, яғни олар **құрама нысандар** болып табылады. Кварктер (және олардың антибөлшектері – **антикварктер**) туралы түсінік алғашында – шектеулі құраушылардың жиынтығының әртүрлі байланысқан күйлері ретінде байқалған бүкіл мезондарды, бариондарды және резонанстарды сипаттауға мүмкіндік жасайтын адрондардың құрама модельдерінің шеңберінде пайда болған. **Бариондарды үш кварктің байланысқан күйі ретінде сипаттау**, кварктер спиндерінің $1/2$ (бүтіннің жартысындай) болуын қажет еткен.

Кварктердің әртүрлі бес тобы бар деп болжалданған. Олар: ***d*-кварк** (down – төменгі), ***u*-кварк** (up – жоғары), ***s*-кварк** [stronge – ғажап (ғажаптылығы $s = -1$)], ***c*-кварк** (charm – таңырқарлық), ***b*-кварк** (beauty – сұлулық), ***t*-кварк** (top, truth – жоғарғы).

Алтыншы ***t*-кварк** болжалданған. Кварктерді **х о ш и і с п е н (а р о м а т п е н)** сипаттау қабылданған. Оған ғажаптық, таңырқарлық, сұлулық, әдемілік жағдайы, бұлардың барлығының ерекше заряды бар, олар өзараәсерлесулердің көздері болып табылмайды. Хошиісті кварктер құрамына берілген кварк енетін бөлшектерге ауысады.

Кварктік болжал бойынша, **бариондар үш кварктен** (антибариондар – үш антикварктен) құралған, **мезондар – кварктерден және антикварктерден** құралған. Алғашқы кездегі белгілі болған бүкіл адрондарды **үш типті кварктерден** құруға болатын: ***u*, *d*** және ***s***; олардың спиндері $1/2$, бариондық заряды $1/3$ және электр зарядтары сәйкес түрде $2/3$, $-1/3$ және $-1/3$ (қарапайым заряд – ***e*-ге тең**). Ғажап бөлшектің құрамына ***s*-кварк** (ғажаптылықты тасушы) енген. Кейіннен кварктер туыстығын кеңейту қажеттілігі туған. «Таңданарлық» ***c*-кваркі** және «сұлу» ***t*-кваркі** енгізілген және адрондардың жаңа «туыстары» алдын ала болжанған, олардың бірқатары («ғажап» мезондар, «ғажап» бөлшектер, ипсилон-бөлшектер) ашылған. Өзге де кварк типтерінің, дербес жағдайда ***t*-кварктердің** болуы мүмкін.

Бірқатар бариондар (мысалы, Δ^{++} , Ω) бірдей үш кварктен құралған, олардың күйлері бірдей болған, Паули принципі бойынша бұл жайтқа тыйым салынған. Сондықтан кварктің әрбір типіне («хошиіске») қосымша ішкі сипаттама – «түс»

деген үш мән қабылдай алатын кванттық сандар меншіктелген. Барииондарға үш кварктің комбинациясынан құралған «түссіз» кванттық сандар сәйкес келеді.

КВАРЦТІК ГЕНЕРАТОР – құрамына кварцтік *резонатор* енген, тербелмелі жүйелі электрмагниттік тербелістердің автогенераторы. Жоғары тұрақты жиілікті тербеліс шығаруға арналған. Электрлік сұлбасының құрылыстық принципі әдеттегі **электрмагниттік тербелістер генераторындағыдай**. Тербелістік жүйенің параметрлері энергияның көпшілік бөлігі кварцтік резонаторда шоғырланатындай болып таңдалады. Кварцтік резонатор **кварц кристалынан** пластина, сақина немесе сом жолақ пішінді болып жасалған. Осындай *пьезоэлектрлік* резонаторда энергия шығыны өте аз, сапалылығы жоғары $\sim 10^4 \div 10^5$, оған қоса өлшемі кіші болады. Кварцтік генератор тұрақты температурада *вакуумде* орналастырылады. Мұның қуаты әдетте бірнеше Вт-тан аспайды.

КВАРЦТІК САҒАТ – уақытты дәл өлшеуге арналған, жүрісі *кварцтік генератордың* тербелістерімен анықталатын аспап. Уақыт өлшеудің дәлдігі кварцтік резонатордың тербеліс жиілігінің тұрақтылығына тәуелді.

КЕДЕРГІ, э л е к т р л і к – 1) өткізгіштің немесе электр тізбегінің электр тогына қарсы әсерін сипаттайтын *шама*. Тұрақты кернеу (ток) кезінде электр тізбегі учаскесінің (бір бөлігінің) электрлік кедергісі (R) – осы учаскеде *электрқозғаушы күш* болмайтын кезде тізбектің ұштарындағы кернеудің (U) ток күшіне (I) қатынасына тең **скаляр** шама. Осы жағдайда электрлік кедергі **омдық** немесе **активті кедергі** деп аталады. Электрлік кедергі өткізгіштің материалына, оның өлшемдеріне және пішініне тәуелді. Өткізгіштің көлденең қимасы (S) және ұзындығы (ℓ) тұрақты болған кездегі құрамы біртекті өткізгіш үшін электрлік кедергі: $R = \rho \ell / S$, мұндағы ρ – өткізгіштің материалын сипаттайтын меншікті электрлік кедергі. Көп жағдайда (әсіресе электрлік кедергінің физикалық табиғатын қарастыру кезінде) ρ -дің орнына меншікті электрлік өткізгіштік (σ) енгізіледі: $\sigma = 1/\rho$.

Металдардың электрлік кедергісі кристалдық торлардың жылулық тербелістеріндегі *өткізгіштік электрондардың* шашыратылуына және құрылымдық біртексіздіктеріне (қоспа атомдардың, торлардың *ақауларына*) байланысты. Сондықтан әдетте электрлік кедергі (R) температураға (T) және тек $T \rightarrow 0$ шамасына (нөлге ұмтылатын жағдайға) тәуелді, осы жағдайда жылулық тербелістер электрлік кедергіге ықпал етпейді, электрлік кедергі толықтай кристалдық құрылыммен анықталады әрі температураға (T) тәуелді болмайды. Өте төменгі температурада электрлік кедергі кейбір металдар мен қорытпаларда күрт төмендейді (*асқынөткізгіштік* құбылысы болады). Электрлік кедергі

жылулық энергияға ауысар кезінде электр энергиясын шашыратуға әкеп соқтырады (*Джоуль – Ленц заңы*).

Айнымалы ток тізбегінде шекті өлшемді кез келген өткізгіш активті электрлік кедергіге қоса *индуктивтілік* және сыйымдылықтық кедергіге ие, кернеу (U) мен ток күшінің (I) әсер ететін шамаларының U/I қатынасы электрлік кедергі R -мен дәл тең болмайды. Айнымалы электр өрісінде жиілік (ν) артқанда металдардың электрлік кедергісі де өсетін болады. Бұл жайт өткізгіштің көлденең қимасындағы ток тығыздығының бірқалыпты болмауынан туады; жиілік (ν) қаншалықты үлкен болса, ток өткізгіштің бетінде соншалықты көп шоғырланатын болады (*скин-эффектісі*). Электрлік кедергі **омметрмен** өлшенеді. Электрлік кедергінің *Халықаралық бірліктер жүйесіндегі* (СИ) *бірлігі* Ом. 1 Ом = $1,11 \cdot 10^{-12}$ СГСЭ бірлігі = 10^9 СГСМ бірлігі. 2) Электрлік кедергі ток күшін шектеу немесе реттеу үшін электр тізбегіне қосылатын электр тізбегінің құрылымдық бөлшегі.

Активті электрлік кедергі – ток өтіп тұрған денелерден жылу бөлуге әкеп соқтыратын электрлік кедергі.

Акустикалық кедергі – дыбыстық қысымның дыбыстық толқынның өтуі кезінде тепе-теңдік қалыптың манайында тербелетін орта бөлшектерінің қозғалыс жылдамдығына қатынасы.

Аэродинамикалық кедергі – газда қозғалатын денеге осы газ тарапынан әсер ететін күш.

Гидродинамикалық кедергі – 1) дене қозғалысына оны орап ағатын сұйық тарапынан жасалатын кедергі; 2) сұйықтың қозғалысына құбыр немесе арналар қабырғаларының ықпалын тудыратын кедергі.

Индуктивтік кедергі – 1) қанаттан сырғитын құйындар себепші болатын аэродинамикалық кедергінің бір бөлігі; 2) индуктивтілігі болатын тізбектің реактивті электрлік кедергі.

Магниттік кедергі – магниттік тізбектегі магниттік қозғаушы күштің осы тізбектің көлденең қимасы арқылы өтетін магниттік ағынға қатынасы.

Меншікті электрлік кедергі – заттың электрлік қасиеттерінің берілген заттан жасалған цилиндрлік өткізгіштің көлденең қимасының ауданының осы өткізгіштің кедергісінің ұзындығына қатынасының көбейтіндісіне тең сипаттамасы.

Орталық кедергісі – ортада қозғалатын денеге осы орта тарапынан тежеулік көрсету қасиеті.

Реактивті электрлік кедергі – денелерде айнымалы электр тогының болуы жылу бөліп шығаруға әкеп соқтырмайтын электрлік кедергі.

Сыйымдылықтық кедергі – электрлік сыйымдылығы болатын тізбектің реактивті электрлік кедергісі.

Термиялық кедергі – жазық қабаттан өтетін жылулық ағынның қабат ауданы мен оның беттері температураларының айырымына қатынасы.

Теріс электрлік кедергі – электр тізбектері арқылы өтетін электр тогы күшінің артқан кезіндегі тізбекке түсетін кернеудің кемуін өрнектейтін электр тізбегінің кейбір бөліктерінің қасиеті.

Толқындық кедергі – 1) газдың асқындыбыстық жылдамдығы кезіндегі аэродинамикалық кедергі; 2) гидродинамикалық кедергінің сұйықтың бетінде онда қозғалатын дене тудыратын толқындардың пайда болуына байланысты құраушысы; 3) электр ток күшінің толқындар таралатын желісіндегі кернеуге қатынасы.

Электрлік кедергі – өткізгіштің электрлік қасиеттерінің өткізгіштің ұштары аралығындағы тұрақты кернеудің осы өткізгіштен өтетін электр тогының күшіне қатынасымен анықталатын сипаттамасы.

КЕЛЬВИН (К) – термодинамикалық температураның судың *үштік нүктесінің* термодинамикалық температурасының $1/273,16$ үлесіне тең, Халықаралық бірліктер жүйесінің (СИ-дің) бірлігі. Ағылшын физигі Уильям **Томсонның** (Кельвин) (1824–1907) құрметіне аталған. 1968 жылға дейін «Кельвин градусы» деп аталып, «°К» болып белгіленіп келген болатын, қазір «Кельвин» деп аталып «К» белгісімен белгіленетін болған. Халықаралық қолданбалық температуралық меже (шкала) бірлігі ретінде қолданылады. $1 \text{ К} = 1^\circ\text{С}$.

КЕЛЬВИН МЕЖЕСІ, Кельвин шкаласы – термодинамикалық температуралық меженің жиірек қолданылатын атауы. 1848 жылы *термодинамиканың екінші бастамасы* негізінде температуралық меже жасау принципін ұсынғаны үшін ағылшын физигі Уильям **Томсонның** (К е л ь в и н) құрметіне аталған.

КЕМПІРҚОСАҚ – атмосферада түрлі түсті бір немесе бірнеше доға түрінде аспан күмбезінде жаңбыр пердесінің бүркеуінде, Күнге қарама-қарсы тұста пайда болатын оптикалық құбылыс. Ол көбінесе аспан күмбезінің бір жағында жаңбыр жауып, ал қарама-қарсы жағы ашық болып, Күн көзі жарқырап тұрған кезде байқалады. Кемпірқосақ тікелей түскен күн сәулесінің жаңбыр тамшыларынан және тамшы бетінен шағылған толқын ұзындығы әр түрлі сәулелердің *дифракциясы* мен *интерференциясының* нәтижесінде пайда болады. Оның айқындығы мен жарықтылығы жаңбыр тамшыларының өлшемдеріне байланысты өзгереді. Тамшының өлшемі неғұрлым ірі болса, кемпірқосақ та солғұрлым айқын жарқырап көрінеді. Кейде негізгі кемпірқосақпен қабаттасқан екінші кемпірқосақ байқалады. Бұлар **қосарланған** кемпірқосақ делінеді. Кемпірқосақ күн сәулесі тамшыға белгілі

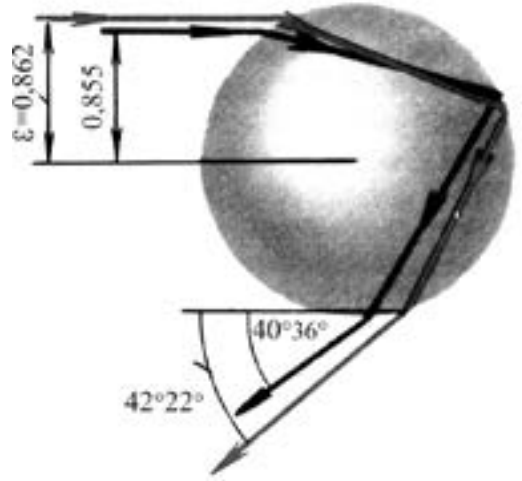
бір бұрыш жасай түскенде, тамшының ішінде екі рет шағылысуы нәтижесінде пайда болады. Ай сәулесінің әсерінен байқалатыны Ай кемпірқосағы деп аталады. Кемпірқосақты күн ашық кезде субұрқақтарынан да байқауға болады. Ол үшін субұрқақтарына Күн жақтан (яғни жотаңызды күн сәулесі түсіп тұрған жаққа қаратып) қарау жеткілікті.

Күн көкжиектен 42° бұрыштық биіктікте тұрған кезде ғана кемпірқосақ байқалады. Күн көкжиекке таяу келген кезде кемпірқосақ доғасы жоғары көтеріледі, олай болса кемпірқосақтың байқалатын жарты доғасы ұзаратын болады. Кемпірқосақтың негізгі доғаның үстіндегі қосымша доғаның түстері бұлыңғырлау болады. Қосымша доғаларының түстері негізгі доғаның

түстеріне керісінше күлгін түстен (сыртқы жағында) басталып, қызыл түспен (ішкі жағында) аяқталады. Негізгі доғаның қызыл түсті шеті мен қосымша доғаның аралығында күңгірт жолақ болады. Ол жолақ **Александр жолағы** деп аталған – қосарланған доғаның осы ерекшелігін біздің заманымыздың II ғасырында ғұмыр кешкен грек философы **Александр** алғаш рет байқаған. Соның құрметіне аталған.

Жазғы найзағайлы жаңбырдан соң көрінетін кемпірқосақ өте айқын, түстері қанық болып көрінеді. Сіркіреген жаңбыр кезінде кемпірқосақтың түстері оңған боз түсті болып көрінеді. Қосымша кемпірқосақтың байқалуы үшін γ бұрышының 53° аспауы керек. Жердегі бақылаушы Күн көкжиектен 42° бұрыштан биік көтерілгенде негізгі кемпірқосақ, ал Күн көкжиектен 53° бұрыштан биіктегенде қосымша кемпірқосақ байқалмайды. Егер бақылаушы Жер бетінен жоғарыда болса, яғни ұшақта отырғанда немесе биік шыңда тұрса ол **кемпірқосақты шеңбер түрінде** байқайтын болады.

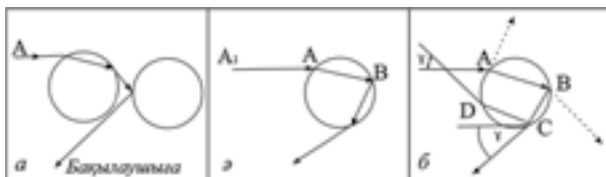
Кемпірқосақтың толық сырын алғаш ашқан ағылшын физигі, астрономы әрі математигі Исаак **Ньютон** (1643–1727) болды. Оның «**Оптика туралы лекция**» деген ғылыми жұмысы ғалым дүние салған соң 1729 жылы жарияланған. И. **Ньютон** осы ғылыми жұмысында кемпірқосақтың пайда болуын түсіндірген.



Сызбада қызыл (үстіңгі) және күлгін (астыңғы) сәулелердің жаңбыр тамшысынан сыртқа шығу траекториялары бейнеленген. Осы сәулелер тамшыға енген тұста сынып, сонан соң тамшының ішінде шағылып, ең соңында тамшыдан сыртқа шығар тұста екінші рет сынуға ұшырайды

Жаңбыр тамшыларының, әрине, ауада қалықтап бір орында тұрмайтыны белгілі, олар айтарлықтай жылдамдықпен төмен қарай еркін үдеумен түсетін болады. Сондықтан тамшылар кемпірқосақтың пайда болуына бақылаушыдан кемпірқосаққа қарай бағытталған

γ бұрыш 42°-тан аспайтын аралықтағы қысқа мерзімде ғана қатысады. Осылайша тамшылар бірінен кейін екіншісі келіп, үздіксіз алмасып тұратын болады. Тамшылардың тез ауысуы себепті бақылаушы олардың көз ілеспейтін ауысуын байқай алмайды, сол себепті бақылаушы



кемпірқосақтың тапжылмайтын бейнесін көретін болады. Дәл осы жайтқа ұқсас жайтты к и н о э к р а н ы н а н да, теледидар экранынан да көріп жүргеніміз белгілі. Бұларда 1 секундта 24 кадр ауысатыны белгілі. Осы тұрғыдан қарағанда кемпірқосақты «аспанның киносы» деуге болады.

КЕМТІК – қатты дененің энергетикалық зонасындағы электрондар орналаспаған кванттық күй. Егер кемтікке e -ге тең (электронға тең) оң заряд және жоқ электронның кері таңбалы энергиясы қосылып жазылса, сыртқы электр өрісінің әсерінен толықтай дерлік толтырылған энергетикалық зонадағы электрондардың қозғалысы зонаның жоғарғы шетінде пайда болатын кемтіктің қозғалысына эквивалентті болады. Кемтік – кристалл жүйесінің динамикалық қасиеттерін электрондық өткізгіштермен қатар анықтайтын *квазибөлшектер*. Кемтіктің әдетте эффектiлiк массасы электрондық өткізгіштіктен үлкен, ал орын ауыстырушылығы кем.

Жартылайөткізгіштерде кемтік валенттік зонаның жоғарғы шетінің айналасында пайда болады. Өткізгіштік зона ішінара толтырылған металдарда және жартылайметалдарда кемтік ұғымы кейде *Ферми деңгейінің* электрондар орналаспаған төменгі күйі ретінде енгізіледі.

КЕМТІКТІК ӨТКІЗГІШТІК, р-типті өткізгіштік – негізгі заряд тасушылары кемтіктер болып табылатын жартылайөткізгіштердің өткізгіштігі. Сан жүзінде меншікті өткізгіштікпен ($\sigma_p = e\mu_p p$, мұндағы e – заряд, μ_p – жылжымалылық, p – еркін электрондардың шоғырлары) анықталады. *Акцепторлардың* шоғырлары *донорлардың* шоғырларынан артық болатын кезде жартылайөткізгіштерде пайда болады.

КЕНОТРОН [грекше «кенос – бос» + «элек(трон)»] – негізінен өндірістік жиілікті айнымалы тоқты түзетуге арналған екі электродты электрондық шам; электрвакуумды диодтың бір түрі. Мұны 1905 жылы ағылшын физигі Джон **Флеминг** (1849–1945) ойлап тапқан.

КЕҢІСТІК – физиканың нысандардың ұзындықтары мен өзара орналасу қасиеттері сипатталатын негізгі ұғымы. Философиялық тұрғыдан алғанда кеңістік – материяның «өмір сүруінің» екі формасының бірі, екіншісі – у а қ ы т. Әрбір құбылыс кеңістікте уақыттан тыс немесе белгілі бір уақытта кеңістіктен тыс бола алмайды.

Заттар кеңістігі – оптикалық жүйелер арқылы пайда болатын заттар кескіні нүктелерінің жиынтығы.

Изотоптық кеңістік – изотоптық спиннің мүмкін болатын мәндерінің жиынтығы.

Импульстік кеңістік – фазалық кеңістіктің кіші кеңістігі болып табылатын жалпыланған импульстердің көпөлшемді кеңістігі.

Катодтық күңгірт кеңістік – төменгі қысымды газда солғын разряд кезінде катодтың маңайында пайда болатын күңгірт кеңістік.

Көпөлшемді кеңістік – фазалық жүйе күйін анықтайтын айнымалы шамалардың мәндері қамтылған аймақтың геометриялық бейнесі; әрбір нүктесіне кез келген күй сәйкес болатын айнымалылардың мәндері көпөлшемді кеңістіктің координаттарының нүктелері болып табылатын кеңістік.

Фазалар кеңістігі – механикалық жүйенің жалпыланған координаттары мен жалпыланған импульстерінің көпөлшемді кеңістігі.

Фарадейлік кеңістік – төменгі қысымды газда солғын разряд кезіндегі жарқылдан соң пайда болатын күңгірт кеңістік.

КЕҢІСТІК-УАҚЫТ – салыстырмалық теорияда кеңістік пен уақыттың бір мәнге біріктірілуі. Философиялық тұрғыдан алғанда бұл материяның «өмір сүруінің» жалпылама формасы; к е ң і с т і к – материялық нысандардың және үрдістердің [құрылымдығын және материялық жүйелердің созылымдылықтарын (ұзындықтарын) сипаттайды]; у а қ ы т – құбылыстардың ауысымдылық тізбегінің және материя күйлерінің (олардың болмыс ұзақтығын сипаттайды). Формасы материядан тәуелсіз, оның қозғалысынан тыс жеке-дара кеңістік те, уақыт та жоқ. Уақыттың әмбебеп қасиеті – ұзақтығы, қайталанбаушылығы, қайтымсыздығы; кеңістіктің жалпылама қасиеті – созылымдылығы (ұзындығы), үздіксіздігі мен үздіктілігінің бірлігі.

КЕРМА (ағылшынның «kinetic energy released in matter – заттардағы босатылған кинетикалық энергия» деген сөздің алғашқы әріптері бойынша қысқартылған атау) – нейтрондардың, рентгендік және γ -кванттардың заттармен өзараәсерлесуі нәтижесінде пайда болатын зарядты бөлшектердің зат массасы бірлігіндегі барлық бастапқы кинетикалық энергияларының қосындысы. Керма *Халықаралық бірліктер жүйесінде* (СИ-де) грэймен (Гр) немесе радпен (рад) өлшенеді. Керма – зарядталған бөлшектің сәулеленетін көлемінің белгілі бір нүктесіне берілетін энергиясының өлшеуіші. Себебі бөлшектер энергиясын еркін жол бойында шығындайтын болғандықтан, затқа жұтылған дозаның кеңістіктік үлестірілуі, керманың затта үлестірілуі, еркін жол ұзындығы қаншалықты үлкен болса, соншалықты артық болады. Керманың уақыт бірлігіндегі өсімшесі **керманың қуаты** деп аталған.

КЕРНЕУ, э л е к т р л і к, электр тізбегінің екі нүктесінің немесе электр өрістерінің арасындағы кернеу – *электр өрісінің бірлік оң зарядын* бір нүктеден екінші нүктеге орын ауыстырылуы кезінде істелетін жұмысына тең. **Бұл жұмыс** потенциалдық электр өрісінде (электрстатистикалық өрісте) **электр заряды қозғалатын жолға тәуелді емес**. Осы жағдайда екі нүкте арасындағы кернеу әлгі нүктелер арасындағы потенциалдар айырымымен сәйкес болады.

Егер өріс потенциалдық емес болса, онда кернеу зарядтың нүктелер арасындағы **орын ауыстыратын жолына тәуелді болады**. Потенциалдық емес күштер **бөгде күштер** деп аталған, бұл күштер *тұрақты ток* көздерінің ішінде әсер етеді. Ток көзі қысқыштарының кернеуі, бірлік оң зарядтың ток көзінен тысқары жолмен орын ауыстыруы кезінде істелген жұмыспен өлшенеді; осы жағдайда кернеу ток көзі қысқыштарының *потенциалдар айырымына* тең және *Ом заңы* бойынша анықталады. $U = \mathcal{E} - IR_i = IR$, мұндағы I – ток күші, R_i – ток көзінің ішкі кедергісі; R – сыртқы тізбектің кедергісі, ал \mathcal{E} – ток көзінің электрқозғаушысы күші (ЭҚК). Электр тізбегі ажыратылған ($I = 0$) кезде кернеу ток көзінің электр қозғаушы күшіне тең болады. Сондықтан тізбектің ажыратылған кезіндегі ток көзінің электр қозғаушы күші оның қысқыштарының кернеуі ретінде анықталады.

Айнымалы ток жағдайында кернеу әдетте әсер етуші (эффектілік) – бір периодтағы орташа квадраттық мәнімен анықталады. Айнымалы ток көзінің немесе индуктивтік катушканың қысқыштарындағы кернеу – электр өрісінің бірлік оң зарядын ток көзінен немесе *катушкадан* тысқары жолмен жылжытқанда істелетін жұмысымен анықталады. Құйынды (потенциалдық емес) электр өрісі іс жүзінде осы жол бойында кездеспейтіндіктен, кернеу потенциалдар айыры-

мына тең. Кернеу *вольтметрмен* өлшенеді. Кернеудің *Халықаралық бірліктер жүйесіндегі* (СИ) бірлігі *вольт* (В). $1 \text{ В} = 1 \text{ Дж}/1 \text{ Кл}$.

Анодтық кернеу – электрондық шамның аноды мен катоды аралығына түсірілген электр кернеуі.

Жағу кернеуі – дербес емес газ разрядының дербес разрядка ауысатын кезіндегі электр кернеуі.

Тесу кернеуі – диэлектриктің қабаты арқылы өткен электр разряды кезінде туатын электр кернеуі.

Торлы кернеу – электрондық шамның торы мен катодының арасына түсірілген электр кернеуі.

Шамның жабылу кернеуі – анодтық токтың толықтай тоқталатын кезіндегі тор кернеуі.

Электр кернеуі (электр өрісінің немесе электр тізбегінің екі нүктесінің арасындағы) – электр зарядының бір нүктеден екінші нүктеге, зарядты орын ауыстырғыш шамаға қарай, орын ауыстырту кезінде электр зарядына жұмыс істететін электр және сыртқы бөгде күштер жұмыстарының қатынасы.

КЕРНЕУ, м е х а н и к а л ы қ – сыртқы ықпалдардың (жүктемелердің, температура өзгерісінің, т.б.) әсерінен, денеде (машиналарда және құрылыстық бөлшектерде) пайда болатын ішкі күштердің өлшеуіші. Дененің кез келген нүктесіндегі механикалық кернеуді зерттеу үшін, ойша осы денеде қима жасалады да оның бір бөлігінде зерттеу жүргізіліп, екінші бөлігі қажетсіз болғандықтан ол ескерусіз қалдырылады. Егер қимадағы кіші бөліктің dS ауданына A нүктенің айналасында dF ішкі күші әсер ететін болса, онда dF/dS қатынасы **механикалық кернеудің векторы** деп аталады. Қимаға перпендикуляр кернеу (σ) және қимаға жанама кернеу (τ) сәйкесінше **н о р м а л** және **ж а н а м а** кернеу деп аталған. Дененің A нүктесіндегі кернеулік күй механикалық кернеулердің бүкіл жинақтарымен сипатталады. Механикалық кернеудің *Халықаралық бірліктер жүйесінде* бірлігі – паскаль (Па). $1 \text{ Па} = 1 \text{ м}^2$ ауданға 1 ньютон (Н) күш түсіретін қысымға тең.

Жанама кернеу – дене бетіне жанама күштердің ықпалымен пайда болатын механикалық кернеу.

Механикалық кернеу – дененің ішінде немесе бетінде таңдап алынған күш шамасының аудан шамасына қатынасымен анықталатын, деформацияланған денеде пайда болатын ішкі күштердің өлшемі.

Нормал кернеу – дене бетіне нормал күштердің ықпалынан пайда болатын механикалық кернеу.

Жанаспалық кернеулер – деформацияланушы денелер жанасатын аудандарында пайда болатын механикалық кернеулер.

Температуралық кернеулер – денені қоршаған бөліктер немесе өзге заттар тарапынан дененің әрбір бөлігіндегі температуралар айырмашылығының салдарынан пайда болатын және жылулық ұлғаю мүмкіндіктерін шектейтін механикалық кернеулер.

КЕРНЕУЛЕР РЕЗОНАНСЫ (латынша «резано – үн қосамын»), **тізбекті резонанс** – тізбектеліп жалғанған *индуктивтік катушкадан және конденсатордан* құралған электр тізбегіндегі резонанс. Осындай тізбектегі резонанстық жиіліктегі **реактивті кедергі** нөлге тең, осы тізбектегі ток *фаза* бойынша ықпал етуші кернеумен үйлесетін болады. Кернеулер резонансы кезінде сыйымдылықтың және индуктивтік бөліктердегі кернеулер электрқозғаушы күші электр көзінің ЭҚК-нен артық бола алады. Кернеулер резонансы мысалы, импульстік тізбектерде кернеуді арттыру үшін пайдаланылады.

КЕРНЕУЛІК – физикалық кейбір өрістің негізгі немесе қосалқы сипаттамасы.

Гравитациялық өрістің кернеулігі – гравитациялық өрістің берілген нүктесіне орналастырылған *материалдық нүктеге* әсер етуші күштердің осы нүктенің массасына қатынасымен анықталатын сипаттамасы.

Магнит өрісінің кернеулігі – магнит өрісінің тұйық контур бойынша айналысы (циркуляциясы) контурды тесіп өтетін тек өткізгіштік токтың алгебралық қосындысымен анықталатын қосалқы сипаттамасы.

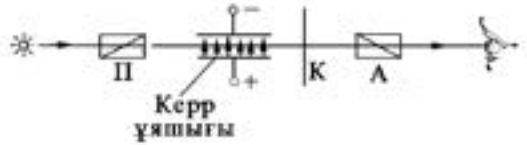
Электр өрісінің кернеулігі – электр өрісінің берілген нүктесіне орналастырылған қозғалмайтын электр зарядына әсер ететін күштің осы заряд шамасына қатынасымен анықталатын сипаттамасы.

КЕРР ТҰРАҚТЫСЫ – электр өрісі кернеулігінің квадратымен электр өрісі индукциялаған изотропты орталықтық симметриялы ортаның салыстырмалы шамасын байланыстыратын пропорционалдық константы. Керр тұрақтысы ортаның электрлік қасиеттерін сипаттайды.

КЕРР ҰЯШЫҒЫ – оптикалық жапқыш немесе жарық модуляторы ретінде қолданылатын *Керр эффектiсiне* негізделген электрооптикалық құрылғы; жарық ағынының қарқындылығын басқаруға арналған тез әрекетті (іске қосылу шапшаңдығы – 10^{-9} – 10^{-13} секунд) құрылғы. Бұл ұяшық жарық өткізетін зат толтырылған, мысалы, екі электрод матырылған мөлдір сұйық құйылып жазық конденсатор түзетін, мөлдір терезелері болатын ыдыс түрінде жасалған. Кейбір жағдайларда Керр ұяшығында және әйнектәрізді орталар пайдаланылады. Электродтар аралығынан сызықтық полярланған жарық сәулесі өтеді, электр өрісі

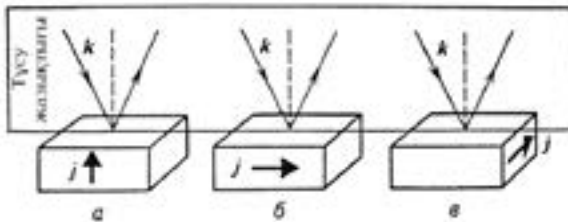
әсер етпейтін жағдайда сәулені талдауыш (анализатор) А бөгеп қалады (талдауыш пен поляризатор айқасқан қалыпта болады). Полярланған жарық тербелістерімен 45° бұрыш жасайтын электр өрісі іске қосылған кезде сұйықта сәуленің қосарланып сынуы пайда болады, жарық толқындары эллипстік полярлануға ұшырайды және де талдауыш (анализатор) жарықты ішінара өткізетін болады. Бұл ұяшық оптикалық кванттық генераторларды басқару сұлбаларында, ғылыми жұмыстарда, шапшаң фото- және кинотүсіруде, оптикалық локацияларда, геодезиялық қашықтық өлшеу құрылғыларында қолданылады.

КЕРР ЭФФЕКТІСІ – оптикалық изотропиялық заттарда (сұйықтарда, әйнектерде, симметриялық орталығы болатын кристалдарда) біртекті электр өрісінің әсерінен сәуленің қосарланып сынуы байқалатын квадраттық электрооптикалық құбылыс (эффект). Бұл эффектіні 1875 жылы шотланд физигі Джон Керр (1824 – 1907) ашқан. Электр өрісіне орналастырылған изотропты зат бір өсті кристалл қасиетіне ие болып анизотропты затқа айналатын болған, оның осі өріс бойымен бағытталған.



1-сызба. Керр эффектісін байқауға арналған қондырғының сұлбасы

Керр құбылысын байқаудың мүмкін сұлбасы 1-сызбада көрсетілген. Айқасқан поляризатор (П) мен талдауыштың (анализатордың) (А) аралығында Керр ұяшығы (мөлдір изотропты затпен толтырылған жазық конденсатор) орнатылған. Электр өрісі жоқ кезде жарық (П) призмада сызықтық полярланған жарыққа түрлендіріледі де А призмада толық сөнетін болғандықтан бақылаушыға жетпейтін болады. Электр өрісі ықпал еткен кезде заттағы сызықтық полярланған жарық толқыны: өріс бойымен полярланған (әдеттегідей емес өріске) және өріске перпендикуляр (әдеттегі өріске) бағыты екіге ажыратылады. Осы толқындардың заттардағы таралу жылдамдықтары әртүрлі болады, осының салдарынан ортадан тысқары шығатын жарық эллипстік полярланады және ішінара талдауыш (А) арқылы өтеді. Талдауыштың алдына



2-сызба. Магнитооптикалық Керр эффектісі: а – полярлық, б – меридиандық, в – экваторлық, j – магниттелушілік вектор, k – толқындық вектор.

компенсатор (К) орналастырып, Керр ұяшығынан өткен жарықты зерттеуге болады. Сәуленің қосарланып сыну шамасы Δn электр өрісі кернеулігінің (E) квадратына пропорционал: $\Delta n = nkE^2$, мұндағы n – заттың өріс жоқ кездегі сыну көрсеткіші, k – Керр

тұрақтысы. Кейде $B = nk/\lambda$ (λ – жарық толқынының ұзындығы) шамасы да **Керр тұрақтысы** деп аталады. Керр тұрақтысы **оң** және **теріс** шама бола алады. Оның шамасы заттардың агрегаттық күйлеріне (газдар үшін $k \sim 10^{-15}$ СГСЕ бірлігі, сұйықтар үшін $k \sim 10^{-12}$ СГСЕ бірлігі), температураға (температура артқанда Керр тұрақтысы азаяды), сонымен қатар заттардың молекулаларының құрамына тәуелді болады.

Магнитоптикалық Керр эффектісі жазық полярланған жарық магниттелген ферромагнетиктен шағылысып эллипстік полярланған болады, эллипстің полярланған ұзын осі түскен жарықтың полярлану жазықтығына қатысты бір шама бұрышқа бұрылады. Осы магнитоптикалық құбылыс *Фарадей эффектісіне* ұқсас табиғатты болады және кванттық теориямен түсіндіріледі.

Жарық шоғының түсу жазықтығы бойынша Керр эффектісі: полярлық, меридиандық және экваторлық деген үш түрге ажыратылған. Аталған бағыттар 2-сызбада бейнеленген. Магнитоптикалық Керр эффектісі ферромагнетик металдардың және қорытпалардың **электрондық** құрылымдарын, **домендік** құрылымдарын зерттеу үшін қолданылады.

Керр эффектісін 1910 жылы француз физигі Поль **Ланжеван** (1872 – 1946), одан кейін 1918 жылы неміс физигі Макс **Борн** (1882 – 1970) түсіндірген. Бағытталған Керр эффектісі – электр өрісін дипольдік моменті болатын заттар молекулаларының өрісі бойынша бағыттайды және полярландыру Керр эффектісі меншікті моменті болмайтын молекулаларда (немесе атомдарда) дипольдік момент индукциялайды. Осының нәтижесінде сыну көрсеткіштері (жалғастырушы бойынша және көлденеңінен полярланған жарықтың заттардағы таралу жылдамдығы) әртүрлі болады да сәуленің қосарланып сынуы пайда болады.

КЕРІЛУ, **беттік** – беттік керілуді тудыруға шығындалған жұмыспен сипатталатын екі ортаның бөліну (ажырау) беттерінің қасиеті.

КЕСКІН – нәрселердің көрінетін (кейде көрінбейтін) оптикалық және басқа физикалық құбылыстарға байланысты пайда болатын бейнесі (пішіні).

Дифракциялық кескін – электрмагниттік сәулелер немесе бөлшектер шоқтарының дифракциялары арқылы кристалдық торларды немесе өзгедей кеңістіктік периодты құрылымдарды кескіндеу.

Жорымал кескін – нысаннан (объектіден) келетін сәулелердің жалғасына қарама-қарсы бағытталған сәулелердің қиылысуынан пайда болатын оптикалық кескін. Жорымал кескінді экранға немесе фотопленкаға түсіру мүмкін емес. Бірақ та жорымал кескін өзгедей оптикалық жүйеге қатысты (мысалы, көзге

немесе жинақтауыш линзаға) нысан (объект) ретінде пайдаланылады, осының нәтижесінде жорымал кескін нақты шын кескінге айналады.

Оптикалық кескін – оптикалық жүйенің нысан (объект) тарататын (шығаратын) және нысанның контуры мен бөліктерін қайта жаңғыртатын сәулеге әсер етуі нәтижесінде пайда болатын сурет.

Стереоскоптық кескін – заттың сыртқы көрінісі көлемді болып көрінетін оптикалық кескін.

Стигматикалық кескін – оптикалық жүйемен нысанның (объектінің) әрбір нүктесі кескінделетін, нысанның бір нүктесіне сәйкес болып кескінделетін оптикалық кескін.

Шын кескін – нысаннан (объекіден) таралып келетін сәулелердің қиылысуынан пайда болатын оптикалық кескін.

КЕСКІН ИМПУЛЬСІ (латынша «импульс – соққы, түрткі») – жеке-дара импульстік сигнал (шартты белгі, таңба).

К-ҚАРМАУ – *бета-ыдырау* кезіндегі атом ядросының өзіне жақын орналасқан К-электрондық қабықшадан *электронды* қосып алуы. Қозған атомның ядросының өзінің төңірегінде жақын орналасқан «К» әрпімен белгіленген орбита бойынша айналып жүрген бір электронды «ұстап» (қармап) алуы себепті осылайша аталған. Осының нәтижесінде әлгі атомның ядросы **химиялық элементтердің периодты жүйесі кестесіндегі** реттік нөмері бір бірлікке кем элементтің атом ядросына (атом ядросының оң зарядының біреуі кем) айналады, бірақ *массалық саны* алғашқысынан өзгермейді, яғни басқа бір элемент ядросының *изомері* болады. Мысалы, 4 протоннан және 3 нейтроннан (барлығы 7 нуклоннан) құралған бериллий-7 К («ка») орбитасынан өзінің бір электронын «ұстап» алып, 3 протоннан және 4 нейтроннан (мұның да барлығы 7 нуклон) құралған литий-7 атомының ядросына түрленеді. К-қармау кезінде атомның *электрондық қабықшасынан* оның бір электроны «жоғалып» кететіндіктен (жай ғана жұлынып тасталмайды), бір атомның ядросының өзге бір атом ядросына **түрлену** үрдісі (процесі) рентген сәулесінің кванты мен нейтриноның шығарылуымен қабаттасады.

КИЛО... (французша «кило», грекше «килио – мың») – сөздің алғашқы бөлігіне бастапқы еселік бірлік атауын құру үшін пайдаланылатын бастапқы бірліктен 1000 есе артық физикалық шама, к, к таңбаларымен белгіленген.

КИЛОВАТТ (кВт, кВт) – *ваттқа* еселік бірлік. $1 \text{ кВт} = 1000 \text{ Вт} = 1010 \text{ эрг/сек} = 101,97 \text{ кгкүш} \cdot \text{м/сек} = 1,36 \text{ а.к. (ат күші)} = 859,84 \text{ ккал/сағ}$.

КИЛОВАТТ-САҒАТ (кВт·сағ, кВт·h) – электртехникада қолданылатын энергияның немесе жұмыстың жүйеден тыс бірлігі. $1 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$.

КИЛОГРАММ (кг, kg) – массаның *Халықаралық бірліктер жүйесіндегі* (СИ) негізгі бірлігі. Килограмм – Өлшеуіштер мен салмақ жөніндегі халықаралық бюрода (Париж маңында) сақтаулы халықаралық түпкітиптің (прототиптің) массасына тең. Килограммның түпкітипі **платина-иридий қорытпаларынан** (90% Pt, 10% Ir) цилиндр пішінді **гир** (диаметрі және биіктігі 39 мм) түрінде жасалған. Түпкітиптік эталонмен салыстырғанда жіберілетін салыстырмалық қателік $2 \cdot 10^{-9}$ шамасынан артпайды. Килограммның үлестік бірлігі **г р а м м**, ол 0,001 кг-ға тең.

КИЛОГРАММ КУБ МЕТРГЕ ($\text{кг}/\text{м}^3$, kg/m^3) – зат тығыздығының *Халықаралық бірліктер жүйесіндегі* (СИ) бірлігі; $1 \text{ кг}/\text{м}^3$ – біртекті заттардың 1 м^3 көлемінде 1 кг масса болатын тығыздық. $1 \text{ кг}/\text{м}^3 = 10^{-3} \text{ г}/\text{см}^3$.

КИЛОГРАММ КҮШ (кгкүш немесе кГ, kG) – бірліктердің МКГСС *жүйесіндегі* күш бірлігі. $1 \text{ кгкүш} = 9,80665$ ньютон (Н). Еуропалық елдерде килограммкүш **к и л о н д** (kp) деп аталған.

КИЛОГРАММ-КҮШ-МЕТР (кгкүш·м немесе кГ·м, kg·m немесе KG·m) – (кейде килограмметр деп жаңсақ аталады) энергия мен жұмыстың МКГСС бірліктер жүйесіндегі бірлігі. Килограмм-күш-метр – 1 кг күштің әсерінен оның бағыты бойынша 1 м қашықтықта орын ауыстырылғанда істелетін жұмысқа тең. $1 \text{ кг} \cdot \text{күш} \cdot \text{м} = 9,80655$ Дж.

КИЛОГРАММ-МЕТР – килограмм-метр секундына атауының қысқаша аталуы.

КИЛОГРАММ-МЕТР СЕКУНДЫНА... (кг·м/сек, $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}$) – импульстің (қозғалыс мөлшерінің) *Халықаралық бірліктер жүйесіндегі бірлігі*; $1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{сек}$ – массасы 1 кг дененің $1 \text{ м}/\text{сек}$ жылдамдықпен ілгерілемелі қозғалатын кездегі импульсіне тең.

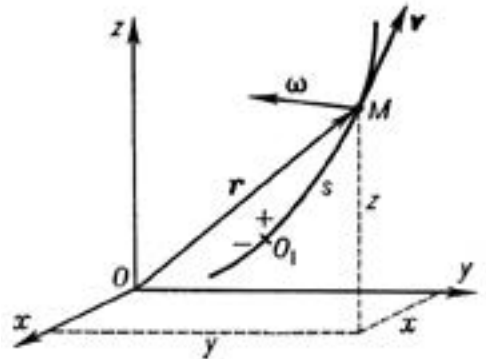
КИЛОПАРСЕК [кило... + пар(аллак) + сек(унд) атауларынан қысқартылған атау] – қашықтықтың астрономиядағы өлшеу бірлігі. Ол *парсектің* еселік бірлігі ретінде пайдаланылады. $1 \text{ килопарсек} = 10^3 \text{ парсек} = 1000 \text{ парсек}$. 1 парсек – параллаксы $1'$ (бір минутқа) тең қашықтыққа тең. *Халықаралық бірліктер жүйесінде* пк болып белгіленген. $1 \text{ пк} = 206\,265$ астрономиялық бірлік (а.б.) = $3,263$ жарық жылы = $3,086 \cdot 10^{16} \text{ м}$.

КИНЕМАТИКА (грекше «кинематос – қозғалыс») – механиканың денелердің массаларын және оларға әсер етуші күштерді есепке алмастан олардың қозғалыстарының геометриялық қасиеттерін зерттеуге арналған бөлімі. Кинематикада тұжырымдалған әдістер мен тәуелділіктер қозғалыстарды кинематикалық зерттеулерде, дербес жағдайда қозғалыстарды әртүрлі механизмдерге, машиналарға, т.б. беруді есептеуде, сонымен қатар *динамиканың*

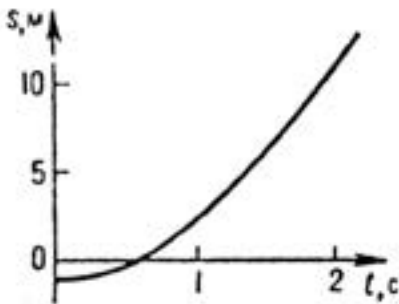
есептерін шешу кезінде пайдаланылады. Зерттелетін нысандардың (объектілердің) қасиеттеріне тәуелді түрде кинематика нүктелер кинематикасына, қатты денелер кинематикасына және үздіксіз өзгермелі орта кинематикасына ажыратылған.

Нүктелер қозғалысы векторлық, координаттық немесе табиғи әдістермен берілуі мүмкін. Координаттық тәсілде *санақ жүйесіне* қатысты үш координатпен анықталады. Әдетте таңдалған санақ жүйесіне қатысты *траектория* белгілі болғанда табиғи (немесе траекториялық) тәсіл қолданылады.

Кинематикада кез келген нысанның (объектінің) қозғалысы санақ жүйесімен байланысқан өзге бір денеге (санақ денеге) қатысты зерттеледі (санақ жүйесінің осьтері x, y, z , 1-сызба). Санақ жүйесі қозғалмалы нысанның белгілі қалпын уақыттың әрбір сәтіндегі санақ денеге қатысты қалпын анықтауға мүмкіндік береді. Кинематикадағы санақ жүйені таңдау ерікті болады, тек зерттеу мақсатына ғана тәуелді. Мысалы, вагонның доңғалағы қозғалысын рельске қатысты зерттеу кезінде санақ жүйе Жермен байланыстырылады, ал осы доңғалақтың вагон қорабына (кузовына) қатысты зерттеу кезінде қорапқа байланыстырылады т.с.с. Қарастырылып отырған нысанның қозғалысы берілген деп (белгілі деп) есептеледі, егер осы нысанның санақ жүйесіне қатысты орнын анықтауға мүмкіндік жасайтын теңдеулер (немесе графиктер, кестелер) белгілі болатын болса ғана.



1-сызба. Санақ жүйесі O нүктесінде орналасқан деп есептелген кездегі дененің қозғалысы



Табиғи немесе траекториялық әдісті қолданған жағдайдағы дененің қозғалысы

Кинематиканың негізгі мәселесі – нүктелердің немесе денелер қозғалысының берілу тәсілдерін (математикалық әдістер арқылы) білу және осы қозғалыстардың сәйкес кинематикалық сипаттамаларын (қозғалыстағы нүктелердің траекторияларын, жылдамдықтары мен үдеулерін, айналатын денелердің бұрыштық жылдамдықтарын және бұрыштық үдеулерін т.б.) анықтау.

Нүктелердің қозғалысы мына үш тәсілдің біреуімен: векторлық, координаттық немесе

табиғи тәсілмен берілуі мүмкін. Векторлық тәсіл кезінде нүктенің қалпы санақ жүйесіне қатысты осы нүктенің векторлық радиусымен (r) анықталады. Нүктенің траекториясы вектордың **годографы** болады. Координаттық тәсіл кезінде нүктенің қалпы санақ жүйесіне қатысты үш координаттың (x, y, z) кез келгенімен анықталады. Табиғи (немесе траекториялық) тәсіл әдетте нүктенің траекториясы таңдалып алынған санақ жүйесіне қатысты белгілі болған кезде қолданылады.

Қатты дене қозғалысының берілу тәсілі әлгі дененің қозғалысының түріне, ал қозғалыс теңдеулерінің саны – дененің *еркіндік дәрежесінің* санына тәуелді. Қатты дененің ілгерілемелі қозғалыс пен айналмалы қозғалысы – **қарапайым қозғалыс** болып табылады. Бұлардағы кинематикалық негізгі сипаттамалар: бұрыштық жылдамдық (ω) пен бұрыштық үдеу (ε) болады. Егер қозғалмайтын нүктесі, үш еркіндік дәрежесі (мысалы, гироскоп) болатын дененің қозғалысы едәуір **күрделі қозғалыс** болып табылады. Осы жағдайда дененің қалпы санақ жүйесіне қатысты кез келген үш бұрышпен (мысалы, Эйлерлік бұрыштармен), ал қозғалыс заңы үш бұрыштың уақытқа тәуелділігін өрнектейтін теңдеулермен анықталады. Бұлардың негізгі кинематикалық сипаттамалары: дененің ω және ε бұрыштары болады.

КИНЕТИКА (грекше «кинетикос – қозғалтушы») – механикалық денелер күйінің физикалық себептерін анықтайтын және денелер күйлерін физикалық себептермен байланысты зерттейтін саласы. Кинетика – күштер әсер етуші денелердің қозғалыстары туралы ілім – *динамикаға* және денелердің тепе-теңдігі туралы ілім – *статикаға* ажыратылған.

КИНЕТИКА, физикалық кинетика – статикалық тепе-теңсіз жүйелердегі үрдістердің (процестердің) микроскопиялық теориясы. Бұл теория энергияларды, импульстерді тасымалдауды және әртүрлі физикалық жүйелердегі (газдардағы, плазмадағы, қатты денелердегі) заттарды, сондай-ақ сыртқы өрістердің осы жүйелерге әсер етуін **кванттық** немесе **классикалық статистикалық** әдістерімен зерттейді.

Физикалық кинетиканың **термодинамикалық тепе-тең емес үрдістерден және тұтасорта электрдинамикасынан айырмашылығы**, бұл кинетика қарастырылатын орталардың және олардың бөлшектерінің молекулалық құрылымдары туралы түсініктермен негізделген, сол себепті кинетикалық коэффициенттерді, **диэлектриктік және магниттік өтімділікті** және тұтасорталардың ұқсас сипаттамаларын есептеуге мүмкіндік туғызады.

Физикалық кинетикаға бейтарап атомдардан немесе молекулалардан құралған газдардың кинетикалық теориясы, плазмадағы тепе-теңсіздік үрдістердің

(процестердің) статистикалық теориясы, қатты денелердегі (диэлектриктердегі, металдардағы және жартылайөткізгіштердегі) тасымалдау құбылыстарының теориясы және заттар арқылы өткен шапшаң бөлшектерге байланысты магниттік үрдістердің кинетикасы және кинетикалық құбылыстардың теориясы енген. Осы кинетикаға айтылғандарға қоса кванттық сұйықтардағы тасымалдау үрдістерінің теориясы және де фазалық ауысулар да жатады.

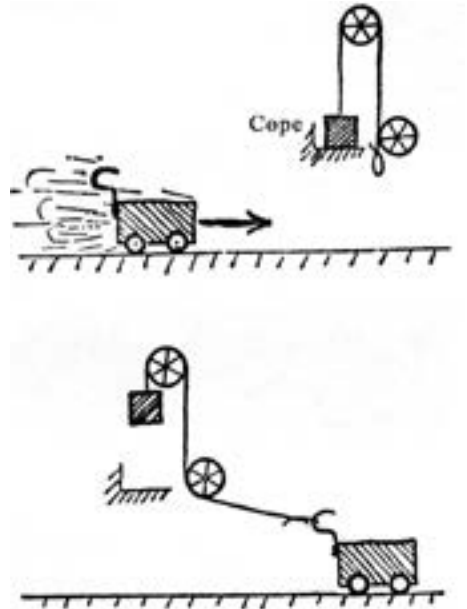
Физикалық кинетикада тепе-теңсіз үрдістердегі (процестердегі) *релакциялар* уақытының едәуір айырмашылығы пайдаланылады. Мысалы, бөлшектерден немесе квазибөлшектерден құралған газ үшін соқтығысулар аралығындағы еркін жол уақыты соқтығысу уақытынан әлдеқайда (Δt) ұзақ болады.

Егер еркін жол ұзындығының (l) жүйеге тән өлшемдеріне (L) қатынасы (яғни Кнудсен саны l/L) өте аз болмаса, физикалық кинетика сиретілген газдардағы тасымалдау құбылысын зерттеуге мүмкіндік береді.

КИНЕТИКАЛЫҚ ЭНЕРГИЯ – механикалық жүйе нүктелерінің қозғалыс жылдамдығы бойынша анықталатын энергия. Материалдық нүктенің кинетикалық энергиясы (T) оның массасы (m) мен жылдамдығының (v) квадратының көбейтіндісінің жартысына тең, яғни $T = mv^2/2$.

Механикалық жүйенің кинетикалық энергиясы сол жүйе құрамындағы нүктелердің кинетикалық энергияларының қосындысына тең: $T = \sum m_k v_k^2/2$. Кинетикалық энергияны $T = Mv_c^2/2 + T_c$ түрінде де өрнектеуге болады, мұндағы M – бүкіл жүйенің массасы, v_c – масса орталығының жылдамдығы, T_c – жүйенің массалар орталығы маңындағы қозғалысының кинетикалық энергиясы. Ілгерілемелі қозғалыс жасайтын қатты дененің кинетикалық энергиясы массасы сол дененің бүкіл массасына тең, материалдық нүктенің кинетикалық энергиясына тең.

Жарық жылдамдығымен (c) шамалас шапшаңдықпен қозғалған дененің кинетикалық энергиясы: $T = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - m_0 c^2$, мұндағы m_0 – нүктенің тыныштықтағы массасы, c – жарықтың вакуумдағы жылдамдығы, ($m_0 c^2$ – нүктенің тыныштықтағы энергиясы). Дене



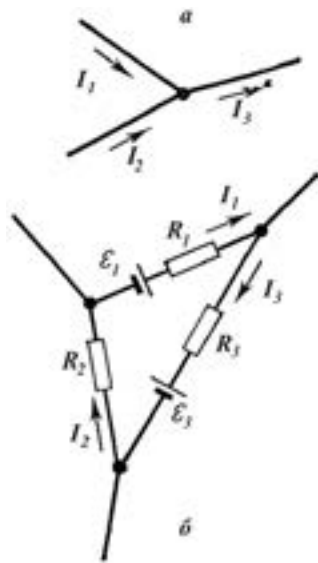
Кинетикалық энергияның потенциалдық энергияға түрленуі. Қозғалып келе жатқан арба ілгішімен сәредегі жүкке байлаулы жіптің тұзағын іліп әкетіп жүкті жоғары көтеріп барып тоқтайды.

төменгі жылдамдықпен қозғалғанда ($v \ll c$) оның кинетикалық энергиясы (T) $m_0 v^2 / 2$ формуласы бойынша есептеледі.

Кез келген материалдық нысан (объект) қозғалғанда, ол кинетикалық энергияға ие. Газ молекулаларының әрқашан кинетикалық энергиясы болады, оған себеп ол молекулалар үздіксіз қозғалыста болады. Молекулалардың орташа кинетикалық энергиясының өлшеуіші газ температурасы болып табылады, әлгі молекулалар қаншалықты тез қозғалатын болса, температура да соншалықты жоғары болады.

Газ қысымы да молекулалардың кинетикалық энергиясына тәуелді, ол энергия газдың қозғалыс үрдісі (процесі) кезінде өзі орналасқан резервуардың қабырғаларымен соқтығысатын молекулаларының санымен және оның энергиясымен анықталады.

КИРХГОФ ЕРЕЖЕЛЕРІ – тұрақты немесе квазитұрақты токтың тармақталған тізбегіндегі ток пен кернеуге арналған қатынастарды тұжырымдайтын ережелер. Бұл ережелерді 1847 жылы неміс физигі Густав **Кирхгоф** (1824 – 1887) ұсынған. Бірінші ереже (*a*-сызба) зарядтың сақталу заңынан туындаған, ол былай тұжырымдалады: бір нүктеде тоғысқан өткізгіштердегі токтардың (I_k) алгебралық қосындысы нөлге тең, яғни $\sum_{k=1}^l I_k = 0$, мұндағы l – түйінде (нүктеде) тоғысқан өткізгіштердің саны. Тармақталған тізбектің кем дегенде үш өткізгіш тоғысатын кез келген нүктесі түйін деп аталған. Түйінге кіретін токтың бағыты **оң** деп, ал одан шығатын токтың бағыты **теріс** деп саналады. Екінші ереже (*b* – сызба) өткізгіштердің тармақталған тізбегінің (k учаскесіндегі кедергісі – R_k)



кез келген тәуелсіз тұйықталған контурының жеке бөліктеріндегі кернеулердің түсулерінің ($I_k R_k$) алгебралық қосындысы, осы контурдағы электр қозғаушы күштердің (\mathcal{E}_k) алгебралық қосындысына тең: $\sum_{k=1}^m I_k R_k = \sum_{k=1}^m \mathcal{E}_k$ мұндағы m – тұйық контурдағы жеке бөліктердің саны (сызбада $m = 3$, $\mathcal{E}_2 = 0$). Егер токтың бағыты контуры сағат тілінің жүрісінің бағытымен айналатын болса, ал электр қозғаушы күші (ЭҚК) осы айналу бағыты бойынша потенциалды арттыратын болса, токтардың және электр қозғаушы күштің (ЭҚК) бағыттары оң деп есептеледі, қарама-қарсы бағыттар кезінде токтар мен ЭҚК теріс болып есептеледі.

Кирхгофтың ережесі тұйық тізбектің әртүрлі учаскелеріне Ом заңын қолдану нәтижесінде шығады. Бұл ереже күрделі электр тізбегін есептеуге мүмкіндік береді,

мысалы, егер тізбектің барлық учаскесінің кедергісі мен оның барлық учаскесінің электрқозғаушы күші (ЭҚК) белгілі болса, өткізгіштердің кез келген тармақталған жүйесіндегі ток күші және оның бағыты анықталады. Бірінші ереже негізінде n өткізгіштен, r түйіннен құралған жүйе үшін $r - 1$ теңдеу құрылады (соңғы түйінге арналған теңдеу тәуелсіз болмайды, алдыңғы теңдеуден екінші ереже негізінде тұйық контур үшін $n - (r - 1)$ теңдеу туындайды; осы соңғы теңдеуге n өткізгіштің әрбіреуі ең болмағанда 1 рет енуі керек.

КИРХГОФТЫҢ СӘУЛЕ ШЫҒАРУ ЗАҢЫ – денелердің сәуле шығарғыштық қасиеттері $[\varepsilon(\lambda, T)]$ мен сәуле жұту қасиеттеріне $[\alpha(\lambda, T)]$ қатынасы дененің табиғатына тәуелді болмайтынын және *абсолют қара дененің* сәуле шығарғыштық қасиетіне $[\varepsilon_0(\lambda, T)]$ тең және сәуленің толқын ұзындығына (λ) және абсолют температураға (T) тәуелді болатындығын $\frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\alpha(\lambda, T)} = \varepsilon_0(\lambda, T)$ тағайындайтын заң. Бұл заң жылулық сәуле шығарудың негізгі заңдарының бірі болып саналады және сәуле шығарудың басқа түрлеріне жарамсыз. Мұны 1859 жылы неміс физигі Густав **Кирхгоф** (1824 – 1887) *термодинамиканың екінші бастамасы* негізінде тұжырымдаған. Кейіннен тәжірибе жүзінде дәлелденген. Кирхгофтың осы заңына сәйкес дене берілген температурада сәулені жақсы жұтатын кезде, қарқынды сәуле шығаруы тиіс. Мысалы, бір бөлігі қарайтылған платина пластинка қыздырылған кезде, оның қарайтылған бөлігі (жұту қасиеті 1-ге жуықтау) ақшыл бөлігінен күштірек жарқырайды.

КЛАПЕЙРОН – КЛАУЗИУС ТЕҢДЕУІ – заттардың бір фазадан өзге фазаға ауысу (булану, балқу, құрғақ айдау, полиморфтық түрлену т.б.) үрдістеріне (процестеріне) қатысты термодинамикалық теңдеу. Бұл теңдеу бойынша тепе-теңдік күйде өтетін үрдіс кезіндегі фазалық ауысу жылуы (L) (мысалы, булану жылуы, балқу жылуы) мына формуламен анықталады: $L = T \cdot dp/dT \cdot (V_2 - V_1)$, мұндағы T – ауысу температурасы (изотермиялық үрдіс), dp/dT – қысымның фазалық тепе-теңдік қисық сызығындағы температура бойынша алынған туындысының мәні, ал $(V_2 - V_1)$ – зат көлемінің бір фазадан өзге фазаға ауысу кезіндегі өзгерісі. Бұл теңдеуді 1834 жылы француз физигі Бенуа **Клапейрон** (1799 – 1864) сұйық пен жылулық тепе-теңдікте болатын конденсацияланатын буға арналған *Карно циклін* талдау нәтижесінде қорытып шығарған. 1850 жылы неміс физигі Рудольф **Клаузиус** (1822 – 1888) теңдеуді кемелдендірген және оны өзгедей фазалық ауысуларға жалпылаған. Клапейрон – Клаузиус теңдеуі (К.–К.т.) жылуды жұту немесе оны шығарумен (**1 текті фазалық ауысу**) қабаттасатын кез келген фазалық ауысуларға қолдануға жарамды және қорытып шығарылатын фазалық тепе-теңдіктің тікелей салдары болып табылады. К.–К.т. өзінің құрамындағы кез

келген шамаларды есептеуге арналған. Дербес жағдайда бұл теңдеумен **булану жылуы** есептеледі.

КЛАПЕЙРОН ТЕҢДЕУІ, Клапейрон – Менделеев теңдеуі – идеал газ күйін анықтайтын физикалық шамалардың (қысым p , көлем V және абсолют температура T) арасындағы тәуелділік: $pV = BT$ (мұндағы B – газ массасы M мен оның молекулалық массасына тәуелді пропорционалдық коэффициент. Клапейрон теңдеуін қасиеттері идеал газдарға қарайлас болғанда – белгілі бір дәрежеде төменгі және жоғары температурадағы (мысалы, атмосфералық ауаға, газ қозғалтқыштарындағы жану өнімдеріне) нақты газдарға қолдануға болады.

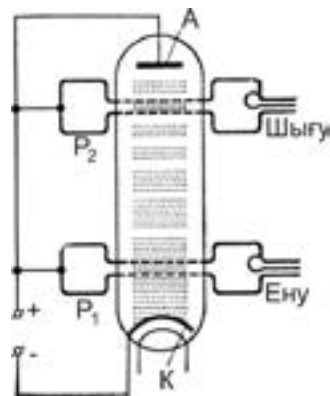
Бұл теңдеуді 1834 жылы француз физигі Бенуа **Клапейрон** қорытып шығарған. 1874 жылы орыс химигі Дмитрий **Менделеев** (1834 – 1907) идеал газдың бір моліне арналған теңдеуді қорытып шығарған: $pV=RT$, мұндағы R – әмбебап газ тұрақтысы. Егер газдың молекулалық массасы μ болса, онда $pV = M/\mu(RT)$ немесе $pV = NkT$, мұндағы N – газ бөлшектерінің саны. Клапейрон теңдеуі *Бойль – Мариотт заңын*, *Гей – Люссак заңын* және *Авогадро заңын* біріктірген идеал газ күйлерінің теңдеуі болып табылады.

КЛАССИКАЛЫҚ МЕХАНИКА (латынша «классикус – үлгілі, ең үздік»; грекше «механика – машина жасау өнері») – негізіне Ньютондық механика заңдары жатқан және зерттеу пәні жарық жылдамдығымен салыстырғанда аз жылдамдықпен қозғалатын материалдық денелердің макроскопиялық қозғалысы болатын механика.

КЛАССИКАЛЫҚ ФИЗИКА (латынша «классикус – үлгілі, ең үздік»). Физика ғылымының біздің заманымыздан бұрынғы (б.з.б.) VI ғасырынан бастап атомның бөлінбейтін бөлшек екеніне күмән тудырмайтын кезеңге дейін дамытылған жетістіктер – классикалық физиканың үлесіне жатқызылған. Осы кезеңнің басында ежелгі грек философы **Демокрит** [(б.з.б. 470(460) – 370 (ұзақ жасаған))] материяның атомдардан (грекше «атом – бөлшектенбейтін бөлшек» деген сөз) құралатыны туралы идеяны қолдаушылардың алғашқыларының бірі болды. Одан кейінгі кезде грек философтарының тағы біреуі **Эпикур** (б.з.б. 341 – 270) және біздің заманымыздан бұрынғы I ғасырда ғұмыр кешкен грек философы **Лукреций** (б.з.б. I ғасырда) де атом жайындағы идеяны қолдады. Осылай басталған классикалық физика кезеңінде табиғат туралы ғылымның салалары дамытылған болатын.

КЛИСТРОН [(грекше «клизо – соғамын» + (электр) трон] – аса жоғары жиілікті тербелістерді күшейтуге және тудыруға арналған электрондық аспап. Клистрон тура өткізгішті (қосрезонаторлы және көпрезонаторлы) түрлерге ажыратылған. Асашағын шағылыстырғыш клистрон – м и н и т р о н деп аталған.

Қосрезонаторлы тура өткізгішті клистронның әсер принципі мынадай: катодтан (К) шығатын электрондар электр өрісімен үдетіліп екі көлемдік резонатор (P₁ және P₂) арқылы ұшып өтіп коллекторға (А) түседі (1-сызба). Электрондар ағыны бірінші резонаторда (P₁) жылдамдық бойынша модуляцияланады. Екінші резонаторда (P₂) қоздырылған электромагниттік тербелістер электрондарды тежеген сәтте осы резонаторға ұшып келіп енген электрондар ұйысып топталады. Осының нәтижесінде электрондардың тұрақты кернеу көзінен алған энергиясы электромагниттік өрістің энергиясына түрленеді де электромагниттік тербелістерді күшейтеді. Егер қос резонаторлы клистрон күшейткіш ретінде



1-сызба. Екі резонаторлы клистронның сұлбасы



2-сызба. Шағылдырғыш клистронның сұлбасы

жұмыс істейтін болса, онда күшейтілуге тиісті тербелістер бірінші резонаторға (P₁) жіберіледі де екінші резонатордан (P₂) алынады. Генераторлардағы екі резонатор асажоғары жиілік бойынша өріспен байланысты болады.

Шағылдырғыш клистрон аз қуатты (<1 Вт) генератор ретінде қолданылады; мұндағы электрондар резонатордан ұшып шығып тежеліп шағылдырғыштың өрісінен шағылып қайтып келеді (2-сызба). Бұлар ұйысып топталып резонатордан екінші рет өтуі кезінде тежеледі де энергиясын электромагниттік өріске береді. Шағылдырғышта кернеуді өзгертіп, шығару жиілігін белгілі бір шекте реттеуге болады. Клистрон жиілігі 2 · 10² Г Гц (Гига Герц) тербеліс шығарады.

К-МЕЗОНДАР (грекше “мезос – орташа, аралық”), **каондар** – екі зарядталған бөлшектен (K⁺, K⁻) және екі бейтарап (K⁰, K⁰⁻) бөлшектен нөл спинді және массасы жуық шамамен электронның массасынан 970 есе артық (K⁺ – массаның энергетикалық бірлігінде 493,7 МэВ-ке тең, ал K⁰-дікі – 497, 7 МэВ-ке тең). К-мезондар күшті өзараәсерлесуге қатысады, яғни *адрондар* болып табылады; олардың *бариондық зарядтары* болмайды және *кванттық саны* ғажаптылықтың (S) нөл емес мәніне ие: K⁺ және K⁰⁻-дің ғажаптылығы S = +1, ал K⁻ мен K⁰-дікі (K⁺

және K° -дің антибөлшегі болатын) $S = -1$. Гиперондармен бірге K - мезондар *гажип бөлшектерге* жатады.

1947–51 жылдар аралығында ғарыштық сәулелер құрамынан массалары бірдей, ал ыдырау тәсілдері әрқилы бөлшектер: екі π -мезонға ыдырайтын θ -мезондар (тэта-мезондар) үш π -мезонға (пи-мезонға) ыдырайтын τ -мезондар ашылған. 1954 жылы осы бөлшектер *үдеткиүтер* арқылы алына басталған. Массаларын және “өмір сүру” уақыттарын егжей-тегжейлі өлшеу нәтижелері осы бөлшектердің ыдырау тәсілдері бірдей (ортақ) бөлшектер екенін анықтаған. Бұлар K -мезондар деп аталған.

КОГЕЗИЯ (латынша «когезус – байланысқан, ілініскен») – бірдей денелер бөліктерінің молекулаларалық өзараәсерлесу, сутектік байланыстар және денелер молекулаларының (атомдардың, иондардың) құраушыларының арасындағы химиялық байланыс күштерінің әсерінен пайда болатын әрі дене бөліктерін аса берік тұтастырып біріктіретін ілініс. Когезия күштері арақашықтық артқан сайын кемиді, газдарда бұл күштер әлсіз, ал қатты денелерде күшті болады.

КОГЕРЕНТТІЛІК (латынша «когеренс – байланысып тұрған») – бірнеше тербелмелі немесе толқындық үрдістердің (процестердің) қабаттасуы кезінде олардың уақыт бойынша және кеңестікте үйлесімді өтуі. Егер тербеліс фазаларының айырымы уақыт бойынша тұрақты (немесе бір заңдылықпен өзгертін болса) және тербелістер қабаттасқан кезде қосынды тербелістің амплитудасын анықтайтын болса, онда тербелістер когерентті тербелістер деп аталады. Бірдей жиіліктегі екі гармониялық (синусондалық) тербеліс әрқашан когерентті болады. Когеренттілік электромагниттік толқындарда да байқалады.

Уақыттық когеренттілік – уақыттың әрқилы сәтінде бірдей тербелістер арасында болатын когеренттілік.

Кеңістіктік когеренттілік – кеңістіктің бірқатар аймағында болатын когеренттілік.

КОАГУЛЯЦИЯ (латынша – ұю, қоюлану) – коллоидтық жүйелердегі дисперсиялық фаза бөлшектерінің жабысуы.

КОЛЛЕКТОР (латынша – жинағыш), ϕ и з и к а д а – 1) электрвакуумдық аспаптардың электрондық немесе иондық шоқтары әкелген зарядтарды жинақтауға арналған электроды. 2) Электр машинаның жиілікті механикалық тәсілмен түрлендіретін, якорімен (роторымен) біріктіріліп жасалған бөлігі. Коллектор арқылы электр тізбегінің сырғымалы жанаспасы мен якордің айналмалы орамдары арасында жанасу жүзеге асырылған. Қозғалмайтын тізбек якордің орамымен байланысқан сырғанамалы өткізгіш пластинамен аяқталады.

КОЛЛИМАТОР (латынша «коллинео – түзу сызық бойынша бағыттаймын») – параллел сәулелер шоғын шығаруға арналған оптикалық құрылғы. Коллиматор объективтерден немесе ойыс айнадан құралады, айнаның фокустық жазықтығында жарықталатын зат орнатылады. Осындай зат ретінде көбінесе мөлдір емес диафрагмадағы саңылау пайдаланылған.

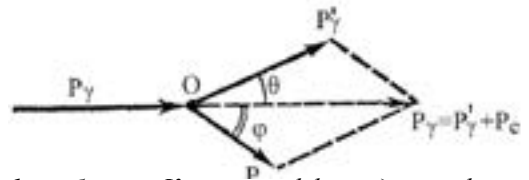
КОМПАУН-ЯДРО (ағылшынша «compound – құрама, аралас») – кейде *құрама ядро* осылай аталады.

КОМПТОНДЫҚ ТОЛҚЫН ҰЗЫНДЫҒЫ – релятивті кванттық үрдістерге (процестерге) тән өлшемділік шамасы; бөлшектің массасы (m) және әмбебап тұрақтылар (h) мен жарық жылдамдығы (c) арқылы өрнектеледі: $\lambda_0 = h/mc$. λ_0 -дің электрондардағы комптондық шашырау кезіндегі электрмагниттік сәуле ұзындығының өзгерісін ($\Delta\lambda$) анықтауына байланысты аталған. Көбінесе комптондық толқын ұзындығы деп $\lambda_0 = \hbar/mc$ шамасы аталады (мұндағы $\hbar = h/2\pi$). Электрон үшін $\lambda_0 \approx 3,9 \cdot 10^{-11}$ см, протон үшін $\lambda_0 \approx 2,1 \cdot 10^{-14}$ см.

Комптондық толқын ұзындық кванттық релятивті үрдістер (процестер) маңызды болатын кезде өрістердің кеңістіктік біртектіліктерінің масштабын анықтайды. Мысалы, егер толқын ұзындығы (λ) комптондық толқын ұзындығынан кем электрмагниттік өріс қарастырылатын болса, онда осы өрістің кванттарының энергиясы $\mathcal{E} = h\nu$ (мұндағы $\nu = c/\lambda$ – жиілік) электронның тыныштық энергиясынан m_0c^2 ($\mathcal{E} = hc/\lambda > m_0c^2$) артық болады, сондықтан осы өрісте өрістің релятивті кванттық теориясымен сипатталатын **электрон-позитрон жұбының** туу үрдісі (процесі) маңызды болады. Комптондық толқын ұзындығы сонымен қатар m массалы **виртуал бөлшектің** өзінің пайда болған (туған) нүктеден қаншалықты ұзай алатын арақашықтығын да анықтайды. π -мезон үшін $\sim 10^{-13}$ см.

КОМПТОН ЭФФЕКТИСІ – электрмагниттік сәулелердің еркін (немесе әлсіз байланысқан) электрондардан толқын ұзындықтарын арттырумен қабаттасатын серпімді шашырауы; қысқа толқынды рентген және гамма-сәулелердің шашырауы кезінде байқалады. Бұл эффектін 1922 жылы американ физигі Артур **Комптон** (1892 – 1962) рентген сәулесінің парафиннен шашырауын зерттеу кезінде ашқан.

Комптон эффектісі алғаш рет электрмагниттік сәулелердің (дербес



1-сызба. Комптон-эффектіде фотон мен электронның серпімді соқтығысуы. Соқтығысқанға дейін электрон тыныштықта болады. p_γ және p'_γ – соқтығысушы және шашыратылған фотондардың импульстері; p_e – тебілген электронның импульсі; θ – фотонның шашырау бұрышы; ϕ – тебілген электронның түсетін фотонға қатысты ұшатын бұрышы

жағдайда жарықтың) корпускулалық қасиетін толықтай ашты. А.Комптон тәжірибе жүзінде рентген сәулесінің толқын ұзындығының, затқа түсірілген сәуленің толқын ұзындығынан артық болатындығын байқаған. Толқын ұзындығының осылай артуын классикалық теория тұрғысынан түсіндіру мүмкін емес. Өйткені бұл теория бойынша шашырау кезінде жарық толқынының ұзындығы өзгермеуі қажет болатын.

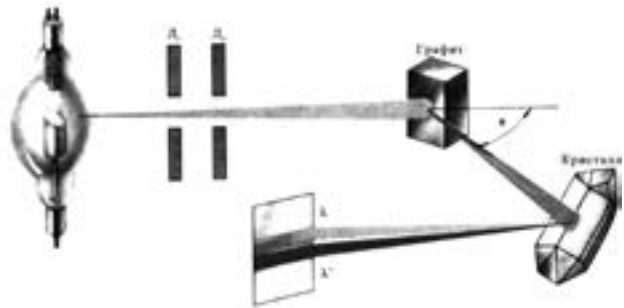
А.Комптон рентген сәулесін графиттің және басқа денелердің шашыратуын зерттеу кезінде D_1 және D_2 диафрагмалары ажыратқан жіңішке сәуле зат кесегіне түсіп одан θ бұрышпен ауытқып рентген сәулесін әрқилы бұрышпен ауытқытатын кристалға түскен. Фотопластинка толқын ұзындығы λ сәуле сызық із қалдырған. Егер рентгендік сәуле толқындық үрдіс (процесс) ретінде қарастырылатын болса, онда атомдық электрондар электрмагниттік өрістің ықпалымен затқа түскен рентген сәулесінің жиілігіне тең жиілікпен тербеле бастайтын болмақ, сол себепті фотопластинкада жаңа сызықтар пайда болмақ емес (яғни ондай сызық пайда болмайды). Рентген сәулесінің кванттары энергиясының бір бөлігін атомдық электрондарға беріп энергиясын шығындағандықтан жаңа сызық (толқынының ұзындығы λ') пайда болған. Бұл толқынның ұзындығы $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 2\pi\lambda_0 \sin^2 \theta/2$. Осы өрнектегі $\lambda_0 = h/m_e c$ – электронның **КОМПТОНДЫҚ ТОЛҚЫН ҰЗЫНДЫҒЫ** ($2,426 \cdot 10^{-10}$ см) деп аталған.

Рентгендік сәуленің толқын ұзындығының өзгеру құбылысы Комптон эффектісі деп аталған.

Жарықтың шашырауының [ағылшын физигі Джозеф Дж. Томсон (1856 – 1940) дамытқан]

классикалық теориясы бойынша шашырау құбылысы кезінде жарық толқынының ұзындығы өзгермеуі тиіс: электрон жарық толқынының периодты электр өрісінің әсерінен өрістің жиілігімен тербеледі және сол себепті осы жиілікпен екінші реттік (шашырау) толқынын таратады (шығарады).

Комптон эффектісінің алғашқы теориясын кванттық түсініктер негізінде **Комптон** және оған тәуелсіз түрде голланд физигі Петер **Дебай** (1884 – 1966) тұжырымдаған. Кванттық теория бойынша жарық толқыны жарық кванттарының (фотондардың) ағыны болып табылады. Әрбір фотонның белгілі бір $\mathcal{E}_\gamma = h\nu = hc/\lambda$ -ға тең энергиясы және $p_\gamma = (h/\lambda) \cdot n$ -ге тең импульсі болады, мұндағы λ – түскен жарық



Комптон тәжірибесінің сұлбасы. D_1, D_2 – диафрагмалар; λ – рентген сәулесінің толқын ұзындығы

толқынының ұзындығы (ν – оның жиілігі), c – жарық жылдамдығы, h – Планк тұрақтысы, \mathbf{n} – толқынның таралу бағытындағы бірлік вектор. Комптон эффектісі кванттық теория бойынша екі бөлшектің (соқтығысқан фотон мен тыныштықтағы электронның) серпімді соқтығысулары ретінде қарастырылады. Соқтығысудың әрбір актісінде энергияның және импульстің сақталу заңдары орындалады. Электронға соқтығысқан фотон оған өзінің энергиясы мен импульсінің белгілі бір бөлігін береді, әрі қозғалыс бағытын өзгертіп шашырайды: фотон энергиясының кемуі шашыраған жарық толқынының ұзындығының артқандығы болып есептеледі. Фотон келгенге дейін тыныштықта тұрған электрон, фотоннан энергия мен импульс алған электрон қозғалып тебілетін болады. Бөлшектердің соқтығысудан кейінгі қозғалысының бағыты және олардың энергиясы энергия мен импульстің сақталу заңдарымен анықталады.

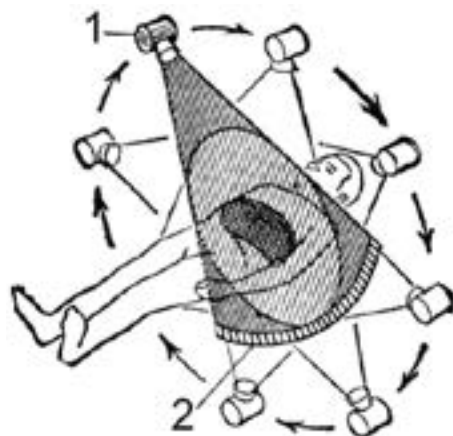
Комптон эффектісі тек электрондарда ғана мүмкін болмайды, өзге зарядты бөлшектерде де, мысалы, *протондарда* да мүмкін болады, бірақ та протонның массасының үлкен болуы себепті оның тебілуі тек өте жоғары энергиялы фотондардың шашырауы кезінде ғана білінетін болады.

Комптондық шашырау атом ядроларының γ -сәулелерін зерттеулерде кеңінен пайдаланылады, кейбір гамма-спектрметрлердің жұмыс жасау принциптерінің негізіне жатқан.

Кері Комптон эффектісі. Егер электрмагниттік сәуле релятивтік электрондардан (яғни жарық жылдамдығына жуық жылдамдықпен қозғалатын) серпімді шашыраса, онда фотондар энергиясы (және импульсі) электрондардың энергиясы (және импульсі) есебінен артатын болады, яғни шашырау кезінде толқын ұзындығы кемитін болады. Осы құбылыс кері Комптон эффектісі деп аталған. Бұл эффектті ғарыштық көздердің рентген сәулесінің галактикалық сәулелердің фондық құраушыларының (компоненттерін) пайда болуын түсіндіру *плазмалық* толқындардың жоғары жиілікті электрмагниттік толқындарға айналуын (түрленуін) анықтау мақсатында пайдаланылады.

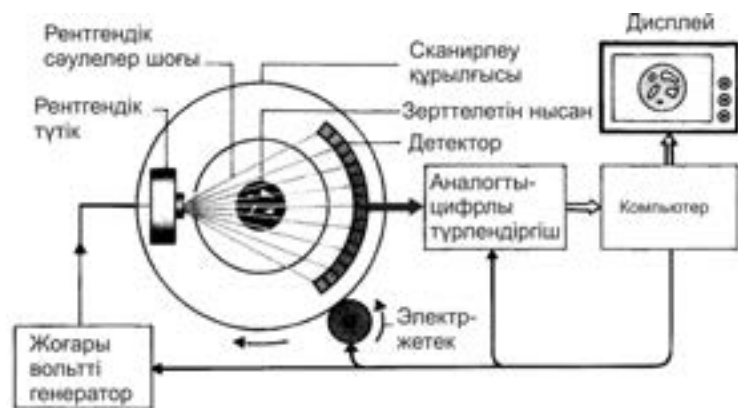
КОМПЬЮТЕРЛІК ТОМОГРАФ (грекше «томос – сындыру, қабат» + «графо – жазамын») – нысанның (мысалы, адам ағзаларының, өндірістік бұйымдардың) санауыш әдістер арқылы қабат-қабат кескіндерін (томограммаларын) шығаруға және осы қабаттарды сүзіп өткен сәулелерден алынған мәліметтер бойынша кез келген «жергілікті» (локальді) аймақтарындағы заттардың физикалық сипаттамаларын өлшеу тәсілдерімен әлгі нысанның ішкі құрылымдарын зерттеуге арналған құрылғы. Компьютерлік томографтағы сүзіп өтуші сәуле (электрмагниттік, ультрадыбыстық, зарядталған бөлшектер токтары т.б.) зерттеуші нысан заттарымен өзараәсерлеседі,

өзараэсерлесу шамалары өлшенеді әрі цифрлық түрде бейнеленеді. Әдетте сүзіп өту көптеген рет әрқилы қилысатын бағыттар бойынша жүзеге асырылады, бұлардың қайталану саны $10^4 - 10^6$ (10 000 – 100 000)-ға дейін жетеді, жазықтағы қабаттың қалыңдығы 1 – 10 мм аралығында болады. Өлшеулер нәтижелері электрондық есептеуіш машиналар (яғни компьютерлер) арқылы әлгі қабаттардың кескіндері қайтадан қалпына келтіріліп, нысанның сүзіп өтуші сәуленің параметрлерін (қарқындылығын, таралу жылдамдығын т.б.) өзгеріске ұшыратқан физикалық сипаттамаларының таралуы **дисплей** арқылы кескін сигналына түрлендіріледі. Сүзіп өтуші сәуле түріне тәуелді түрде **рентгендік, гамма-, протондық, ультрадыбыстық** компьютерлік томографтарға ажыратылады. Сонымен қатар **ядролық магниттік резонанстар** негізінде жасалған томографтар да бар.



1-сызба. Компьютерлік томографтың жұмысының сұлбасы: 1 – айналатын рентгендік түтік; 2 – қозғалмайтын сцинтилляциялық детекторлар

Компьютерлік томографтың құрамында: сүзіп өтуші сәуле көзі; сканирлеуші (нысанның кескінін көрсететін) құрылғы; сәуленің нысандық заттармен өзара әсерлесуінің нәтижелерін **детектирлеуге** әрі өлшеуге арналған құрылғы; сканирлеу және өлшеу үрдістерін (процестерін) басқаратын, өте көп мәліметтерді (бір қабатта бірнеше Мбайт мәліметті) жинау және цифрлы өңдеуге арналған **электрондық есептеуіш машина** (компьютер); дисплей (телевизиялық мониторлы); тағы басқы қосалқы құрылғылар болады.



2-сызба. Рентгендік компьютерлік томографтың құрылымдық сұлбасы

Алғашқы компьютерлік томографтар XX ғасырдың 70-жылдарында жасалған. Қазіргі кезде кейбір элементтер (мысалы сутегінің) атомдар ядроларының радиотолқындарды **резонансты** түрде қайта шығаруы кол-

данылатын **магниттік компьютерлік томографтар** қолданылуда. Бұлар сапасы жоғары кескіндер шығарады және бір мезгілде нысанның бірнеше сипаттамаларын көрсете алады; ең бастысы олар тірі организмге қауіпсіз. Компьютерлік томограф өндірістік *интроскопияда* кеңінен қолдау тапқан.

КОНВЕКЦИЯ (латынша «конвектио – әкелу, жеткізу») – қатты заттардағы, газдардағы немесе сусымалы орталардағы жылууды заттар ағынымен тасымалдау. Ауырлық күш өрісінде табиғи (еркін) *конвекция* аққыш немесе сусымалы заттардың біркелкі болмай қызуы (төменнен қызатын) кезінде пайда болады. Қызған дене *архимедтік күш* әсерінен салыстырмалы түрде аз қызған дене ауырлық күшке қарама-қарсы бағытқа қарай қозғалады. Конвекция заттардың температураларын теңестіреді. Затқа жылу тұрақты түрде тасымалданатын кезде тұрақты **конвекциялық ағын** пайда болады.

Конвекцияның қарқындылығы қабаттар аралығындағы температуралар айырымына, **жылуөткізгіштікке** және органың **тұтқырлығына** тәуелді болады. Иондалған газдың (мысалы, Күн плазмасының) конвекциясына магнит өрісі, газдың иондалу дәрежесі едәуір әсер етеді. **Еріксіз конвекция** кезінде заттар негізінен сорғылар, араластырғыштар т.б. құрылғылар арқылы араластырылады. Конвекция табиғатта: Жер атмосферасының төменгі қабатында, мұхиттарда, жер қойнауында, жұлдыздарда кең таралған құбылыс.

КОНВЕКЦИЯЛЫҚ ТОК – зарядталған макроскопиялық дененің орын ауыстыруымен жүзеге асырылатын электр зарядтарының тасымалдануы. **Электрондық теория бойынша** зарядтардың кез келген ауысуы ең ақырында зарядталған микробөлшектердің конвекциясының (орын ауыстыруымен) есебінен пайда болады. Конвекциялық токтың магниттік қасиеттері мен өткізгіштік токтың (электрондардың, иондардың реттелген қозғалыстары) тепе-теңдігі осы жайтпен толықтай түсіндіріледі. Мұны 1879 жылы америка физигі Генри **Роуланд** (1848 – 1901) және 1903 жылы кеңес физигі Александр **Эйхенвальд** (1864 – 1944) – ғылыми тәжірибе жүзінде айғақтаған.

КОНВЕРСИЯ, Гамма сәуленің ішкі конверсиясы – қозған атом ядросының электрмагниттік ауысуы кезінде аз энергиялы күйге ауысуынан босап шыққан энергияны тікелей әлгі атомның электрондарының біріне беру құбылысы. Осы құбылыс кезінде *конверсиялық электрон* деп аталған электрон шығады (таралады). Электрондар атомның әртүрлі қабықшаларынан (К-, L-, M- және т.б.) ұшырылып шығарылады. Электронның энергиясы конверсияланған ядроның ауысу энергиясы мен қабықшалар электрондарының байланыс энергиясының

(энергияның аздаған үлесі – жүздік немесе мыңдық %-дық үлесі – «тебілу» эффектісі салдарынан соңғы атомға беріледі) айырымына тең болады.

Конверсиялық электрондардың энергетикалық спектрлерін өлшеу ядролық ауысулар энергиясын және олардың мультиполділігін анықтауға мүмкіндік жасайды.

КОНВЕРСИЯЛЫҚ ЭЛЕКТРОНДАР – ядроның артық энергиясының осы атомның электрондарының біреуіне берілуі жүзеге асатын электрмагниттік ауысу нәтижесінде аз энергиялы қозған күйдегі атом ядросының шығаратын электрондары.

КОНДЕНСАТ (латынша «конденсатус – тығыздалған, қоюланған») – 1) газдың немесе будың *конденсациясы* кезінде пайда болатын сұйық. 2) М ұ н а й г е о л о г и я с ы н д а – тез қайнайтын (300°C-қа дейін толықтай қайнайтын метандық қатардағы көмірсутектен құралған газ-конденсаты.

КОНДЕНСАТОР (латынша – тығыздаушы, қойылтушы), э л е к т р л і к – сыйымдылығы электр тізбегінде пайдалануға арналған, диэлектрикпен немесе вакууммен бөлінген өткізгіш электродтардан (астарлардан) құралған құрылғы. Ток көзін конденсатордың астарларына қосқан кезде оның диэлектриктері *полярианады* (беттердің кейбір нүктелеріндегі қарқындылығы жоғары болатын құбылыс). Полярланған диэлектриктің электр өрісі астарларға шоғырланған зарядтардың электр өрісін әлсіретеді, осы жайт өз кезегінде берілген кернеуде конденсатор заряды белгілі бір дәрежеде [диэлектриктің *диэлектриктік өтімділігіне* (ϵ) тәуелді түрде] арттыратын болады. Конденсатордың астарлары әртекті металдардан, жартылайөткізгіштерден немесе электролиттерден құралады. Конденсаторды 1745 жылы неміс өнертапқышы Э.Г. фон **Клейст** жасаған деп есептелеуде.

Конденсатор электр зарядын жинақтайды. Конденсатор электр тізбегіне көбінесе топталып (*батарея* түрінде) қосылады; ол параллель қосылған кезде батареяның жалпы сыйымдылығы $C_0 = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$; ал тізбектеліп қосылған кезде мына өрнекпен анықталады: $C_0 = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}}$, мұндағы $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ – батарея қараушы жеке-жеке конденсаторлардың сыйымдылықтары. Конденсаторлар **тұрақты** және **айнымалы** сыйымдылықты түрлерге ажыратылады.

КОНДЕНСАЦИЯ (латынша – нығыздаймын, қойылтамын) – заттардың салқындатылуы немесе сығымдалуы салдарынан олардың газтәрізді күйден конденсацияланған (сұйық немесе қатты) күйге ауысуы. Будың конденсациялануы **кризистік** (тоқырау) температурадан төменгі температурада ғана мүмкін болады. Конденсацияға кері үрдіс (процесс) – *булану* **I текті фазалық ауысуға**

жатады. Конденсация кезінде конденсацияланған заттардың булануы кезінде шығындалған жылу бөлініп шығады. Жаңбыр, қар, *шық, қырау* – **атмосферадағы будың конденсациялануының салдары** болып табылады. Конденсация техникада әдетте салқындалатын беттерде жүзеге асырылады. Беттердегі конденсацияның екі түрі: **пенкалы және тамшылы** болады. Конденсация бу (бу-газ қоспасында) көлемінің ішінде де пайда болуы мүмкін. Көлемдік конденсацияның басталуы үшін будың едәуір қанығуы қажет. Конденсацияның ұйытқысы немесе орталығы буда болатын электрлік зарядталған бөлшектер (иондалған атомдар) бола алады. *Конденсат* жұқпайтын беттерде сұйық фаза жеке тамшы түрінде (т а м ш ы л ы конденсация), ал түгелдей жұғатын беттерде – пленка түрінде (п л е н к а л ы конденсация) шөгеді. Көп құраушысы (компонентті) болатын газ қоспаларында **фракцияларға** (бөліктерге) немесе химиялық технологияда таза құраушыларға ажырату үшін ф р а к ц и я л ы қ конденсация қолданылады. Фракциялық конденсация газ қоспаларын салқындалған кезде ең алдымен жоғары температурада қайнайтын құраушы бөліктер, ал конденсацияланбаған қалдықтар төменгі температурада қайнайтын құраушылармен байытылады.

КОНДЕНСАЦИЯЛАНҒАН ДЕНЕ – қатты денелер мен сұйықтарды жалпылама біріктіріп, оларды газға қарама-қарсы қойылатын ұғым. Конденсацияланған денедегі атомдық бөлшектер (атомдар, молекулалар, иондар) өзара байланысқан. Бөлшектердің жылулық қозғалысының орташа энергиясы байланысты өз бетінше үзуге жетпейді, сондықтан конденсацияланған дене өзінің көлемін сақтайды. Атомдық бөлшектердің байланысының өлшеуіші булану жылуы (сұйықта) және жылулық құрғақ айдау (қатты денеден) болады.

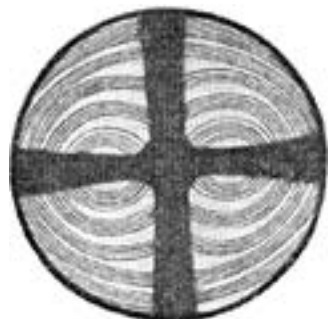
КОНДЕНСАЦИЯЛАНҒАН КҮЙ (латынша «конденсатио – қоюлану»), **қоюланған күй** – заттар бөлшектерінің біріне-бірінің тығыз дерлік (яғни өте жақын) орналасқан күйі. Қалыпты жағдайларда газ молекулаларының арақашықтықтары молекулалардың өлшемдерінен әлденеше есе артық. Газдың орналасқан түгел көлемінің оның барлық молекулаларының қосынды көлеміне қатынасы 10^3 еседей, яғни 1-ден едәуір артық ($V/V_0 > 1$), мұндағы V – газ көлемі, V_0 – молекулалар көлемі.

Табиғатта $V/V_0 = 1 \div 3$ (1-ден 3-ке дейін) болатын өзге заттардың күйі кездеседі. Бөлшектер біріне-бірі өте тығыз орналасқан. Осы күй **конденсацияланған күй** деп аталған.

Конденсациялық күйлі жүйелерге сұйықтар мен қатты денелер, оның арасында кристалдар, сондай-ақ аморфты денелер және сұйықтар мен кристалдар арасында

болатын – сұйық кристалдар жатады. Қатты денелердің бөлшектері тепе-теңдік қалпының маңында тербеліс жасайды. Қатты денелер сыртқы күштер ықпал етпеген жағдайда пішіндері мен көлемдерін өзгертпей сақтайды. Заттардың қатты және сұйық күйлерінің газ тәрізді күйден айырмашылығы бөлшектері (иондары, атомдары, молекулалары) реттілікпен орналасқан. Кристалды қатты денелерге жоғары дәрежелі реттілік тән, олардың бөлшектері **алыс реттілікпен** орналасқан. Сұйықтардың және аморфты қатты денелердің бөлшектері едәуір ретсіз орналасқан, оларға **жақын реттілік** сипаты тән. Заттардың конденсацияланған күйлері оның құрылымы мен бөлшектердің өзараәсерлесуімен анықталады.

КОНОСКОПИЯ (грекше «konos – конус» және «скопео – қараймын») – кристалдардың оптикалық қасиеттерін полярландырған микроскоп объективінің жоғарғы фокустық жазықтығында байқалатын *интерференциялық* пішіндер. Пішіннің әрбір нүктесі кристалдан өткен жарықтың белгілі бір бағытына сәйкес болады. Коноскопиялық пішіндегі интерференциялық бояудың иілген жолақ фонында бір немесе екі күңгірт жолақ (изогирлер) көрінеді. Осы пішіндер бойынша кристалдардың осьтерін, оптикалық осьтер аралығындағы бұрыштың шамасын анықтауға болады.



Екі осьті кристалдағы коноскопиялық пішін

КОНСЕРВАТИВТІК ЖҮЙЕ (латынша «консерво – сақтаймын») – механикалық энергияның сақталу заңы орындалатын, яғни жүйенің кинетикалық энергиясы (T) мен потенциалдық энергиясының (Π) қосындысы тұрақты: ($T + \Pi = \text{const}$) болатын **механикалық жүйе**. Сақталудың өзге заңдарының, мысалы, *қозғалыс мөлшерінің* сақталу заңының орындалмауы мүмкін. Консервативтік жүйеге – **Күн жүйесі** мысал бола алады. Жер жағдайында механикалық энергияның бір түрден екінші түрге ауысуы (мысалы, жылуға ауысуы) оның кемуін тудырады. Консервативтік жүйе тек жуық шамамен ғана жүзеге асырылады.

КОНТИНУУМ (латынша – үздіксіз) – 1) тұтас орта; 2) еркін бөлшектің энергиялық деңгейлерінің үздіксіз тізбегі.

КОНТУР (французша) – 1) бір заттың нобайы, сызығы, пішінін сызу; 2) электр тогы өтетін тұйық тізбек.

Байланысқан контурлар – бір контурдағы электр тогының өзгерісі екінші контурда электрқозғаушы күштің пайда болуына әкеп соқтыратын қасиеті болатын электрлік контур.

Тербелмелі контур – тізбектеліп жалғанған конденсаторлардан, индуктивтілік катушкалардан және резисторлардан құралған электр тізбегі.

Электрлік контур – тармақтарынан электр тогы өтетін кез келген тұйық тізбек.

КОНФУЗОР (латынша «конфундо – ендіремін, араластырамын») – ағында ағын арнаның (құбырдың) жіңішкере келе қайтадан кеңейетін, көлденең қимасы дөңгелек немесе тіктөртбұрышты пішінді болатын бөлігі. Осы бөлікте сұйық немесе газ ағыны дыбыстық жылдамдыққа дейінгі шапшандықпен еніп, потенциалдық энергиясын кинетикалық энергияға түрлендіріп бастапқы жылдамдығын арттырады. Конфузор дыбыстан асқынжылдамдық шығару үшін *Лаваль соплосының* алдына орналастырылады. Конфузор дыбыс жылдамдығына дейінгі жылдамдық соплосы ретінде пайдаланылады. Конфузордағы ағын *диффузордағы* ағынға кері сипатты болады.

КОРИОЛИС КҮШІ (француз ғалымы Гюстав **Кориолистің** (1792 – 1843) құрметіне аталған) – **инерциялық күштердің** бірі; *материалдық нүктенің* салыстырмалы қозғалысына жылжымалы санақ жүйесі айналысының тигізетін әсерін есепке алу үшін енгізілген. Бұл күш нүктенің массасы мен *Кориолис үдеуінің* көбейтіндісіне тең және осы үдеуге қарама – қарсы бағытталады. Айналымалы санақ жүйесінің айналыс осіне параллель болмай қозғалатын материалдық нүкте Кориолис күшінің әсерінен жүйенің салыстырмалы жылдамдығына перпендикуляр бағытта ауытқиды, немесе материалдық нүкте әлгіндей **ауытқуға кедергі жасайтын денеге қысым түсіреді**. Бұл эффект Жердің тәуліктік айналуы салдарынан да пайда болады. Кориолис күші әсерінен **еркін түсетін дене тік бағыттан шығысқа қарай** ауытқиды; ал жер бетінде меридиан бағыты бойынша қозғалатын дене қозғалыс бағытынан Солтүстік жарты шарда **оңға қарай**, Оңтүстік жарты шарда **солға қарай ауытқиды**. Жердің айналысы баяу болғандықтан, бұл ауытқулардың шамасы аз болады. Өте үлкен жылдамдықпен қозғалатын денелерде (мысалы, алысқа ұшатын ракетада, артиллерия снарядтарында), сондай-ақ ұзақ уақыт қозғалыста, (мысалы, өзен кемерлерінің мүжілуі, **Бэр заңы** бойынша), кейбір ауа және мұхит ағындарында т.б. пайда болатын ауытқу шамаларының едәуір болатындығы байқалады. Кориолис күші техникада және басқа айналу жүйелерінде (гироскоп және турбина теорияларында) ескеріледі.

КОРИОЛИС ҮДЕУІ, бұру үдеуі – нүктенің тасымалды қозғалыс, яғни санақ жүйесінің жылжымалы қозғалысы кезінде пайда болатын толық үдеудің бір құраушысы. Бұл үдеу нүктенің салыстырмалы қозғалысы кезіндегі тасымалды қозғалыс пен тасымалды жылдамдық кезіндегі нүктенің салыстырмалы

жылдамдығының ($v_{\text{сал}}$) өзгеруі салдарынан пайда болады. Кориолис үдеуі – жылжымайтын санақ жүйесіне қатысты емес, нүктенің негізгі үдеуіне қатысты бөліктің бір бөлігі болып табылады. Мысалы, нүкте Жер бетіндегі қозғалыс кезінде оның (Жердің) айналысы салдарынан Жерге қатысты емес, жұлдыздарға қатысты кориолис үдеуіне ие болады. Кориолис үдеуі ілгерілемелі тасымалды қозғалыс кезінде (бұрылу бұрышының жылдамдығы және осы жылдамдық пен нүктенің салыстырмалы жылдамдығының арасындағы бұрыш нөлге тең болғанда) нөлге тең болады.

КОРПУСКУЛА (латынша «корпускулум – бөлшек») – классикалық (кванттық емес) физикадағы бөлшек. Корпускулалық – бөлшектік қасиетке ие дегенді білдіреді.

КОРПУСКУЛАЛЫҚ ОПТИКА – физиканың зарядталған бөлшектердің (электрондардың және иондардың) электр және магнит өрістеріндегі қозғалыс заңдарын зерттейтін саласы. «Корпускулалық оптика» атауы әлгі электр және магнит өрістеріндегі бөлшектер қозғалысы мен оптикалық біртекті орталардағы жарықтың таралуының арасындағы ұқсастыққа байланысты қойылған атау.

КОРПУСКУЛАЛЫҚ – ТОЛҚЫНДЫҚ ЕКІЖАҚТЫЛЫҚ – *кванттық теорияның* микронысандардың тәртібінде корпускулалық та, сондай-ақ толқындық та ерекшеліктері бола алады делінетін түсінігі. Классикалық (кванттық емес) физиканың түсінігі бойынша бөлшектердің қозғалысы және толқындардың таралуы – принциптік тұрғыда әртүрлі физикалық үрдістер (процестер) болып саналғанды. Бірақ та жарықтың металдардың беттерінен электрондарды жұлып шығаруы (*фотоэффект*) жөніндегі тәжірибелер, жарықтың электрондардан шашырауын (*Комптон* эффектісі) зерттеу және басқа ғылыми тәжірибелердің нәтижелері классикалық теорияларға сәйкес жарықтың толқындық табиғаты болатын нысан екеніне назар аудартқан.

Мысалы, электрон, нейтрон, фотон бір жағдайларда классикалық траектория бойынша қозғалатын және белгілі бір энергия мен импульске ие, ал өзге бір жағдайларда – бөлшектердің *интерференциялық* және *дифракциялық* құбылыстарына тән толқындық табиғатын көрсетеді. Корпускулалық-толқындық екіжақтылықтың алғашқы принципіне кванттық механика мен өрістің кванттық теориясы жатқан.

Алғашқы корпускулалық-толқындық екіжақтылық жарық үшін негізделген. XIX ғасырдың соңына қарай жарықтың интерференциясы, дифракциясы және *полярилануы* бойынша жүзеге асырылған тәжірибелер жарық электрмагниттік толқын болып табылады делінетін **Максвеллдің** теориясын растаған. Мұнымен

қатар 1900 жылы М.Планк жылулық сәуленің тепе-теңдік заңын түсіндіру үшін сәуле шығару энергиясы белгілі бір мөлшерлі (ε) шамаға (кванттық энергияға) еселі: $\varepsilon = h\nu$ (мұндағы ν – толқын жиілігі, h – әсер өлшемділікті тұрақты шама) болады делінетін болжал қабылдауды ұсынған. Соңынан $\hbar = h/2\pi \approx 1,05 \cdot 10^{-27}$ эрг·сек шамасы қолайлы болатындығы анықталған, сонда $\varepsilon = \hbar\omega$, мұндағы $\omega = 2\pi\nu$ – толқынның дөңгелек жиілігі. Бөлшектер ағыны – энергиясы (\mathcal{E}) және импульсі (p) болатын және жиілікпен (ν) әрі толқын ұзындығымен (λ): $\mathcal{E} = h\nu$, $p = h/\lambda$ қатынасымен байланысқан *фотондармен* ұқсастығы болатынын айғақтады. Екінші жағынан кристалға түсетін электрондар шоғы *дифракциялық* кескін – суретін шығарады, бұл жайтты тек толқындық қасиетпен ғана түсіндіруге болады: еркін қозғалатын электрон толқын ұзындығы мен жиілігі $\lambda = h/p$, $\nu = \mathcal{E}/h$ (мұндағы p – импульс, \mathcal{E} – электронның энергиясы) қатынастарымен байланысқан *де Бройль толқынымен* салыстырылады. Кейіннен осы құбылыстың жалпы алғанда бүкіл микробөлшектерге тән қасиет (микробөлшектердің *дифракциясы*) екені айғақталған. Осы екіжақтылық – корпускулалық және толқындық қасиеттерді классикалық физиканың аясында біріктіріп түсіндіруге болмайды; себебі бөлшектердің шашырауы кезінде дифракциялық кескін – суреттің пайда болуы әлгі бөлшектердің траектория бойынша қозғалысымен сыйыспайтын түсінік. Корпускулалық – толқындық екіжақтылықтың табиғи түсініктемесі кванттық *механикада* тұжырымдалды.

XIX ғасырдың соңында ғалымдар жарық энергиясының түрлену мәселелеріне көңіл бөле бастаған. *Абсолют қара дене* оған түсетін, көрінетін жарықтың барлық спектрін, сондай-ақ көрінбейтін сәулелер – ультракүлгін және инфрақызыл сәулелерді де түгелдей жұтады. Бірақ дене қыздырылған кезде тек белгілі бір түстерді, яғни дене алдымен (мысалы, оттағы көсеу) инфрақызыл (жылулық) сәуле, сонан соң қып-қызыл болып қатты қызарады, одан кейін қыздырылуға тәуелді түрде сарғыш және ең соңында ағарған түсті болады. Егер де дене жеткілікті күшті қыздырылса, ол ақшыл-көгілдір түсті болып ультракүлгін сәуле шығарады, бұл ең ыссы жұлдыздар шығаратын сәуле. Жарықтың толқындық теориясы қара дененің қыздырылуына орай шығаратын сәуленің түсі неліктен өзгеретінін түсіндіре алмайды. Толқындық теорияға сәйкес қыздырылған кезде бірден әртүрлі температура кезінде әрқилы жиіліктер шығарылмай барлық жиіліктегі сәулелердің пайда болуы тиісті.

1900 жылы неміс физигі Макс Планк (1858 – 1947) төтенше төңкерістік идея тұжырымдады. Ол кез келген энергия түрі, оның арасында жарық та бар, жеке мөлшерден (порциядан) құралған; дененің энергиясы 1-ге, немесе 1млн

мөлшерге (порцияға) ғана тең, бірақ та ешқашан 0,8-ге; 2,5 немесе 354,67 мөлшерге (порцияға) тең болмайды деп алдын ала болжаған. Энергияның осы мөлшері (порциясы) “**квант**” (латынша “квантум – порция” деген сөзден) деген атауға ие болған. Квант энергияның өте кіші мөлшері, біздер көзімізге түскен жарықтың жеке квантын көре алмаймыз. **Жарық энергиясының кванты – фотон** деп аталған.

Планктың кванттық болжалы көсеудің неліктен түрлі түсті сәуле шығаратындығын түсіндірді. Планк әрбір фотонға сәйкес болатын энергия оның жиілігіне тәуелді болатынын: жиілік қаншалықты жоғары болса (яғни ол көгілдір немесе ультракүлгін түске қаншалықты жақын болса) оның энергиясы соншалықты үлкен болатынын алдын ала болжаған. Сондықтан көсеуге қаншалықты жоғары жылу берілсе, ол соншалықты едәуір жоғары жиілікті сәуле шығарады.

Жарықтың бөлшектенбейтін квантқа тең ағын болып табылатындығы жарықтың корпускулалық теориясына қайтып оралу болды. Жарық кванты (фотонды) материяның *қарапайым бөлшектерінің* бірі ретінде қарастырыла басталды. Бірақ интерференция және дифракция ретіндегі эффектілер тек жарық өзін толқын секілді ұстанған кезде ғана түсіндіруге болады. Ғалымдар осы мәселені **жарық жағдайға тәуелді түрде өзін толқын әрі бөлшектер ағыны ретінде көрсете алады** деп болжаған. Осы жайт тек қиын жағдайдан құтылу тәсілі емес – жарықтың екі жақтылық (дуализмдік) қасиеті ғылыми тәжірибе және математикалық есептеулер арқылы дәлелденіп расталған. Керісінше де, атап айтқанда шапшаң қозғалатын атомнан кіші (субатомдық) бөлшектер де толқындық қасиеттер болады. Мысалы, электрондық микроскопта электрондық ағындар өздерін толқын ретінде көрсетеді.

Кванттық теория – жарыққа қатысты ғалымдардың жүздеген жылдар бойы созылған таластарын біржолата шешті. **И.Ньютон** (1643 – 1727) жарықтың *корпускулалық* теориясын, ал **Х.Гюйгенс** (1629 – 1695) жарық толқын түрінде таралады деп пайымдады. **М.Планктың** ғылыми еңбегінің арқасында көзқарастағы айырмашылық келмеске кетті: жарықты зерттелмекші құбылысқа тәуелді түрде бөлшек әрі толқын ретінде қарастыруға және түсіндіруге болады.

КОСИНУС ФИ ($\cos\varphi$) – синусоидалы ток үшін – «куат коэффициенті» деген ұғым болып табылады. Куат коэффициенті – электр тізбегінің **активті қуатының толық қуатқа** қатынасы. φ – *кернеу мен ток күші* арасындағы *фаза* бойынша ығысуы.

КОТТОН ЭФФЕКТИСІ, дөңгелек дихроизм (екітүстілік) – оң жақ және сол жақ дөңгелектері бойынша полярланған жарықтың (оптикалық сәуленің) кейбір оптикалық активті заттарда бірдей болмай, әрқилы жұтылуы. 1911 жылы фран-

цуз физигі Эме **Коттон** (1869 – 1951) ашқан. Заттың активті қабатының қалыңдығы жеткілікті болса, онда полярланып шыққан жарықтың бір бөлігі Коттон эффектісі кезінде затқа толықтай жұтылады да сәуленің қарама-қарсы полярланған едәуір бөлігі қабаттан өтіп кетеді. Сондықтан дөңгелек дихроизмге ие заттың осыған ұқсас қабаты *поляризатор* бола алады. Жалпы жағдайда Коттон эффектісі кезінде сызықтық полярланған жарық эллипстік полярлануға айналады. Бұл эффект негізінен өзінің затты меншікті (резонанстық) жұту жолағына таяу пайда болады. Оптикалық активті заттардың құрылымдары мен қасиеттерін зерттеу үшін пайдаланылады.

КОТТОН – МУТОН ЭФФЕКТИСІ – магниттік өріске орналастырылған (жарық сәулеге перпендикуляр бағытта) *изотропты* затта сәуленің қосарланып сынуы. Мұны алғаш рет коллоидты ерітінділерде 1875 жылы шотланд физигі Джон **Керр** (1824 – 1907) және оған тәуелсіз 1901 жылы итальян физигі К.**Майорана** ашқан. Алайда оны жан-жақты зерттеген француз физиктері: 1907 жылы Эме **Коттон** (1869 – 1956) мен Э.**Мутон**. Коттон – Мутон эффектісін бақылау үшін магнит өрісі бағытымен 45° бұрыш жасайтын сызықты полярланған *монохромат* жарық күшті электрмагнит полюстерінің арасына орналасқан мөлдір заттың үлгісі арқылы өткізіледі. Молекулалардың ретсіз орналасуы жекелеген молекулалардың **анизотропиялы** болуына қарамастан сыртқы өрістің әсері болмайтын жағдайда макроскопиялық изотропты ортаны қамтамасыз етеді. Зат магнит өрісінде молекулалардың магниттік моменттерінің немесе молекулалардың біріктіру (агрегаттарының) бағыттары бойынша реттелуінің нәтижесінде анизотропты болады. Зат арқылы өтетін жарық сызықтық полярланған күйден эллипстік полярланған күйге ауысады, оның себебі жарық заттан өтуі кезінде екі сәулеге – әдеттегі және әдеттегідей емес сәулелерге ажырайды, олардың сыну көрсеткіштері (n_0 және n_e) әртүрлі болады. Әлгі сәулелер біріне-бірі өте жақын бұрышпен таралады (іс жүзінде олардың бағыттары бір-біріне үйлесетін болады). Сондықтан Коттон – Мутон эффектісін анықтау (табу) үшін жеткілікті күшті магнит өрісі қажет. Осы эффект – магниттік оптикалық эффектiге жатады. Коттон – Мутон эффектісінің теориясы *Керр эффектісінің* теориясына ұқсас. Әртүрлі заттардағы осы эффектіні зерттеу арқылы молекулалардың құрылымдары, молекулааралық агрегаттардың пайда болуын және молекулалардың қозғалғыштығын анықтауға болады.

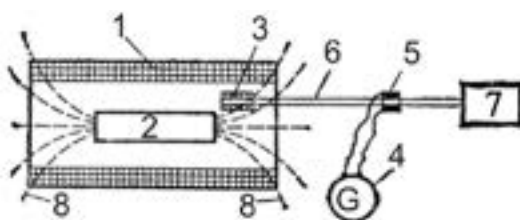
КОЭРЦИТИВТІК КҮШ (латынша «коэрцитио – ұстап тұру»), **коэрцитивтік өріс** – ферромагниттік материалдардың (ФМ) олардағы *магниттелу* (қайта магниттелу) үрдісінің (процесінің) қандай дәрежеде қиындылығын көрсететін сипаттамасы. Магниттелушіліктің (М) магнит өрісі ($\pm H_m$ шегінде циклді өзгертін)

кернеулігіне тәуелділігін графиктік бейнелеу кезінде *гистерезис* тұзағы пайда болады. Магнит өрісі $\pm H_m$ -нен нөлге дейін төмендеген соң ФМ-да магниттік қалдық $\pm M_r$ сақталады. Магниттелушілік таңбасы бойынша қарама-қарсы алдыңғы магниттеуші H_c өрісті түсіргеннен соң нөлге тең болады. H_c шама берілген гистерезистік циклдің коэрцитивтік күші болып табылады. Егер H_m жеткіліксіз аз шама болса, гистерезистің ішінара циклі пайда болады. Коэрцитивтік күштің мәні осы жағдайда H_m шамасына тәуелді болады. H_c -тің ең үлкен мәні гистерезистің сәйкес шектік тұзағына берілген материалдың коэрцитивтік күші болып табылады. Коэрцитивтік күш – алдын ала қаныққанша магниттелген ферромагниттік үлгінің магнитсіздейтін магниттік өрістің кернеулігі (H_c). Бұл күш үлгінің магниттелушілігі (J) немесе магниттік индукциясы (B) сәйкес түрде нөлге айналатын коэрцитивтік күштерге ажыратылады.

Коэрцитивтік күш *коэрцитиметрмен* өлшенеді. Ферромагниттердің коэрцитивтік күшінің шамасы кең алқапта өзгереді; $10^{-3} - 10^4$ Э (эрстед) аралығында $8 \cdot 10^{-2} - 8 \cdot 10^5$ А/м). Коэрцитивтік күштің шамасы бойынша магниттік материалдар **магниттік** – **жұмсақ** материалдарға (H_c аз) және **магниттік-қатаң** материалдарға (H_c көп) ажыратылған. Коэрцитивтік күштің мәні үлгінің қайтадан магниттелуіне кедергі жасайтын факторлармен анықталады. Үлгілерде қоспалардың және кристалдық торлардың өзгедей ақаулардың болуы магниттік *домендердің* шекараларының қозғалысын қиындатады, соның нәтижесінде H_c -ті арттырады. Берілген магниттік материал үшін коэрцитивтік күш көп жағдайда үлгінің жасалу және оның өңделу, сондай-ақ сыртқы шарттарға, мысалы, температураға тәуелді болады.

КОЭРЦИТИВТІК ӨРИС, сегнетэлектриктердегі – сегнетэлектриктердің полярлануын нөлге дейін азайту үшін оған полярлық фазада түсірілуге қажет электр өрісінің кернеулігі.

КОЭРЦИТИМЕТР – ферромагниттік материалдардың *коэрцитивтік күшін* өлшеуге арналған аспап. Коэрцитивтік күш үлгідегі магниттік индукциясы (B) немесе оның магниттелушілігі (J) бойынша анықтала алады. Коэрцитивтік күштің магниттелуі бойынша өлшеуге арналған коэрцитиметр көп таралған. Нс өлшенетін кезде сыналатын үлгі ең әуелі электрмагнитте немесе коэрцитиметрдің магниттеуші орамында іс жүзінде қаныққанға дейін



Өлшеуіш генераторлы коэрцитиметр (блок-сұлбасы): 1 – магниттейтін катушка; 2 – үлгі; 3 – генератордың өлшеуіш катушкасы; 4 – магнитэлектрлік гальваниметр; 5 – коллектор; 6 – электрқозғалтқышының білігі; 7 – электрлік қозғалтқыш; 8 – үлгінің магнит өрісінің күш сызықтары

магниттеледі. Содан соң әлгі үлгі орнатылған орам арқылы тұрақты ток өткізіледі, осы токтың магнит өрісі үлгіні магнитсіздендіреді. Ток үлгінің магниттелушілігі (J) нөлге дейін кемігенше ток күші арттырылады, бұл жайт индикатор (нөлдік аспап) арқылы тіркеледі. Коэрцитиметр орамындағы үлгінің магниттелушілігі $J = 0$ мәніне сәйкес болатын ток күші бойынша магнитсіздендіру өрісінің кернеулігі, яғни H_c анықталады. Коэрцитиметрлер негізінен үлгінің магниттелушілігінің нөлге теңеу тәсілі бойынша бірінен-бірі ажыратылған. Сызбада нөл индикатор ретіндегі өлшеуіш генераторлы коэрцитиметрдің құрылысы бейнеленген.

КӨЗ, ф и з и к а л ы қ – физикалық ұғымдарда неше алуан жүйелерде, орталарда және басқа құбылыстарда энергия, қорек ретінде және басқа құбылыстардың шығу, пайда болу себептерін білдіру үшін пайдаланылатын табиғи немесе жасанды қойнаулардың ортақ отауы.

Жарық көзі – спектрдің көрінетін, ультракүлгін және инфрақызыл аймақтарындағы электромагниттік энергияны таратушы (шығарушы).

Жарықтың нүктелік көзі – сфералық толқындарды таратушы (шығаратын) жарық көзі.

Жылу көзі – әртүрлі энергия түрлерін жылуға түрлендіретін құрылғы.

Ток көзі – әртүрлі энергия түрлерін электр энергиясына түрлендіретін құрылғы.

Толқындардың когеренттік көздері – бірдей жиілікті және фазалар айырымы уақыт бойынша тұрақты болып тербелетін толқындар көздері.

Ядролық сәулелер көзі – радиоактивтік ыдырау немесе ядролық реакция жүзеге асырылатын радиоактивтік зат немесе құрылғы.

КӨБЕЙТКІШ – бір нәрсенің санын, мөлшерін, қасиеттерін, құбылыстарды күшейтетін, молайтатын әдіс немесе құрылғы, аспап және қондырғы.

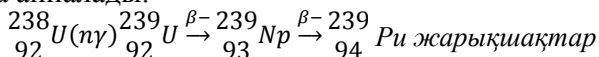
Екінші реттік электрондық көбейткіш – әсері екінші реттік электрондық эмиссияға негізделген электрондар тоғын күшейткіш.

Жиілік көбейткіш – құрылғыға келетін электрлік тербелістердің жиілігін бүтін сан есе арттыруға арналған құрылғы.

Фотоэлектрондық көбейткіш (ФЭК) – әлсіз жарық сигналдарын электрлік сигналға түрлендіретін, әсері *фотоэлектрондық* және екінші реттік электрондық көбейткішке негізделген аспап.

КӨБЕЙТКІШ РЕАКТОР, бридер – *ядролық тізбекті реакция* кезінде жаңадан пайда болған ядроларының саны ыдырау нәтижесінде жойылған ядролар санынан артық болатын, яғни ыдыратылатын ядролардың ұлғаймалы ұдайы өндірісін жүзеге асыратын *ядролық реактор*. Ядролардың ұлғаймалы ұдайы өндірісі циклі *ядролық реакцияның* екі түрлі тобына негізделген. Уран – плутон циклінде баяу

нейтрондармен бөлінбейтін уран – 238-дің (^{238}U) ядросы плутоний – 239-дың (^{239}Pu) бөлінетін ядросына айналады.



Көбейткіш – реактор ұдайы өндіріс коэффициентімен – ыдырағыш ядролардың пайда болу жылдамдылығының оның жойылу жылдамдығына қатынасымен сипатталады. $K_{\text{эф}} > 1$ болуы үшін плутоний – 239-дың (^{239}Pu) ядросының нейтронды бір реттік жұтуына жаңадан пайда болатын нейтрондардың саны екі еседен артық ($\nu > 2$) жұтылуы қажет. Нейтрондардың реактордың жасалу материалына және ыдырау өнімдеріне жұтылуы себепті олардың саны $\nu > 2,2 - 2,3$ есе артық болғаны дұрыс.

Көбейткіш – реактордың активті аймағы (зоначы) ұдайы өндірістік қабатпен қоршалған (бұл қабат ұдайы өндіріс зонасы деп аталған). Реактор арқылы сұйық натрий (Na) сормаланып өткізіледі. Бұл сұйық шапшаң нейтрондарды баяулатпайды, жылуды жақсы бөліп алып кетеді. Көбейткіш – реактордың қуаты уран – 239 шыбығын (стерженін) жоғары-төмен жылжыту арқылы реттеледі. Егер жылулық нейтрондармен жұмыс істейтін ядролық реактор 0,5 – 1% уран «жағатын» болса, көбейткіш – реактор қолданылғанда осы пайыз (%) саны ондаған есе артады. Осының нәтижесінде ядролық энергетиканың шикізаттық қоры көп үнемделмек.

КӨЛДЕНЕҢ ТОЛҚЫН – толқынның векторлық шамасын (мысалы, гармониялық толқындар үшін – векторлық амплитудасын) сипаттайтын шама. Толқынның таралу бағытына перпендикуляр жазықтықта жататын толқын. Көлденең толқынға изотропты диэлектриктегі немесе **магнетиктегі біртекті жазық электрмагниттік толқындар** жатады. Осы жағдайда кейбір электрлік және магниттік өрістер көлденең тербелістер жасайды.

КӨЛЕМ – үш өлшемді (ұзындығы, ені, биіктігі болатын) заттың (дененің) кеңістікте алып жатқан [текше (куб) бірлігімен өлшенетін] аумағы.

Кризистік көлем – заттың кризистік күй кезіндегі көлемі.

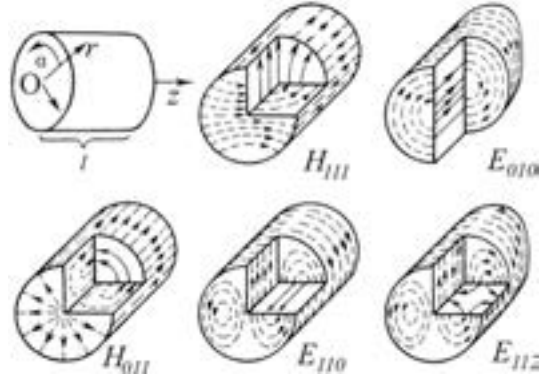
Меншікті көлем – заттың алып жатқан көлемінің оның массасына қатынасы.

Мольдік көлем – қалыпты жағдайлардағы 1 мольдің алып жатқан көлемі.

Үлестік көлем, $g \text{ а з д ы ң}$ – берілген газ қоспасының құрамындағы белгілі бір газдың өзге газдардан босатылған (бөлініп әкетіліп) жағдайдағы, тек қысым мен температурасы ғана бастапқы күйінде сақталып қалатын кезде әлгі газдың алып жататын көлемі.

КӨЛЕМДІК КҮШ, **массалық күш** – берілген дененің бүкіл бөлшектеріне (қарапайым көлемді) әсер етуші және бөлшектердің массасына пропорционал күш. Көлемдік күшке – **тартылыс күші** мысал бола алады.

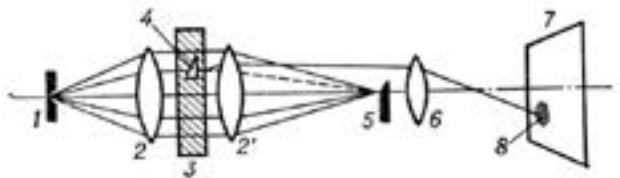
КӨЛЕМДІК РЕЗОНАТОР (латынша «резоне – жаңғырық, дыбыс беру, үн қату») – ішінде еркін электрмагниттік тербелістер бола алатын жақсы өткізгіш қабырғалы тұйық қуыс. Цилиндр, сфера және тороида пішінді көлемдік резонаторлар көп таралған. Меншікті тербеліс периоды $T = 2\pi/\omega$ (ω – дөңгелек жиілік) толқындардың ең қашық қабырғалары арасында жүріп өтетін уақыттан артпайтын болады; $T \lesssim l/c$ (c – жарықтың көлемдік резонаторды толтырған ортада, әдетте ауада, вакуумда таралу жылдамдығы). Сондықтан көлемдік резонатор ұзын толқын диапазонында өте үлкен болады ($l \sim \lambda = cT$), тек аса жоғары жиілік диапазонынан бастап ($\lambda < 10 - 20$ см) оларды қолдану техникалық тұрғыда ақталған.



Цилиндрлік көлемдік резонатордағы тербелістердің қарапайым түрлері. Жебелермен электр өрісінің (тұтас сызықтар) және магнит өрісінің (үзік-үзік сызықтар) қуи сызықтарының бағыттары көрсетілген.

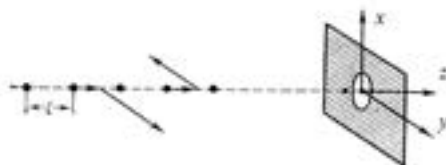
Қарапайым көлемдік резонатор – екі жағы идеал өткізгіш «қақпақпен» жабылған Oz-оське перпендикуляр цилиндр пішінді радиотолқын өткізгіштің кесіндісі болып табылады (сызбаға қараңыз).

КӨЛЕҢКЕЛІК ӘДІС, Төплер әдісі – сындырушы мөлдір орталардағы оптикалық біртексіздіктерді және шағылдырушы беттердегі (мысалы, айналардың) ақауларды табу әдісі. Көлеңкелік әдіс аэродинамикалық құбырларда моделдерді орап ағу кезінде ауа ағындарында пайда болатын тығыздықтың таралуын зерттеуі үшін көпіршікті камераларда (оптикалық біртексіздік түрінде алынған) кескіндерді, телевизиялық жүйелерде үлкен экранға проекциялау үшін қолданылады. Бұл әдісті 1867 жылы неміс физигі Август Теплер (1836 – 1912) ұсынған. Көлеңкелік әдісте нүктелік немесе саңылаулы жарық көзден (1) таралған сәуле шоғы (сызбаға қараңыз) линза немесе линзалар мен айналар (2 – 2') жүйесі арқылы зерттелуші нысанға (объектіге) (3) бағыттталып мөлдір емес (Фуко пышағы деп аталатын) үшкір ұшты бөгетке (5) фокусталады, әлгі көздің кескіні бөгеттің ең шетіне түсетін болып проекцияланады. Егер де зерттелуші нысанда оптикалық біртексіздік ақау болмаса, онда әлгі көзден келетін



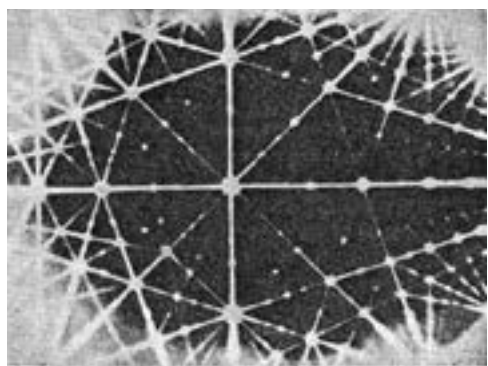
бүкіл сәулелер осы бөгетте бөгіліп қалады. Оптикалық біртексіздік (4) болған кезде сәулелер одан шашырап, олардың бір жартысы бөгеттің үстінен аттап өтетін болады. Бөгеттің артына проекциялауыш объектив (6) немесе окуляр орнатып экраннан (7) біртексіздік ақаудың кескінін (8) көруге болады. Кейде нүктелік жарық көзі мен Фуко пышағының орнына біртексіздіктер болмаған кезде сәуле жолын бөгейтін оптикалық түйіндес торлар (*растрлар*) қолданылады. Сонымен қатар оптикалық біртексіздіктердің сипатын көрнекі түрде анықтауға мүмкіндік жасайтын түрлі түсті **жарық сүзгілері** түріндегі саңылаулар қолданылады. Фуко пышағын немесе торларды пайдаланбай жуық шамалы кескіндер шығару әдісі де бар. Нысанды екі бұрыш жасап орналасқан екі оптикалық жүйемен жарықтандыру арқылы нысандағы біртексіздіктің таралуының *стереоскоптық* суретін байқауға болады.

КӨЛЕҢКЕЛІК ЭФФЕКТ – кристалдық тордың түйіндерінен ұшып шыққан бөлшектердің бұрыштық үлестірілімдеріне тән қарқындылықтар минимумдерінің пайда болуы. Көлеңкелік эффект оң зарядталған бөлшектерден: протондардан, дейтрондардан, α -бөлшектерден және едәуір ауыр иондардан байқалады. Көлеңкелер кристаллграфиялық осьтер бағытында (**осьтік көлеңке**) және жазықтықтарда (**жазықтық көлеңке**) пайда болады. Көлеңкелер осьтің немесе жазықтықтың бағытымен қозғалатын бөлшектердің жолында кездесетін атомдардың атом ішілік электр өрісімен ауытқуының себебінен пайда болады (1-сызба).



1-сызба. Көлеңкенің экранда пайда болуы: l – тізбектегі көрші атомдар арасының қашықтығы.

Көлеңкелік эффект 1964 жылы ядролық реакциялардың өнімдері – бөлшектер ағындарынан кристалл нысананың ядроларын үдетілген бөлшектермен соққылап сәулелендіргенде байқалған [ресейлік физиктер А.Тулинов және швециялық физиктер Б.Домей, К.Бьеркинст бір-біріне тәуелсіз].



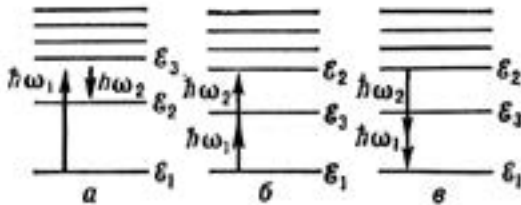
2-сызба. Кристаллдың ионограммасы (жазықтық көлеңке, негативтік кескін).

Фотографиялық эмульсияны пайдаланған кезде үлкен денелік бұрышты көлеңкелік суретті (ионограмманы) тіркеуге болады (2-сызба). Дақтар мен сызықтардың ор-

наласуы (ионограммадағы) кристалдың құрылымына және тәжірибенің геометриялық жағдайына тәуелді.

Көлеңкелік эффект негізінде ядролық реакциялардың өту уақытын 10^{-16} – 10^{-8} сек диапазондарында өлшеу әдісі жасалған. Көлеңкелік эффект кристаллдардың құрылымын зерттеу, қоспалық атомдар мен ақауларды тарату үшін пайдаланылады. Осы эффект кристаллдарды бөлшектер ағындарымен сәулелендіру кезіндегі бағдарланбалық құбылыс тобына жатады.

КӨПФОТОНДЫ ҮРДІСТЕР, көпфотонды процестер – электрмагниттік сәулелердің заттармен бір қарапайым актіде бірмезгілде бірнеше фотонның жұтылуы немесе шығарылуы (немесе оның екеуі де) жүзеге асатын заттармен өзараәсерлесу үрдісі (процесі). Фотондардың жұтылуының немесе шығарылуының айырымы заттар бөлшектерінің (атомдардың және молекулалардың) алатын (немесе жоғалтатын) энергиясына тең. Осы жағдайда бөлшектердің кванттық күйлерінің арасында **к ө п ф о т о н д ы а у ы с у ы** жүзеге асады. Көпфотонды үрдіс

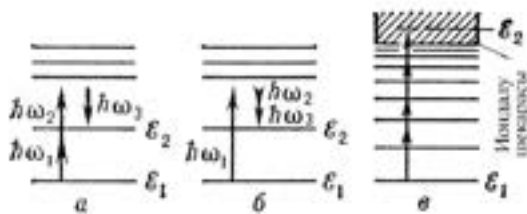


1-сызба. Екіфотонды үрдістердің (процестердің) кванттық сұлбасы: а – комбинациялық шашырау; б – екіфотонды жұтылу; в – екіфотонды шығарылу

жеткілікті күшті жарық өрістерінде болады, сондықтан оларды кең зерттеу лазерлер жасалғаннан кейін басталды.

Екіфотонды үрдіс қарапайым көпфотонды үрдіс болып табылады. Бөлшектердің комбинациялық (аралас-құралас) шашырау актісі бірмезгілде $\hbar\omega_1$ энергиялы фотонды жұтылады және $\hbar\omega_2$ энергиялы өзге фотон шығарылады (1-сызба, а). Осы кезде шашыратқыш

бөлшек E_1 энергиялы күйден E_2 энергиялы күйге ауысады; бөлшектердің энергиясының өзгерісі фотондардың жұтылған және шығарылған энергияларының айырымына $\hbar\omega_1 - \hbar\omega_2$ тең. Бөлшек **е к і ф о т о н д ы ж ұ т у** кезінде (1-сызба, б) жұтылған екі фотонның энергиясының қосындысына $\hbar\omega_1 + \hbar\omega_2$ тең $E_2 - E_1$ энергиясын алады, **з а т т ы ң е к і ф о т о н д ы қ о з д ы р ы л у ы** жүзеге асады. Осы жағдайда алғашында қоздырылған күйде E_2 болған бөлшектердің екіфотонды шығаруы (1-сызба, в) бірмезгілде екі фотон шығарумен: $\hbar\omega_1 + \hbar\omega_2 = E_2 - E_1$ едәуір төменгі деңгейге E_1 ауысады. Үш және одан да көп санды фотондар қатысатын ұқсас үрдістердің болуы мүмкін (2-сызба, а, б). Көпфотонды иондану да және көпфотонды фотоэффект те көпфотонды үрдіске мысал бола алады. Алғашқы жағдайда бірмезгілде бірнеше фотонды жұту нәтижесінде электрондардың атомнан немесе молекуладан жұлынып шығуы жүзеге асады (2-сызба, в). Екінші жағдайда



2-сызба. а, б – үшфотонды (гиперкомбинациялы) жарықтың шашырауы; в – төртфотонды иондандыру

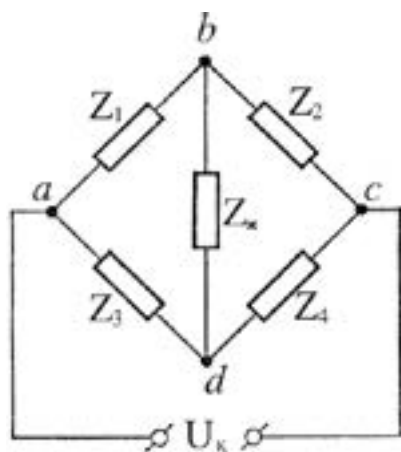
бірмезгілде бірнеше фотонның жұтылуы заттағы электрондардың теңесуіне әкеп соғады.

Фотондарды жұтумен қатар шығару орын алатын көпфотонды үрдістер жиіліктерді оптикалық түрлендірулерде пайдаланылады. Мысалы, еріксіз комбинациялық шашырау үрдісі **комбинациялық**

жиіліктер генераторларында (комбинациялық лазерлерде) пайдаланылады.

КӨПІР ТІЗБЕК, электрлік көпір – қысқыштарының (полюстерінің) бір жұбына қоректендіру көзі, ал екіншісіне жүктеме қосылған, әдетте төрт полюс түріндегі тұйық электр тізбегі. Классикалық көпір тізбек төртбұрыш түрінде тізбектеп қосылған – төрт иінді **көпір** деп аталған электрлік кедергілері Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 (көпір **тізбектің иіні**) бар төрт бөліктен құралған (сызбаға қараңыз). Көпір сұлбасындағы a, b, c және d нүктелері **төбелер** деп аталған; қоректендіру көзі (U_k) бар тармақ **қоректендіру диагоналы**, ал электрлік кедергілері бар жүктеме ($Z_{ж}$) **жүктеме диагоналы** деп аталған. Көпір тізбектің диагоналының әрқайсысы қарама-қарсы жатқан төбелерді бір – бірімен қосады («Көпір тізбек» деп аталуының себебі де осыдан).

Жүктеме тізбегіндегі ток күші ток көзінің электрқозғаушы күшінің (ЭҚК-тің) кез келген мәнінде нөлге тең болады (теңгерілген көпір тізбек). Көпір тізбектің өзге бір түрі – **қосарланған** (6 иінді) көпір болады. Төртінді көпірдің тепе-теңдік шарты $Z_1/Z_2 = Z_3/Z_4$ орындалатын кезде көпір тізбектегі тұрақты токтың тепе-теңдігі иіндер кедергілерінің біреуін реттеу арқылы жүзеге асырылады. **Айнымалы токтың көпір тізбегінде тепе – теңдік шарты** комплексті шамаларды байланыстырады; нәтижесінде осы шарт әрқайсысы нақты сандарды – иіндер параметрлерін (кедергілерді, индуктивтілікті, сыйымдылықты, жиіліктерді) байланыстыратын



Көпір тізбек. Төртінді көпір тізбектің сұлбасы: a, b, c және d – төбелер; Z_1, Z_2, Z_3 және Z_4 – иіндер; $Z_{ж}$ – жүктеме; U_k – қоректендіру көзі

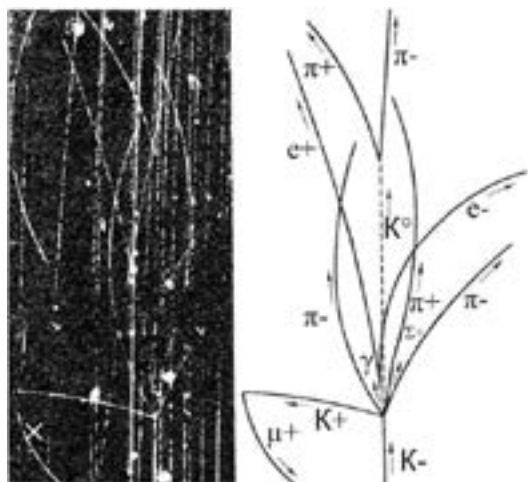
екі теңдікке ажыратылады. Айнымалы токтың көпір тізбегін теңгеру үшін жалпы жағдайда көпірдің ең болмағанда екі параметрін реттеу қажет болады.

Көпір тізбек электр- және радиотехникада, өлшеуіш техникада, телемеханикада, байланыс техникасында пайдаланылады.

КӨПІРШІК – сұйықта, сұйық массада пайда болатын сырты жұқа сұйық қабығымен қоршалып ауа (бу) толтырылған кішкене мөлдір шар тәрізді көбіктерден түзілген дискреттік жүйе. Көпіршік **беттік тартылыстың** және **сұйық ағыны әсерінен** жұқарып өздігінен **жарылады**. Таза сұйықтарда көпіршіктің түзілуі үшін аздаған көпіршік түзгіш заттар (спирт, сабын, белок) қосылады. Өзге дисперстік жүйелер сияқты көпіршіктер де дисперсиялық және конденсациялық үрдістер (процестер) кезінде химиялық реакцияның не асақанық ерітінді қысымының төмендеуінен газдардың (CO_2) түзілуі нәтижесінде пайда болады. Физикалық ғылыми тәжірибелер жасау кезінде көрінбейтін қарапайым бөлшектердің іздерін (тректерін) көрнекі көрсету детекторларында қолдау тапқан. Жылу мен дыбысты өткізбеу қасиеті болғандықтан көпіршік құрылыс материалдарын жасауда, өрт сөндіру ісінде, сыра, шампан шарабы өндірісінде қолданылады.

КӨПІРШІКТІ КАМЕРА – әсері бөлшектер траекторияларының маңында аса қызған сұйықтың қайнауына негізделген, жоғары энергиялы зарядталған бөлшектердің іздерін (тректерін) байқауға арналған аспап. Мұны 1952 жылы американи физигі Дональд Глезер (Глейзер) (1926 – 2013) ойлап тапқан. Көпіршікті камерада абсолюттік таза резервуарға құйылған кез келген қоспалардан арылтылған сұйық қайнау температурасынан жоғары нүктеге дейін қыздырылады, ал сұйықты тұрақтандыру үшін сыртқы қысым түсіріледі. Камераға зарядты бөлшектер түскенде, оның жүріп өткен жолындағы зарядталған иондармен газ (бу) көпіршіктері түзіледі. Сұйықты қайнау температурасынан жоғары нүктеге дейін қыздыруға болады, бірақ осы асақызған сұйық тұрақты емес, ол белгілі бір уақыт (τ) өткенде қайнайтын болады.

Зарядталған бөлшек асақызған сұйықтан өткен кезде ($T > T_k < T_{ок}$), ($T_{ок}$ – өздігінен қайнау температурасы)



Сұйық сутектік көпіршікті камерадағы K^- -мезондардың протондармен өзараәсерлесуі нәтижесінде Σ^+ , K^+ , π^+ , π^- , K^0 бөлшектердің тууы, бұлар π^+ және π^- -мезондарға ыдырайды.

бөлшектердің іздері бойынша қайнау ұйытқысының орталықтарының пайда болуына әкеп соқтырады. Сұйықтың қайнау ұйытқысының орталығы осы ортадан өткен зарядты бөлшектердің бөліп шығарған δ -электрондар жұту есебінен қызған шағын аймақ пайда болады. 0,5 – 3 мсек (микросекундта) аралығында пайда болатын ұйытқылардағы көпіршіктердің өлшемдері 50–300 мкм-ге дейін артады, оларды импульстік жарық көзімен жарықтандырып суретке түсіруге болады. Жұмыстық сұйық ретінде көп жағдайда сұйық сутек, дейтерий, неонның (Ne) сутегімен қоспасы (криогенді камерада), сондай-ақ пропан (C_3H_8), фреон және ксенонның (Xe) пропанмен қоспасы (ауыр сұйықты камерада) пайдаланылады.

Көпіршікті камерамен көптеген қарапайым бөлшектер ашылған. Бұл камераның басты кемшілігі «басқарылымсыздығы», яғни жұмыс жасау үрдісі (процесі) кезінде қажетті оқиғаны алу мүмкін болмайды, сирек оқиғаларды зерттеу кезінде көптеген фотосуреттерді сүзіп қарап шығуға мәжбүр етеді. Көпіршікті камера жоғары энергиялы бөлшектердің сұйықтың ядроларымен өзараәсерлесуін немесе әлгі ядролардың ыдырауын тіркеу үшін пайдаланылады.

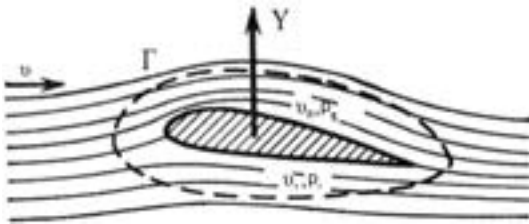
КӨРІНБЕЙТІНДІ КӨРУ, кескінді визуалдау (латынша «визуалис – көру») – заттардан таралатын көзге көрінбейтін сәулелердің (инфрақызыл, ультракүлгін, рентгендік, ультрадыбыстық т.б.) физикалық өрістің екіөлшемді таралатын кейбір параметрлерін көрінетін (ақ-қара немесе түрлі түсті) кескінге айналдыру (түрлендіру) тәсілі. Бұл тәсілде көрінетін кескіннің жарықтылығы немесе түстік бөлшектері көрінбейтін кескін параметрінің белгілі бір шамасына, мысалы, ультрадыбыс өрісінің қысымына, инфрақызыл және ультракүлгін диапазондарына арналған энергетикалық жарықталуға т.б. сәйкес болады. Көрінбейтінді көру бірқатар жағдайлар үшін тек **қарқындылықтың үлестіріліп таралуына** ғана емес, сонымен қатар *фазалар* немесе *полярилану* бойынша үлестірілуіне де мүмкін болады. Оптикалық сәуленің қабылдағыштардың әсеріне және көрінбейтін сәуле диапазондарына тәуелді түрде көрінбейтін кескінді көрудің бірнеше әдістері бар.

Рентгендік, ультракүлгін және жақын ультракызыл сәулелер (1,3 мкм-ге дейінгі) аймағындағы спектрлер үшін **ф о т о г р а ф и я л ы қ** әдіс, жақын инфрақызыл аймақ үшін **ф о т о э л е к т р л і к** әдіс, ұзынтолқынды инфрақызыл аймағында (14 мкм дейінгі) **жылувизиялық** әдіс қолданылады. Жылувизиялық әдіс инфрақызыл сәулелердің жұтылуы кезінде сезгіш бөліктің температуралық тәуелділігіне негізделген. Температуралық сезгіш материал ретінде кристалдық *люминофорлар* пайдаланылған.

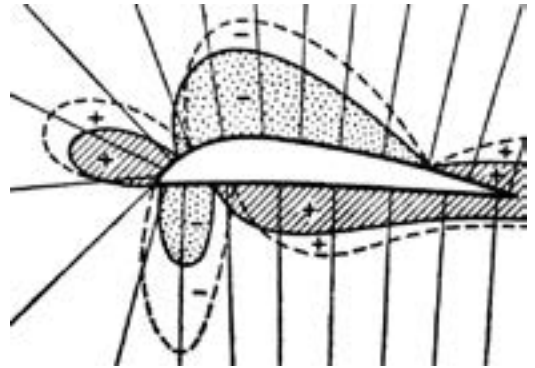
КӨРІНЕТІН СӘУЛЕ, көрінетін жарық сәуле – адам көзі тікелей қабылдайтын электромагниттік тербелістер спектрінің аймағы. Бұл аймақ 0,40 – 0,76 мкм (микро-

метр) диапазонындағы толқындар ұзындықтарымен сипатталады. Осы толқын ұзындықтары $0,75 \cdot 10^{15} - 0,4 \cdot 10^{15}$ Гц (Герц) диапазондарындаы жиіліктерге сәйкес келеді.

КӨТЕРГІШ КҮШ – сұйық немесе газтәрізді ортада қозғалатын денеге осы ортаның тарапынан дененің жылдамдығына (егер дене ілгерілемелі қозғалыс жасап қозғалмаса, онда дененің ауырлық орталығының жылдамдығына) перпендикуляр бағытта түсірілген толық қысым күшінің құраушысы. Көтергіш күш ауада, одан



Ұшақ қанатын ауа ағынының орап ағуы. Жылдамдық $v_m < v_{жс}$, қысым $p_m > p_{жс}$, Y – қанатты көтергіш күш



Ұшақ қанатын қандай күштер демейді. Ауа қысымдардың таралуы (+) және ауаның сирексуі (-). Осылардың нәтижесінде қанатты жоғары көтергіш күш пайда болады. Тұтас сызықтар қысымды, үзік-үзік сызықтар жылдамдық артқан кездегі қанаттың жоғары көтерілуін бейнелейді.

әлдеқайда ауыр дененің (мыс., ұшақтың) ұшуына мүмкіндік береді.

Көтергіш күштің пайда болу себебін алғаш рет 1901 жылы орыс ғалымы Николай **Жуковский** (1847 – 1922) түсіндірді (*Жуковский теоремасы*).

Көтергіш күш денені ауаның симметриясыз орағытып ағуы салдарынан пайда болады. Мысалы, қанатты симметриясыз орағытып ағуды қанаттың айналасындағы аймақтың (контурдың) үстіне симметриялы айналған ағынды салудың нәтижесі ретінде құрастыруға болады (сызбаға қараңыз), осыдан қанаттың үстіңгі жағындағы жылдамдықтың артуына себеп болса, ал астыңғы жағында керісінше жылдамдықтың кемуіне әкеп соқтырады. Сонда көтергіш күш (Y) жылдамдықтың орағытып айналуының (циркуляциясына) шамасына (Γ) тәуелді болады және Жуковскийдің теоремасына сәйкес сығылмайтын идеал сұйықтың жазық параллель ағыны орағытып ағатын қанаттың белгілі ұзындығы (L) үшін $Y = \rho g \Gamma L$, мұндағы ρ – ортаның тығыздығы, g – орағытып ағатын ағынның жылдамдығы.

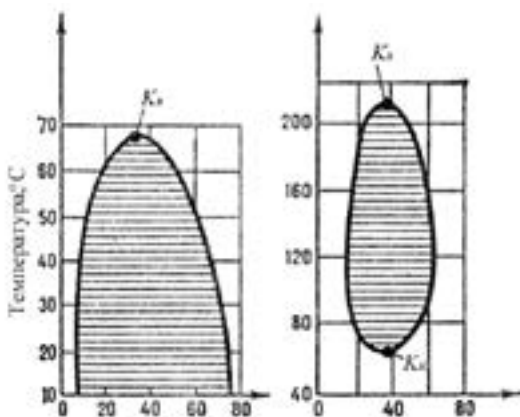
КРИЗИСТІК КӨЛЕМ – заттың кризистік күй кезіндегі меншікті көлемі, бұған кері шама, заттың кризистік күй кезіндегі **тығыздығы** деп аталған.

КРИЗИСТІК КҮЙ – екі фазасы да өздерінің қасиеттері бойынша тепе-тең болатын жүйенің шектік күйі. Кризистік күйдің күй диаграммаларында

фазалардың тепе-теңдік қисықтарының шектік нүктелері – кризистік нүктелер сәйкес болады. *Гиббстің фазалар ережесі* бойынша, таза заттардың екі фазалы тепе-тең жағдайында кризистік нүкте оқшауланған, ал, мысалы, бинарлық (екі компонентті) жағдайда ерітінділердің кризистік нүктелері кризистік қисықты түзеді. Параметрлердің кризистік күйге сәйкес болатын мәндері – кризистік параметрлер деп аталады – кризистік қысым (p_k), кризистік температура (T_k), кризистік көлем (V_k), кризистік концентрация (x_k) т.с.с.

Кризистік күйге жақындағанда тығыздықтың, құрамының және фазалардың өзге де қасиеттеріндегі айырмашылық, осылармен бірге фазалардың ауысу жылуы және фазааралық керілу беті азаятын, ал **кризистік нүктеде** нөлге тең болады. Тығыздықтың және концентрацияның (қоспалардағы) толқуларының мәндері едәуір артады. Заттардың құрылымдарындағы және олардың қасиеттеріндегі осы ерекшеліктері кризистік күйдегі бақыланатын кризистік құбылыстарға әкеп соғады. Екі компонентті жүйелердегі кризистік күйге тән құбылыстар тек сұйық – газ тепе-теңдік кризистік нүктесінде ғана емес, өзара ерігіштіктері шексіз болатын компоненттерден де байқалады. Ерігіштіктің бір ғана кризистік нүктесі болатын жүйеде ғана емес, жоғарғы және төменгі екі нүктесінде де кризистік күйі болатын қосарланған сұйық жүйелер болады (сызбаға қараңыз). Осы нүктелер сұйық қоспалардың әрқилы құрамды фазалық қабаттарға ажыратылатын температуралық аймақтың шекарасы болып табылады. Кейбір газдардың ерітінділері мен қатты ерітінділерінде белгілі бір кризистік температура кезінде қабаттарға ажыратылу қасиеті ұқсас болады.

Жүйелердің кризистік нүктелерден тысқары бір фазалы күйден екі фазалы күйге ауысуы және кризистік нүктедегі күйлердің өзгеруінде едәуір айырмашылық болады. Алғашқы жағдайда екі фазаға жіктелу кезіндегі ауысу 1-фазаның қасиеттерінен 2-фазаның ақтық қасиетінен аздаған мөлшерде (ұйытқыда) айырмашылығы болатын фазадан басталады, осы ауысу фазалық ауысудың жылу бөліп шығару немесе оны жұтумен қабаттаса өтеді. Жаңа фазаның ұйытқысының пайда болуы фазалардың



Сол жақта – жоғарғы кризистік нүкте ($K_{ж}$) (фенол – су қоспасы), екі фазалы аймақ штрихталып көрсетілген; оң жақта никотин – су қоспалы екі компонентті жүйе.

бөліну беттерінің және энергия беттерінің шығуына әкеп соғатындықтан, оның тууы үшін белгілі бір энергетикалық шығын қажет болады. Осы жайт *фазалық ауысу (I текті фазалық ауысу)* жаңа фазаның орнықты ұйытқысының шығуына жағдай туғызатын заттың біршама асқынсалқындатылуы кезінде ғана басталуы мүмкін.

Кризистік нүктедегі (фазалардың тепе-теңдік қисығында шектік) фазалық ауысудың **II текті фазалық ауысумен** көптеген ортақтығы бар. Кризистік нүктедегі фазалық ауысу бүкіл жүйе аумағында жүзеге асады. Ұйытқулы пайда болатын жаңа фаза өзінің қасиеті бойынша бастапқы фазаның қасиеттерінен шексіз аз ғана айырмашылығы болады. Сондықтан жаңа фазаның пайда болуының беттік энергиямен байланысы жоқ, яғни қатты қыздыру (немесе асқынсалқындату) қажет емес және фазалық ауысу II текті фазалық ауысуға тән жылу шығару немесе жұтумен қабаттаспайды.

Заттардың кризистік күйдегі қасиеттерін білу ғылым мен техниканың көптеген салаларында қажет: асқынкризистік параметрлі энергетикалық қондырғылардың газдарды сұйылтуға арналған қондырғылар жасауда, қоспаларды ажыратуда маңызы бар.

КРИЗИСТІК ҚҰБЫЛЫСТАР – кризистік нүктелер және II текті фазалық ауысулар нүктелерінің маңайында байқалатын ерекше құбылыстар: сұйық-бу тепе-теңдігінің кризистік нүктесінің маңайындағы заттардың сығылғыштығының артуы; ферромагнетиктер мен сегнетэлектриктердің Кюри нүктелерінің (T_c) маңайында *магниттік алғырлықтың* және *диэлектрлік өтімділіктің* артуы; гелийдің *асқынөткізгіштік* күйге ауысу нүктесіндегі жылусыйымдылықтың ауытқуы; сұйық қоспалардың *кризистік нүктелер* маңайында заттардың өзара диффузиясының баяулауы; ультрадыбыстың таралуының ауытқуы; жарықтың шашырауы т.б. Кризистік құбылыстарға фазалық ауысулар нүктелерінің маңайында тығыздықтың шоғырлануы және басқа физикалық шамалар мәндерінің кездейсоқ ауытқуларының артуы жатады. Осы ауытқудың едәуір, мысалы, кризистік нүктедегі сұйық-бу тепе-теңдігіндегі заттардың тығыздығы бір нүктеден өзге нүктеге дейін өзгереді. Пайда болған біртексіздік заттардың физикалық қасиеттеріне едәуір әсерін тигізеді, мысалы олардың шашырауы мен жұтылуы артады. Сұйық-бу кризистік нүктесінің маңайында тығыздықтың кездейсоқ ауытқуының өлшемдері мың Å-ге (ангстремге) жетеді және **жарық толқынының ұзындығына** теңеледі. Нәтижесінде зат мүлдем **мөлдір болудан** қалады, түскен сәуленің көпшілігі шашырап кетеді, зат опал (боз – бұлдыр) түске ие болады – кризистік кенет қарқынды (опалесценция) шашырау байқалады. Тығыздықтың

орташа шамадан кездейсоқ ауытқуы (флуктуациясының артуы) дыбыстың дисперсиясына және оның күшті жұтылуына әкеп соқтырады, жылулық тепе – теңдіктің орнауын баяулатады (бұл жайт кризистік нүктеде көп сағатқа созылады), **броундық қозғалыстың, тұтқырлықтың ауытқуына**, жылуөткізгіштіктің сипатының өзгеруіне әкеп соқтырады.

КРИЗИСТІК ҚЫСЫМ – кризистік күйдегі заттың (немесе заттар қоспаларының) қысымы. Таза заттар үшін кризистік қысым – сұйық пен оның буында қатар байқалатын ең жоғарғы қысым; кризистік қысымнан төменгі қысым кезінде жүйенің екі тепе-тең фазаға (сұйық және бу) ажырауы мүмкін. Кризистік қысым және кризистік температура кезінде сұйық пен будың арасындағы айырмашылық жойылады, зат бір фазалы күйге ауысады. Сондықтан кризистік қысымды сұйық және бу фазалары болғанның өзінде шектік (ең жоғарғы) қаныққан будың қысымы ретінде анықтауға болады. Кризистік қысым заттардың физикалық-химиялық тұрақты шамасы (константты) болады.

КРИЗИСТІК МАГНИТ ӨРІСІ, асқынөткізгіштегі – магнит өрісі кернеулігіне (H_k) тән мәннен артқанда асқынөткізгішке толықтай немесе ішінара енетін мәні. $H < H_k$ болған кезде магнит өрісі асқынөткізгішке енбейді, оны беттік асқынөткізгіш ток қалқалап (экрандап) қалады (**Мейснер эффектісі**).

Көпшілік таза металдар жататын I текті асқынөткізгіштерде тек $H > H_k$ I текті фазалық ауысу болған кезде зат түгелдей қалыпты асқынөткізгіштік күйге ауысады. Таза металдарда H_k -нің ең үлкен мәні жүздеген эрстедке (Э) жетеді. Егер магнит өрісі H_k I текті асқынөткізгіштің кейбір нүктелерінде H_k -қа тең болса, онда аралық күй (асқынөткізгіш және қалыпты фазалар кезек-кезек алмасатын) пайда болады.

II текті асқынөткізгіштерде (бұлар негізінен қорытпалар) өрістің енуі негізінен өзегінде магнит өрісі шоғырланған құйынды жіптердің пайда болуынан басталады. Соның өзінде зат асқынөткізгіштік қасиеттерін жоғалтпайды және онда сыртқы өрісті қалқалайтын (экрандайтын) ток ағатын болады.

КРИЗИСТІК МАССА – ыдырайтын заттардың (Уран-233 (^{233}U) және уран-235 (^{235}U) және плутоний-239 (^{239}Pu) және басқа заттардың) *тізбекті ядролық реакциясы* басталатын ең аз массасы. **Уран-233-тің кризистік массасы ~48 кг-ға тең.**

КРИЗИСТІК НҮКТЕ – *күй диаграммасындағы* кризистік күйге сәйкес келетін нүкте. Екі фазалы сұйық-бу тепе-теңдігіндегі кризистік нүкте булану қисық сызығындағы ақырғы нүкте болып табылады және де температураның (T_k), қысымның (p_k), көлемнің (V_k) кризистік мәндерімен сипатталады. Кризистік нүкте фазалық ауысудың дербес жағдайы болып табылады және де заттардың

тығыздығы немесе құрамы бойынша термодинамикалық тұрақтылықтың жойылуымен сипатталады. Кризистік нүктенің бір жағындағы зат біртекті ($T > T_k$ болған кезде), ал екінші жағында тепе-теңдік фазаларға жіктеледі.

Заттардың кейбір параметрлерінің сұйық-бу кризистік нүктелерінің мәндері:

	T_k K	p_b атм	$V_k \cdot 10^6$ м ³ /моль
Гелий	5,2	2,26	57,8
Сутек	33,24	12,8	65
Оттек	154,78	50,14	78
Азот	126,25	38,54	90,1
Спирт (этил)	516	63,0	167
Су	647,3	218,39	56
Сынап	1460±20	1640±50	48

КРИЗИСТІК ОПАЛЕСЦЕНЦИЯ (латынша «опал – әйнектәрізді минерал + «есентиа – әлсіз әсер») – жарықтың таза заттардың *кризистік күйлерінде*, сондай-ақ сұйықтар немесе газдардың ерітінділерінің ерітілуінің *кризистік нүктелеріне* жеткен кезде кенеттен күшеюі. Кризистік опалесценцияны 1907 жылы поляк физигі Мариан **Смолуховский** (1872 – 1917) түсіндірген; кризистік температура кезінде заттың сығылғыштығы күшті артады, соның салдарынан заттың бөлшектерінің жылулық қозғалысының энергиясы тығыздықтың микроскопиялық кездейсоқ ауытқуларының санының «кенеттен» күшті арттыруға жететін болады. Осының нәтижесінде орта кризистік температурадан жоғары және кіші болған кезде іс жүзінде кризистік күйде болады.

КРИЗИСТІК ТЕМПЕРАТУРА – 1) кризистік күйдегі заттардың температурасы. Жекелеген заттар үшін кризистік температура тепе-теңдіктегі сұйық пен будың арасындағы физикалық қасиеттердің айырмашылықтары жойылатын кездегі температура ретінде анықталады. Кризистік температура кезінде қаныққан бу мен сұйықтың тығыздықтары өзара теңеледі. Сол себепті бу түзуші жылу нөлге тең болады. Кризистік температура – заттардың физикалық-химиялық тұрақты шамалардың (константтардың) бірі. Қос жүйелерде (мысалы, пропан – изопентан) сұйық-бу тепе-теңдігінде бір ғана кризистік температура емес, кеңістіктік бірнеше кризистік температура болады, оның шеткері нүктелері таза компоненттердің кризистік температуралары болып табылады. 2) Шектеулі еритін компоненттері болатын сұйық қоспаларда олардың өзара шектеусіз еруі басталатын температура; бұл температура **ерудің кризистік температурасы** деп аталған. 3) Бірқатар өткізгіштердің асқынөткізгіштік күйге ауысу температурасы.

Таза металдардағы ең төменгі кризистік температура – вольфрамда (W) $\sim 0,01$ К-ге тең, ең жоғарғы кризистік температура $T_k \approx 23\text{К}$ – Nb₃Ge қорытпасында. Тепе-теңдік қалыптағы сұйық пен оның буының арасындағы айырмашылық жойылатын температура. Газдарды сұйылту үшін, оларды кризистік температурадан төмен температураға дейін салқындату керек.

КРИЗИСТІК ТОК, асқынөткізгіштердегі – асқынөткізгіш үлгідегі электр тогы артқан кезде тұрақты өшпейтін электр тогының асқынөткізгіштік емес қалыпты күйге ауысатын шекті мәні. Заттың қалыпты күйінде кризистік токтың шекті электр кедергісі болады, ауысудан соң үлгіні қыздыруға әкеп соғатын ток энергиясының шашырауы (диссипациясы) туады. Магнит өрісінің ену тереңдігінен едәуір үлкен өлшемді I текті ауыр өткізгіштерде кризистік магнит өрісі өткізгіштердің бетінде тудыратын кризистік токқа сәйкес болады. Осы жағдайда заттың бір бөлігі қалыпты күйде, ал өзге бөлігі – асқынөткізгіштік күйге ауысады. Ток болған кезде асқынөткізгіш және қалыпты жағдайдағы аймақтар арасындағы шекарада қозғалыста болады. Мейснер эффектiсi бойынша магнит өрісі айнымалы болады және өткізгіштегі энергияның шашыратылуына (диссипациялануына) себеп болатын индукциялық электр өрісі пайда болады.

II текті асқынөткізгіштерде кризистік токтың екі мәні болады. Кризистік токтың I-мәні кезінде идеал асқынөткізгіште (кристалдық торларда ақаулар болмайтын) магниттік индукция нөлден өзге мән болады, магнит өрісі асқынөткізгішке енеді. Нақты II текті асқынөткізгіште (кристалдық торларында ақаулар болатын) **омдық кедергі** пайда болады.

КРИО... (грекше «криос – суық, аяз, мұз») – күрделі сөздің мұзға, төменгі температураға (мысалы, криостат) қатысты екенін білдіретін бөлігі.

КРИОГЕНДІК ТЕМПЕРАТУРА (грекше «крио... – суық, аяз, мұз» + «генез – туатын, туған») – 120 К температурадан төменгі температура (1971 жылы Халықаралық суық институты қабылдаған). 80 – 0,3К алқапта жататын криогендік температура төменгі температура, ал 0,3 К төменгі – **асатөменгі температура** деп аталған.

КРИОСКОПИЯ (грекше «криос – суық, аяз, мұз» + «скопео – көремін») – заттың молекулалық массасын оның сұйылтылған ерітіндідегі қатаю температурасының таза еріткіштегі қатаю температурасымен салыстырмалы төмендеуі бойынша өлшеуге негізделген анықтау әдісі.

КРИОСТАТ (грекше «криос – суық, аяз, мұз» + «статос – тұрған, қозғалмайтын») – сыртқы суық көзі есебінен төменгі температураны (120 К-нен төмен – криогендік температурада) сақтап тұруға арналған термостат. Суық көзі (суыкагент) ретінде

төменгі температурада *конденсацияланатын* (азот, сутек, неон, гелий т.б.) сұйытылған немесе қатайтылған газдар қолданылады. Зертханалық қарапайым әйнекті криостат әдетте екі *Дьюар ыдысынан* құралған. Ішкі ыдыс сұйық гелиймен, сыртқы ыдыс сұйық азотпен толтырылған болады. Криостат заттардың физикалық қасиеттерін зерттеу, аскынөткізгіштікті т.б. мақсаттар үшін, дербес жағдайда ғарыштық аппараттарда инфрақызыл сәуле аспаптарын салқындату үшін қолданылады.

КРИСТАЛДАНУ – булардан, ерітінділерден, балқымалардан, заттардан, электролиз үрдісі (процесі), сондай-ақ химиялық реакция кезінде электролиттерден (электрлік кристалдандыру) қатты күйлердегі кристалдардың түзілуі. Кристалдану үшін бастапқы ортаның – асақаныққан ерітіндінің немесе будың термодинамикалық тепе-теңдігін бұзу, балқыманы асасалқындату қажет. Кристалдану үшін қажет асақанықтыру немесе асасалқындату температураның, ауытқуымен концентрацияның, қысымның, фазалар аралығындағы электр потенциалын олардың тепе-тең мәндерінен ауытқуымен сипатталады. Химиялық реакциялы жүйелерде қанығудың өлшеуіші қысымның немесе бөлме концентрациясының тепе-теңдік константының көбейтіндісінен ауытқуы болады. Электрлік кристалданудың қозғаушы күші металл мен электролит ерітіндісінің тепе-теңдіктен артық болатын потенциалдар айырымы болады. Көпшілік жағдайда кристалдану жылдамдығы тепе-теңдіктен ауытқудың артуына байланысты өсетін болады.

Кристалдану – заттардың алғашқы ортасының асасалқындатылған (қаныққан) күйлерінен ерікті аз энергиялы кристалдық фазаға ауысуы. Кристалданудағы жылу ж а с ы р ы н жылу ретінде бөлініп шығады. Осы жылудың бір бөлігі механикалық энергияға айнала алады; өсіп келе жатқан кристалл үстіне қойылған жүкті қысым күші ($\text{кг} \cdot \text{күш} / \text{см}^2$) (мысалы, теңіз суындағы тұздардан бетонның қуыстарында пайда болған қысым оны қирата алады) арттырып көтере алады. Кристалданудан бөлініп шыққан жасырын жылуы балқыманы қыздырады, асасалқындауды кемітуге және кристалдануды баяулатуға (бұл температураның, концентрацияның және қысымның тепе-тең мәндерге жетуіне және заттардың қыздырылуының тоқталуына әкеп соғады).

Асасалқындатылған орта кристалданбай орнықсыз метатұрықтылық ұзақ – мерзім сақтай алады, мысалы, ұсақ (диаметрі 0,1 мм) жақсы тазартылған металдың тамшылары температураны $\sim 0,5 T_{\text{балқу}}$ -ға дейін салқындата алады. Бірақ белгілі бір шекті кризистік асасалқындаған сұйықта немесе буда көптеген ұсақ кристалданудың **ұйытқу көздері** деп аталатын **ұсақ кристалдар** пайда болады. Кризистік асасалқындау орта құрамына, оның көлеміне, температураға, концен-

трациясына, ортадағы бөгде бөлшектердің болуына – кристалдану орталығына (шаң – тозаңдар, ұсақ кристалдар, т.б.) тәуелді болады.

Бөлшектердің кристалдық агрегатқа бірігуі жүйенің бос энергиясын кемітеді, ал жана беттің пайда болуын арттырады. Агрегат қаншалықты аз болса, оның бетінде жататын бөлшектерінің үлесі көп болады, беттік энергияның маңызы соншалықты артатын болады. Сондықтан агрегаттың өлшемі артқан сайын оның пайда болуына қажет жұмыс (А), алғашында артады, сонан соң кемиді. Көп жұмыс қажет ететін агрегат **кризистік ұйытқылар** деп аталған. Ұйытқылардың пайда болу жұмысы қаншалықты аз болса, оның пайда болу ықтималдығы артатын болады.

Ірі монокристалдар аздаған ұсақ кристалдар араласқан қаныққан ерітінділерден және асақызған балқымалардан өздігінен тудыруға жол бермей өсірілуден пайда болады. Металлургиялық үрдістерде бұған керісінше көп ұйытқылар алуға және күштірек асасалқындатуға ұмтылады.

Әлсіз асасалқындатылған булардан, ерітінділерден, ара-тұра балқымалардан өсірілген кристалдардың пішіндері көпжақтар түрінде болады. Алмастың қырлары кубтың және октаэдрдің қырларындай болады.

КРИСТАЛДАР (грекше «кристаллос – мұз») – үш өлшемді периодты атомдық құрылымды және тепе-теңдік жағдайларда пайда болу кезінде табиғи дұрыс симметриялы көпжақтар пішінді болатын қатты денелер. Кристалдар – *қатты денелердің* тепе-теңдік күйі. Берілген термодинамикалық жағдайлардағы (температурада, қысымда) кристалдық күйлерде болатын әрбір химиялық затқа белгілі бір атомдық–кристалдық құрылым сәйкес болады. Тепе-теңсіз жағдайларда өсірілген кристалдар және дұрыс қырлары болмайтын кристалдар кристалдық күйлердің негізгі белгілерін – торкөздік атомдық құрылымды (**кристалдық торларды**) және оны анықтайтын барлық қасиеттерді сақтайды.

Көпшілік қатты материалдар **поликристалдар** болып табылады; олар көптеген жекелеген ретсіз бағытталған ұсақ кристалл дәндерден (**кристаллиттерден**) құралған. Мысалы, көптеген кен жыныстары, техникалық металдар мен қорытпалар осындай. Ірі жеке кристалдар **монокристалдар** деп аталған. Кристалдар көбінесе сұйық фазалардан – ерітінділер мен балқымалардан түзіледі әрі өседі; кристалдардың газ фазадан немесе қатты фазаға түрлену кезіндегі фазалардан алынуы да мүмкін. Табиғатта әртүрлі өлшемді жүздеген кг-ға дейін жететін **кварц кристалдары, флюорит, дала шпатынан** бастап ұсақ кристалдар – **алмасқа** дейінгі кристалдар кездеседі. Тепе-теңдік жағдайда өсірілген кристалдардың пішіндері дұрыс көпжақтар түрінде болады (әрқилы симметриялы). Тепе-теңсіз жағдайда өсірілген кристалдар дұрыс көпжақтардан бастап, қырлары мен қабырғалары

дөңгелектелген пластинкалы, ине тәрізді үшкірленген, жіп тәрізді, тармақты (дендритті), қар ұлпасы тәрізді т.б. пішінді болады.

Көптеген монокристалдар, сонымен қатар поликристалдық материалдар қолданыста пайдаланылу тапқан. Пьезо- және сегнет-электрлік кристалдар радиотехникада қолданылады. Жартылай-өткізгіштік электроникалық құрылғылар жартылайөткізгіш кристалдарға (Ge, Si, GaAs т.б.) негізделген. Жадқа сақтау құрылғыларындағы аса көп сыйымдылық магниттік диэлектриктік кристалдар мен әртүрлі типті ферриттер арқылы жүзеге асырылған

Кванттық электроника үшін рубин кристалының иттерлік-алюминийлік гранаттың т.б. маңызы зор. Жарық шоқтарын басқару техникасында электр-

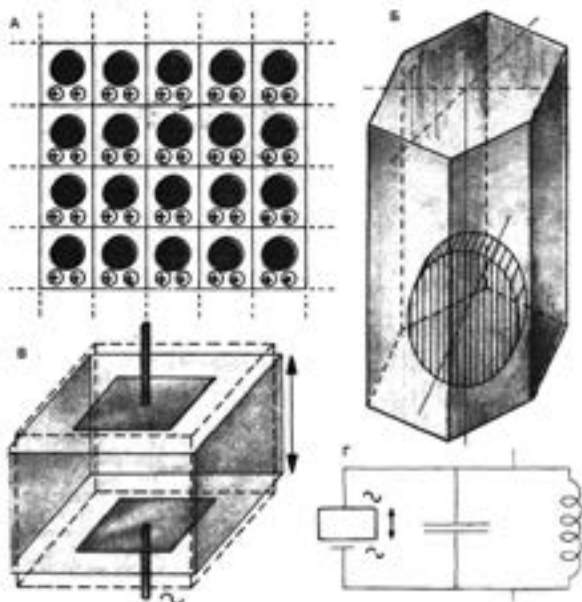
оптикалық қасиетті кристалдар пайдаланылады. Температураның сәл ғана өзгерістерін өлшеу үшін пароэлектрлік кристалдар, механикалық және акустикалық ықпалдарды өлшеу үшін – пьезоэлектриктер, пьезомагнетиктер т.б. қолданылады. Асақатты кристалдардың механикалық жоғары қасиетті кристалдар (алмас т.б.) материалдарды өңдеуде және кен барлауда бұрғылау жұмыстарында; рубиннің, сапфирдің және басқалардың кристалдары сағаттарда және өзге дәл аспаптарда тірек бөліктері ретінде пайдаланылады.

Атомдық кристалл – кристалдық тордың түйіндерінде бейтарап атомдар орналасқан кристалл.

Біросьті кристалл – бір оптикалық оське ие кристалл.

Екіосьті кристалл – екі оптикалық оське ие кристалл.

Жіп тәрізді кристалл – бір бағыттағы өлшемдері өзге бағыттарындағы өлшемдерінен артық болатын монокристалл.



Кейбір кристалдар (сапфир, кварц) орнықсыз күйдегі «электр элементі» секілді болады (А). Кристалға айнымалы кернеу түсірілген кезде тепе-теңдік бұзылады, осының нәтижесінде кристалл дыбыс шығарып тербелетін болады (Б). Керісінше, осындай кристалл тербелгенде ол кернеу тудырады. Осы құбылыс пьезоэлектрлік эффект деп аталған. Бұл кристалдық микрофонда қолданыс тапқан. Мұндай кристалдар тек белгілі бір жиілікке сезімтал болады. Осы жайт жиілікті тұрақтандыру үшін пайдаланылады (Г).

Идеал кристалл – ақаусыз құрылымды болатын кристалл.

Ионды кристалл – кристалдық тордың түйіндерінде оң және теріс иондар орналасқан кристалл.

Кванттық кристалл – атомаралық арақашықтықпен салыстырылғанда атомдардың тербелістерінің амплитудаларының үлкен болуымен сипатталатын кристалл.

Металдық кристалл – кристалдық тордың түйіндерінде оң иондар орналасқан кристалл.

Молекулалық кристалл – кристалдық тордың түйіндерінде молекулалар орналасқан кристалл.

Оң кристалл – кәдімгі жарық сәуленің таралу жылдамдығы әдеттегідей емес сәуленің таралу жылдамдығынан артық болатын біросьті кристалл.

Сұйық кристалл – заттың сұйықтық (аққыштық) және оған қоса қатты кристаллдық (анизотропиялық) қасиеттерге ие күйі.

Теріс кристалл – кәдімгі жарық сәуленің таралу жылдамдығы әлгіндей емес сәуленің таралу жылдамдығынан кем болатын біросьті кристалл.

КРИСТАЛДАР АҚАУЫ – кристалдық торлардың идеал қайталанбалы атомдық құрылымынан кез келген ауытқуы. Кристалдар ақауы атомарлық немесе макроскопиялық масштабта бола алады. Бұл ақау *кристалдану* үрдісі кезінде жылулық әсерлердің, механикалық және электрлік әсер ету нәтижесінде, сондай-ақ нейтрондармен, электрондармен, рентгендік және ультракүлгін сәулелермен әсер еткенде және қоспалар қосылған жағдайда пайда болады. Кристалдар бетінде **нүктелік ақау**, **сызықтық ақау** пайда болады. Тағы бір ақау **көлемдік ақау** да кездеседі.

Қарапайым нүктелік ақау – *вакансия* болып табылады – мұнда кристалдық тордың түйіні бос қалады. Кристалдарда бөгде атомдардың болуы да мүмкін. Кристалдардың өсуі және пластикалық деформациясы кезінде сызықтық ақаулар – *дислокациялардың* пайда болуы мүмкін. **Көлемдік ақауларға** вакансияның шоғырлануы; кеуектер мен арналар түзуші бөгде фазалар, газ көпіршіктері, дислокацияға қоспалардың шоғырлануы т.б. жатады. Ақаулар кристалдардың құрылымдарында **серпімді бұрмалаулар** тудырады, жұтылу спектрлеріне және люминесценцияға, жарықтың кристалдарда шашырауына т.б. әсер етеді.

КРИСТАЛДАР СПЕКТРЛЕРІ, **оптикалық** – жарықтың кристалдық күйдегі және ұзын толқындардың ұзындықтарымен (алыс инфрақызыл сәуледен бастап ультракүлгін сәулеге дейінгі аймағындағы) оптикалық диапазонында жатқан затпен өзараәсерлесуі кезінде пайда болатын жұтылу, *люминесценция*, *фотоөткізгіштік*,

жарықтың аралас шашырау және *шағылу* спектрлері. Бұл спектрлер негізгі затқа және кристалдардың қоспаларына да тән энергия деңгейлері арасындағы кванттық ауысулар салдарынан туындайды. Кристалдар спектрлерінде **жіңішке спектрлік сызықтармен** қатар кең **спектрлік жолақтар** болады (кеңдігі толқындық санмен алғанда сантиметрдің үлесінен бірнеше мың см^{-1} -ге тең аймаққа дейін созылады). Спектрдің түрі кристалдың типіне, химиялық құрамына, құрылымның кемелденбегіндігіне тәуелді болады. Кристалдың энергия деңгейлері энергетикалық зонаға топталады. Зоналар арасындағы ауысулар кезінде (**зонааралық ауысуларда**) кең спектрлік жолақ пайда болады.

Зонааралық ауысулары кезінде жарықтың жұтылу және сәуле шығаруы кристалдық торлардың тербелістерінің қоздырылуынсыз – фонондардың (тура ауысу) немесе фонондардың қатысумен (тікелей емес ауысу) өтеді. Жарықтың зонааралық жұтылуы кезінде электрондар валенттік зонадан өткізгіштік зонаға ауысады, нәтижесінде *кемтік* пайда болады; электронның және кемтіктің жаңаша орналасуы (рекомбинациясы) кезінде **рекомбинациялық люминесценция** пайда болады. Осы үрдіс (процестер) кристалдың фотоөткізгіштігінің тууына себеп болады, қоздырылу спектрі жұтылу және люминесценциялық спектрлермен бірге кристалдық энергетикалық зоналарының құрылымын зерттеуге мүмкіндік жасайды. Бір-бірімен өзара байланыспаған электрондар мен кемтіктер тууы үрдістерінен басқа кулондық күшпен байланысқан *экситон* (квазибөлшек) – электрон кемтігі туады. Кристалдар спектрлерін зерттеу кристалдың энергетикалық құрылымын, оның құрылысын зерттеу үшін қажет.

КРИСТАЛДЫҚ ОПТИКА – оптика мен кристалдық физиканың жарықтың кристалдардағы таралу заңдылықтарын зерттеуді қамтитын шекаралық аймағы. Кристалдық оптиканың зерттеуіне арналған кристалдарға тән құбылыстар: *сәулелердің қосарланып сынуы, жарықтың полярлануы*, полярлану жазықтығының бұрылуы, заттар түстерінің өзгеруі (*плеохроизм*) т.б. Кристалдағы жарықтың жұтылуы және шығарылу мәселелері кристалдар спектрскопиясында зерттеледі. Кристалдық тордың периоды (~10 ангстрем) көрінетін жарықтың толқын ұзындығынан (4000 – 7000 ангстрем) көптеген есе аз болатындықтан кристалды біртекті, бірақ анизотропты орта ретінде қарастыруға болады. Кристалдардың оптикалық анизотропиясына бөлшектердің өзараәсерлесу күштерінің анизотропиялық өрісі себепші болған. Кубтық кристалдан өзге барлық кристалдар оптикалық анизотропты. Электр және магнит өрістерінің кристалдардың оптикалық қасиеттеріне ықпалы кристалдық оптиканың негізгі заңдарына сүйенген электрлік оптика мен магниттік оптикада зерттеледі. Исланд шпатындағы сәуленің

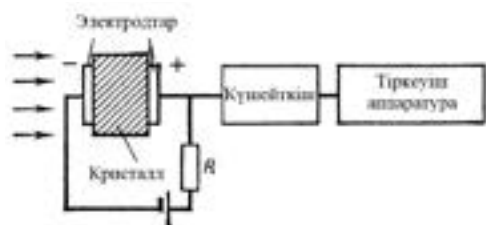
қосарланып сыну құбылысын 1669 жылы дат ғалымы Эразм **Бартолин** (1625 – 1698) ашқан. Осы жыл кристалдық оптиканың бастау алған уақыты болып есептеледі. Жарықтың кристалдың шекарасында сынуы кезінде онда екі сынған сәуле пайда болады, оның біреуі әдеттегі сыну заңына бағынады, сондықтан әдеттегі сыну деп, ал әлгі заңға бағынбайтын екіншісі әдеттегі емес сыну деп аталған. Егер ϑ_0 (әдеттегі жылдамдық) $> \vartheta_e$ (әдеттегі емес) болса, бір осьті кристалл оң, ал $\vartheta_0 < \vartheta_e$ болса, онда ол **теріс** кристалл деп аталған. Екі осьті кристалда екі сәуле де әдеттегі емес сәулелер болады.

Күшті жұтатын кристалдардағы сызықтық полярланған толқын екі эллипстік полярланған толқынға (бірдей бағытта айналатын) бөлінеді. Кристалдық оптикалық әдістер полярланған жарықты талдау, оптикалық жапқыштарды (затворларды), модуляторларды, дефректорларды жасау үшін пайдаланылады.

КРИСТАЛДЫҚ ОПТИКАЛЫҚ ОСЬ – кристалда жарық сәуленің қосарланған сынуына шалдықпай таралатын бағыты.

КРИСТАЛДЫҚ САНАУЫШ – диэлектриктік кристалдарға елеулі электрөткізгіштігі болатын бөлшектер түскен кезде әлгі өткізгіште пайда болатын бөлшектерді тіркеуге арналған аспап. Бұл санауыш қарама-қарсы жақтарына электродтар жалатылған монокристалл (әдетте, алмас немесе CdS) түрінде жасалған болады. Зарядталған бөлшектер кристалл арқылы өткенде, онда иондандыру туғызады. Пайда болатын **заряд тасушылар** – өткізгіштік электрондар

мен *кемтіктер* электр өрісінің ықпалымен электродтарға қарай қозғалады. Жекелеген бөлшектер санауыш тізбегінде қысқа мерзімді ток импульсін тудырады, осы импульсті күшейткен соң есептегіш аспаппен немесе амплитудалық талдағышпен тіркеуге болады. Импульстің амплитудасы бөлшектің кристалда бөлінген энергиясына



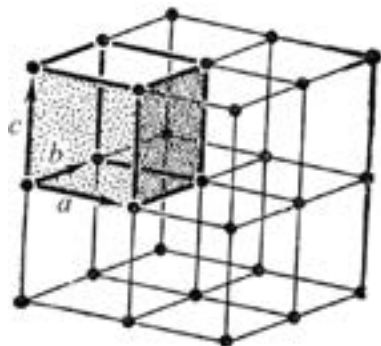
Кристалдық санауыштың блок-сұлбасы

пропорционал болады. Кристалдық санауыштың кемшілігі – диэлектриктің полярлануы. Заряд тасушылардың электродтарға қарай қозғалуы кезінде бір бөлігін кристалдық тордың *ақаулары* қармап ұстап қалады. Ішкі электр өрісі пайда болады. Кристалдардың сәулеленуіне орай ақаулардың саны және ішкі өріс арта түседі және түсірілген сыртқы өрістің әсері әлсізденеді. Осы жайт импульстер амплитудасын кемітуге және санауды тоқтатуға (полярлануды жою үшін кристалдарды қоздыру), оны жарықтау, айнымалы өріс пайдаланылады. Бірақ кристалдық санауыштың құрылысының қарапайымдылығы, оның өлшемдерінің шағын болуы (бірнеше

мм³) және кейбір кристалдардың (мысалы, алмастың) жоғары температура кезінде жұмыс жасауы оны дозиметрияда пайдалануды қолайлы детектор етеді.

КРИСТАЛДЫҚ ТОР – заттар бөлшектерінің (атомдардың, иондардың, молекулалардың) кристалдық күйге тән үш өлшемінде периодты түрде қайталанбалы орналасуы. Кристалдың тепе-теңдік жағдайларда пайда болған жазық жағы атомдық жазықтықтарға, қырлары атомдар қатарларына сәйкес болады. Кристалдық тордың болуы жүйенің потенциалдық энергиясының минимумына сәйкес келетін атомдар арасындағы тартылыс және тебіліс күштерінің тепе-теңдігі үшөлшемді периодтылық жағдайында жүзеге асырылады.

Кристалдық торды сипаттау үшін параллель көшіру (трансляциялау) арқылы кристалдық торды түзетін атомдардың осы тордың **қарапайым ұяшығында** орналасуын білу жеткілікті. Қарапайым ұяшықтың пішіні параллелепипед тәрізді болады. Ұяшықтар әр түрлі тәсілдермен таңдалады. Қарапайым параллелепипедтің *a*, *b*, *c* қырлары кристалдық **тордың тұрақтылары** немесе **периодтары** деп аталған. Қарапайым ұяшықта



Кристалдық тордың қарапайым ұясы

бір атомнан (химиялық элементте) бастап 10^2 атом (химиялық қосылыстарда) және $10^3 - 10^6$ атомдары (белоктар мен вирустерде) бола алады. Осыларға сәйкес кристалдық торлардың периодтары әрқилы бірнеше ангстремнен (Å) бастап $10^2 - 10^3$ ангстремге дейін жетеді. Қарапайым ұяшықтың нүктелік **симметриясы**, яғни қабырғалары мен бұрыштарының қатынасы бойынша жеті **с и н г о н и я ғ а** (қарапайым ұяшықтардың кіші бөлімдеріне) ажыратылған.

Кристалдық тордың атомдық құрылымы, оның барлық бөлшектерінің орналасуы **к е н і с т і к т і к** (федоровтық) симметриялық топтар бойынша сипатталады. Кеңістіктік симметрия тобының барлық саны 230. Егер кристалдың берілген нүктесіне (**түйінге**) мысалы, оның кез келген атомына тек берілген кеңістіктік топқа ауыстыру үрдісі (процесі) қолданылса, онда кристалдық торды сипаттайтын геометриялық үш өлшемді-периодты **түйіндер жүйесі** пайда болады. Осындай 14 жүйе бар, олар **Браве торлары** деп аталған (А.Браве – француз физигі). Осы тұрғыдан кристалдық тор ұғымымен кристалдың атомдық құрылымы ұғымымен парапар (эквивалентті).

Кристалдық тор ешқашан идеал тор болмайды, Онда бос түйіндер (вакансиялар), қоспалы атомдар, дислокациялар болады. Оған қоса тор құралатын атом-

дар (немесе иондар) абсолют нөл температурада да қатып қалмайды. Кванттық механика бөлшектерге ешқашан бір орнында аялдап (тоқтап) тұруға мүмкіндік бермейді, олар нөлдік тербелістер жасауға тиісті. Атомдар қаншалықты жеңіл және олардың арасындағы өзараәсерлесулер қаншалықты әлсіз болса, осы тербелістердің амплитудалары соншалықты үлкен болады. Жеңіл инертті газ - гелий абсолют нөл температурада ешқашан кристалданбайды (нөлдік тербеліс кристалдық торды киратады).

Кристалдық тор ұғымын ғылымға 1824 жылы неміс физигі Л.Зеебр кристалдардың жылулық көлемін ұлғайтуын түсіндіру үшін енгізген.

КРИСТАЛДЫҚ ФИЗИКА – кристалдардың және өзгедей *анизотропиялық* орталардың физикалық қасиеттерін, сыртқы әртүрлі өзараәсерлердің осы қасиеттерге ықпалын және кристалдардың нақты құрылымдарын зерттеумен айналысатын сала. Кристалдардың **торлық құрылымының** көптеген физикалық қасиеттеріне қатысты дискреттілігі байқалмайды, сол себепті кристалды тұтас анизотропиялық біртекті орта ретінде қарастыруға болады. Ортаның біртектілік ұғымы физикалық құбылыстарды кристалдың қарапайым ұяшығының көлемінен едәуір артық көлемде қарастыруды білдіреді. Кристалдардың қасиеттері бағыттарға (анизатропия) тәуелді, бірақ симметриясы бойынша бағыттарға пар-пар (эквивалентті) болады. Кристалдардың физикалық қасиеттерін сан жүзінде сипаттау үшін, **тензорлық** және **матрициалық** есептеулердің және **топтар теориясының** математикалық әдістер аппараты қолданылады. Ал кристалдардың кейбір қасиеттері бағытқа тәуелсіз, (мыс., тығыздығы) **скалярлық шама** болады. Кристалдық физикада кристалдық торлардың әр түрлі ақауларын (баяу орталығы, *вакансия*, *дислокация*, дәндер, *домендер* т.б.) және олардың кристалдардың физикалық қасиеттеріне (пластикалығына, беріктігіне, электрөткізгіштігіне, люминесценциясына, механикалық шыдамдылығына т.б.) әсерлері зерттеледі.

КРИСТАЛЛИТТЕР – айқын қырлары болмайтын ұсақ кристалдар. Металл кесектердегі, кен жыныстарындағы, минералдардағы, поликристалдардағы түзілістердегі түйіршіктер кристаллиттер болып табылады.

КРИСТАЛЛ-ФОСФОРЛАР (*кристалл* + грекше «пос – жарық, «порос – та-сушы») – *люминофорлардың* бейорганикалық (органикалық емес) кристалдары. Жарықтың, электрондар ағынының, өтімді радиациялардың, электр тогының т.б. әсерінен *люминесценциялық* жарық шығарады. Активаторлардан немесе кристалдық торлардың ақаулары болатын люминесценция орталықтарынан (*вакансиялар*, тораптараралық атомдар т.б.) түзілген *жартылайөткізгіштер* мен

диэлектриктер ғана кристалл-фосфорлар бола алады. Кристалл-фосфорлардың жарқырауы негізінен *рекомбинация* болып табылады.

Кристалл-фосфорлардың люминесценциясы тікелей люминесценция орталықтарының, сонымен бірге кристалдық торлардың қоздыру энергиясын жұтуы кезінде және энергияны люминесценция орталықтарына беру арқылы да жүзеге асуы мүмкін. Кристалл-фосфорлардың *электрондары мен кемтіктерінің* тікелей рекомбинациясы да жарқыраумен қабаттас өтеді. Мұның соңыра жарқырауы 10^{-9} секундтан бірнеше сағатқа дейін созылады.

Кристалл-фосфордың негізі сульфидтер, селенидтер және теллуридтер (Zn мен Cd), оксидтер (Ca және Mn), т.б. болады.

КУЛОН (Кл, С) – 1) электр мөлшерінің (электр зарядының) Халықаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ) бірлігі. Француз физигі Шарль **Кулонның** (1736 – 1806) құрметіне аталған. 1 Кл – ток күші 1 А болатын өткізгіштің көлденең қимасы арқылы 1 секундта тасымалданатын зарядқа тең. $1 \text{ Кл} = 3 \cdot 10^9$ СГСЭ бірлігі = 0,1 СГСМ бірлігі. 2) Электрлік ығысу ағынының (электр индукциясы ағынының) Халықаралық бірліктер жүйесінің (СИ) бірлігі.

КУЛОНДЫҚ ҚОЗДЫРУ, *ядроларды* – сырттан келіп соқтығысатын зарядты бөлшектермен электрмагниттік өзараәсерлесуі нәтижесінде атом ядроларының қозбаған (негізгі) күйден қозған күйге ауысуы. Ядроларды кулондық қоздыру үдетілген *электрондар, протондар, дейтрондар, α -бөлшектер* және басқа зарядты бөлшектер соққылаған кезде жүзеге асырылады. Осы қоздырудың эффектілік қимасын анықтау кезінде қоздырылған ядро шығаратын бөлшектердің **серпімсіз шашырау энергиясын** не γ -кванттарды немесе *конверсиялық электрондарды* тіркейді. Ядроларды кулондық қоздыру – қоздырылған тұрақты ядролардың спектрлерін және қасиеттерін зерттеудің маңызды әдістерінің бірі.

КУЛОН ЗАҢЫ – электрстатиканың екі нүктесіне электр зарядының (өлшемдері электр зарядтарының арақашықтығымен салыстырғанда кіші болатын) арасындағы өзараәсерлесу күшін анықтайтын заңдарының бірі (**нүктелік заряд** деп өлшемдері олардың арақашықтығымен салыстырғанда аз болатын зарядталған денелер айтылады). Бұл заңды 1785 жылы француз физигі Шарль **Кулон** (1736 – 1806) өзі ойлап тапқан **иірілмелі таразы** арқылы жүзеге асырылған тәжірибесінің негізінде тұжырымдаған. (XVIII ғасырдың 70-жылдары бұл заңды 1771 жылы ағылшын физигі әрі химигі Генри **Кавендиш** (1731 – 1810) ашқан, бірақ бұл жайлы ғылыми еңбегі 1879 жылы жарияланған). Аталған заң былай тұжырымдалады: вакуумдегі нүктелік екі электр зарядының бір-бірімен әсерлесу күші (F) осы зарядтардың (e_1, e_2) көбейтіндісіне тура пропорционал, ал олардың

арақашықтығының екінші дәрежесіне (квадратына) кері пропорционал болады, яғни

$$F = k \frac{e_1 \cdot e_2}{r^2}$$

мұндағы k – таңдап алынған өлшеу бірлігіне байланысты анықталатын пропорционалдық коэффициент, бірліктердің абсолют (гаусстық) жүйесінде (бірліктердің СГС жүйесінде $k=1$; Халықаралық бірліктер жүйесінде (СИ) $k = 1/4 \pi \varepsilon_0$, мұндағы ε_0 – электрлік тұрақты. F күші зарядтарды өзара қосатын сызықтың бойымен бағытталады. Таңбасы әр түрлі зарядтар арасындағы тартылыс күші үшін $F > 0$.

Егер өзараәсерлесуші зарядтар біртекті диэлектрикте болса, онда өзараәсерлесу күші ε рет кемитін болады, яғни $F = k \frac{e_1 e_2}{\varepsilon r^2}$, (2) мұндағы ε – диэлектрлік өтімділік, k – пропорционалдық коэффициент. Кулон заңы классикалық электродинамиканың ғылыми тәжірибелік негіздемесінің жалпылануы болып табылады. **Екі магнит полюсінің арасындағы өзараәсерлесу күшін анықтайтын заң да Кулон заңы** деп аталған: $F = f \frac{m_1 m_2}{\mu r^2}$, (3) мұндағы f – пропорционалдық коэффициент (жалпы жағдайда ол k -ға сәйкес келмейді, бірліктердің абсолют жүйесінде $f = 1$), m_1, m_2 – магниттік зарядтар, μ – магнит полюстерін қоршаған ортаның магниттік өтімділігі. Вакуум үшін: $F = f \frac{m_1 m_2}{r^2}$.

Кулон заңына бағынатын өзараәсерлесулер **кулондық өзараәсерлесулер** деп аталған.

КУМЕТР, сенімділікті өлшеуіш – электр тізбектерінің: индуктивтілік катушкалардың, конденсаторлардың, тербелмелі контурлардың т.б. бөліктерінің сенімділігін (Q) өлшеуге арналған аспап. Куметрдің әсері **өлшеудің резонанстық әдісіне негізделген**: индуктивтіліктегі немесе сыйымдылықтағы кернеу контурға берілетін кернеуде Q есе артық тізбектеліп қосылған индуктивтілік пен сыйымдылықтан құралған.

КУМУЛЯЦИЯ (латынша «кумулятио – шоғырлану») – жарғыш (қопарғыш) заттар зарядына арнайы пішін беру арқылы белгілі бір бағытта жару (қопару) әсерін едәуір арттыратын әсер, яғни жару (қопару) энергиясын белгілі бағытта шоғырлау.

КУПЕР ЭФФЕКТИСІ – металда асқынөткізгіштіктің пайда болуына әкеп соқтыратын өткізгіштік электрондарды жұпқа (куперлік жұпқа) біріктіру. Мұны 1956 жылы американ физигі Леон **Купер** (1930 ж.т.) алдын ала болжаған. Купер эффектісі осы заманғы асқынөткізгіштік теориясының негізіне жатқан. Металдардың ($T \rightarrow 0$ К температура кезінде) Купер эффектісі есепке алынбайтын негізгі күйінде электрондар Ферми беттерімен шектелген импульстер көлемдерінің кеңістігін толтырады. Импульстер металда электрондары теңдей

және қарама-қарсы бағытталған импульсті болып таратылады. Купер эффектiсi бойынша Ферми беттерiне жақын орналасқан және қарама-қарсы бағытталған импульстерi мен спиндерi болатын электрондар торлар арқылы өзараәсерлесулерi себебi бойынша *виртуал* фонондармен алмасу нәтижесiнде пайда болатын және де тартылыстық сипатты жұптарға бiрiгедi. Куперлiк жұптардың *спиндерi* бүтiнсанды (нөлдік) болады, яғни бозе-бөлшек (*бозондар*) болады. Куперлiк жұптар жүйесi сондықтан *асқынаққыштыққа* ие болады, бұл жайт зарядты бөлшектер үшін **асқынөткізгіштік** ретiнде бiлiнедi.

Куперлiк жұп электрондарының байланыс энергиясының аз шама болуы металдардың, олардың қоспаларының және қорытпаларының (20 К-ге дейiн) төменгi температуралы асқынөткізгiштiгiнiң болуы себебiнен пайда болған.

КҮЙ – табиғи жағдайда кездесетiн заттардың және олардың физикалық теорияларда тұжырымдалған әртүрлi физикалық, химиялық үрдістер (процестер) нәтижесiнде өзгерістерге ұшырауының мәндерiмен анықталатын физикалық сипаттамасы. Заттардың бiрiне-бiрiнiң ауысуы олардың бос энергиясының, энтропиясының, тығыздығының және басқа негiзгi физикалық қасиеттерiнiң өзгерістерi секiрiстi түрде жүзеге асырылатын күйi.

Беттiк күйлер – қатты дененiң вакууммен немесе басқа орта шекарасында туындайтын заряд тасушылар энергиясының деңгейлерi.

Виртуалды күйлер – микробөлшектер жүйесiнiң энергиялары, импульстерi және массалары арасындағы әдеттегi байланыс бұзылатын қысқа мерзiмдік аралық күйлерi.

Сәйкес күйлер – әр түрлi заттардың күйлерiнiң келтiрiлген параметрлерiнiң бiрдей мәндерiне сәйкес келетiн күйлерi.

Жүйелердiң айну күйлерi – бiрдей энергиялы жүйелердiң әртүрлi күйлерi.

Заттардың агрегаттық күйлерi – заттар арасындағы ауысулары бос энергияның, энтропияның, тығыздықтың және басқа физикалық негiзгi қасиеттерi секiрiстi өзгерістi заттың күйлерi.

Аралас күй – үлгiдегi магнит өрiсi өсiп, кризистiк магнит өрiсiнiң екi мәнінiң төменгiсiне жететiн кездегi II тектi асқынөткізгiштiң ауысу күйi.

Аралық күй – үлгiнiң кез келген тұсында өспелi магниттiк өрiстiң кризистiк мәнге жетуi кезiнде I тектi асқынөткізгiштiң ауысатын күйi.

Әйнектәрiздi күй – заттардың аса салқындалатын ерiтпесiнiң қатаю кезiнде қалыптасатын аморфтық күй.

Жүйелердiң байланысқан күйi – жүйе бөлшектерiнiң өздерiнiң қозғалыстарына тән салыстырылмалы сипаты бойынша кеңiстiктiң шектелу аймағында ұзақ уақыт бойы болатын салыстырмалы қозғалысы кезiндегi күйi.

Жүйенің күйі – физикалық шамалар жүйесіне тән мәндермен анықталатын жүйенің физикалық сипаттамасы.

Конденсацияланған күй – заттардың қатты және сұйық күйі.

Кризистік күй – заттардың сұйық және газтәрізді фазаларының арасында айырмашылық болмайтын кездегі күйі.

Қоздырылған күй – кванттық жүйенің берілген жүйесі үшін мүмкін болатын бірқатар энергиялық дискретті минимал мәндерінен жоғары энергиялы күйі.

Мезоморфты күй – заттардың сұйық кристалдық күйі. Заттардың сұйық ретіндегі (аққыштығы) әрі қатты кристалл ретіндегі (анизотроптық қасиеті) бола алатын күйі.

Метатұрақты күй – 1) термодинамикалық жүйенің берілген жағдайда едәуір тұрақты күйге ауыспай-ақ осы жүйенің ұзақ уақыт тұрақсыз тепе-теңдікте болатын күйі. 2) Кванттық жүйенің ұзақ мерзімді уақытпен сипатталатын қозған күйі.

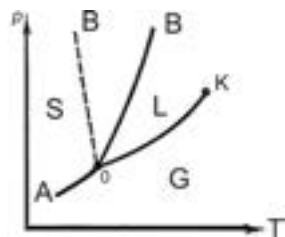
Резистивтік күй – асқынөткізгіштің электрлік кедергісінің ішінара қалпына келетін күйі.

Стандарт күй – 1) термохимияда, заттың температурасы 298 К және қысымы 1 атмосфера болған кездегі күйі. 2) Идеал газдың берілген температурадағы және қысымы 1 атмосфера болған кездегі күйі.

КҮЙЛЕР ДИАГРАММАСЫ (грекше «диаграмма – кескін, сызба»), **тепе-теңдік диаграммасы** – термодинамикалық жүйенің тепе-теңдік күйлерін анықтайтын параметрлердің: температураның T , қысымның p , жүйе құрамының [компоненттердің x , шоғырлануын (концентрацияларын)], мольдік көлемін v , электрлік және магниттік өрістердің т.б. әр түрлі мәндері кезінде термодинамикалық жүйенің тепе-теңдік күйлерінің геометриялық кескіні. Күйлер диаграммасы жүйенің фазалық құрамы туралы T , p , x және басқа параметрлерге тәуелділігі туралы ақпараттар береді. Қарапайым жағдайда жүйе тек бір ғана құрама бөліктер (компоненттен) құралғанда, күйлер диаграммасы T , p және v мәндері (немесе өзгедей параметрлердің) үш тікбұрышты координаттар өстерінде салынатын үш өлшемді кеңістіктік пішін болады.

Әдетте координаттық жазықтықтардың біреуіне салынған үш өлшемді күйлер диаграммасы қарастырылады. Жазықтыққа салынған p , T күйлер диаграммасының кез келген нүктесі p және T -нің берілген мәндерінде заттардың тепе-теңдік күйін кескіндейді. 0 нүктесі (*үштік нүктесі*) заттардың үш *фазасының* (қатты, сұйық және газ тәрізді) тепе-теңдігіне сәйкес болады. 0 нүктесінде үш қисық сызық қилысады: ОА (құрғақ айдау (сублимация) қисық сызығы), әрбір нүкте заттардың қатты және газ тәрізді фазаларына сәйкес болады; ОК (булану

қисық сызығы) – сұйық және газ тәрізді фазаларға сәйкес болады; балқу қисық сызығы OB (немесе OB') – қатты және сұйық фазаларға (OB сызығы балқу $T_{бал}$ – температурасы қысыммен бірге артатын заттарға арналған, OB' сызығы p артқанда $T_{бал}$ кемитін заттарға арналған). Осы қисық сызықтар күйлер диаграммасының жазықтығын үш фазаның әрқайсысының бола алатын: қатты (S), сұйық (L) және газтәрізді (G) аймақтарға ажыратады. K – кризистік нүктесінде сұйықтар мен газдардың қасиеттерінің арасындағы айырмашылық жойылады. **Гиббстің фазалар ережесіне** сәйкес OA , $OB(OB')$ қисық сызықтарындағы O нүктесі қайтымсыз тепе-теңдікке және OK – бірнұсқалық (моноварианттық) тепе-теңдік, S , L және G аймақтарындағы әрбір нүктеге екінұсқалық (диварианттық) тепе-теңдік сәйкес болады.



КҮЙЛЕР ТЕҢДЕУІ, термодинамикалық тепе-теңдік күйлердегі физикалық біртекті жүйелердегі қысымды (P), көлемді (V) және температураны (T) байланыстырады: $f(P, V, T) = 0$. Бұл теңдеу жүйенің ішкі энергиясын (U) анықтайтын кез келген үш параметрдің (P, V, T) екеуінің функциясы ретінде анықтайтын калориялық күйлер теңдеуінен өзгеше **термиялық күйлер теңдеуі** деп аталған.

Термиялық күйлер теңдеуі қысымды көлем және температура арқылы өрнектеуге $p = p(V, T)$ және жүйені шексіз аз шамаға $\delta(V)$ ұлғайтқан кезде қарапайым жұмысты ($\delta A = p \delta V$) анықтауға мүмкіндік береді. Күйлер теңдеуі термодинамикалық заңдарды нақты заттарға қолдануға мүмкіндік беретін қажетті қосымша болып табылады. Бұл теңдеу тек термодинамиканың бір ғана заңынан қорытылып шығарылмайды, тәжірибеден немесе заттардың құрылысы туралы түсініктер негізіндегі теория жүзінде статикалық физиканың әдістерімен есептеліп анықталады. *Термодинамиканың бірінші бастамасынан* тек калориялық күйлер теңдеуінің болатыны, ал *термодинамиканың екінші бастамасынан* – термиялық және калориялық күйлер теңдеуінің арасындағы байланыс анықталады: $(\partial U / \partial V)_T = T(\partial p / \partial T)_V - p$, бұдан идеал газ үшін ішкі энергияның көлемге тәуелсіз екені шығады $(\partial U / \partial V)_T = 0$. Термиялық, сондай-ақ калориялық күйлер теңдеулерін есептеп анықтау үшін термодинамикалық потенциалдардың кез келгенін өздерінің параметрлерінің функциялары түрінде білу жеткілікті.

Идеал газға арналған *Клапейрон теңдеуі* $p \vartheta = RT$, мұндағы R – газ тұрақтысы, ϑ – 1 моль газдың көлемі; *Ван-дер-Ваальс теңдеуі* $(p + a/\vartheta^2)(\vartheta - b) = RT$, мұндағы a және b – газ табиғатына тәуелді және молекулалар арасындағы тартылыс күшінің ықпалын және олардың көлемдерінің шекті екенін есепке алатын тұрақты шама; **осылар күйлер теңдеулеріне мысал бола алады.**

КҮН АКТИВТІЛІГІ – Күнде оған тән құрылымдарды (күн дағы, жарқырауық түйіршіктер (факелдер) және фотосферада флоккула және хромосферада оталу, тәжде протуберанц) тудыратын физикалық үрдістердің ықпал етуі. Күн активтілігі артқанда корпускулалық, сондай-ақ Күннің қатаң электромагниттік сәулелері күшейетін болады, бұл Жер атмосферасының *магнитсферасы* мен *ионсферасының* күйлеріне ықпал етеді (*магниттік дауылдар, поляр шұғыласы*, атмосфера газы молекуласының ыдырауы). Күн активтілігінің деңгейі өзгеріп тұрады. Күн активтілігінің *11 жылдық циклі* белгілі. Күн активтілігі жер бетіндегі құбылыстар мен үрдістерге едәуір ықпал етеді (поляр шұғыласы, магниттік өрістің ұйытқуы, жер сілкіну, өсімдіктердің өсу жылдамдығының өзгеруі, жәндіктердің көбеюі және «қоныс аударуы», тұмау, оба, сүзек т.б. эпидемиясы). Күн активтілігі – өсімдіктердің фотосинтезінің негізгі шарты болып табылады.

КҮН БАТАРЕЯСЫ – күн радиациясының энергиясын тікелей электрге түрлендіретін құрылғы. Күн элементтерінің (КЭ-нің) әсері *ішкі фотоэффект* құбылысын пайдалануға негізделген. Мұның энергетикалық сипаттамалары фотоэлементтің материалына, КЭ-нің құрылымдық ерекшеліктеріне, батарея құрамындағы КЭ-нің санына тәуелді. КЭ жасауға арналған материалдар Si, GaAs, CdS, CdTe. Si негізді материалдар пайдаланылады. Бұлардың пайдалы әсер коэффициенті (пәк) – 17%; GaAs негізді КЭ-нің пәк – 22%. Күн батареясы жазық панел түрінде (беті мөлдір материалмен қорғалған) жасалады. Батареядағы КЭ-нің саны бірнеше жүз мыңға, панел ауданы мыңдаған шаршы метрге (м²), ток күші – жүздеген А (ампер), кернеуі – жүздеген В (вольт), өндірілетін қуаты – бірнеше ондаған (кейде жүздеген) кВт-қа (килоВаттқа) жетеді.

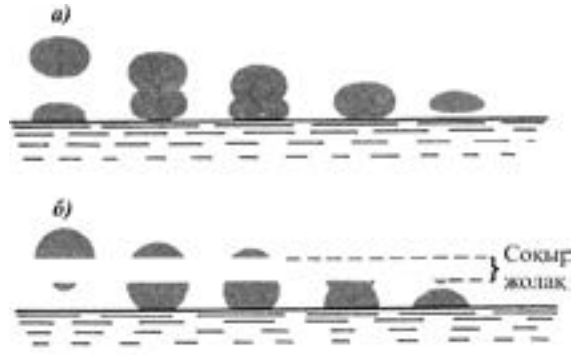
КҮН ДАҚТАРЫ – Күннің атмосферасынан байқалатын күнгірт құрылымдар; оның көлденеңі 200 000 км жетеді. Температурасы фотосфераның температурасынан 1 – 2 мың градусқа төмен. Сол себепті күн дақтары жарық фонда күнгірт болып байқалады. Күн дақтары күн активтілігінің 11 жылдық циклі бойынша өзгереді. Негізгі ерекшелігі – күн дақтарында күшті магниттік өріс [0,3 – 0,5 Тл (тесла)].

КҮН ДИСКІСІНІҢ СОПАҚТАЛЫП КӨРІНУІ – ертеңгісін Күн көкжиектен көтерілген және кешқұрым Күн батар кезде Күн дискісінің әдеттегі дөңгелек пішінінен ауытқып байқалу құбылысы. Бұл құбылыс Күннің көкжиектен көтеріліп шығуы мен көкжиектен төмен түсіп батар алдында (көкжиекке жақындаған кезде) күн сәулесінің *рефракциясы* (күн



1-сызба. Күн және Ай дискілерінің көкжиекке тақау келген кездеріндегі сопақталып байқалуы

сәулесінің түзу сызықты таралу бағытынан ауытқуы) әсерінен туатын оптикалық құбылыс. Күн дискісі Жер бетіндегі бақылаушыға 32' (32 секундтық) бұрышпен байқалады. Күн дискі көкжиекке жанасар алдында күшті рефракцияға ұшырайды, Күн дискінің жоғарғы жиегі көкжиектен 32' (32 секундтық) бұрыштық биікте болады. [Оның себебі Күн дискісінің бұрыштық диаметрі 32' секундтық бұрышпен көрінуіне байланысты].



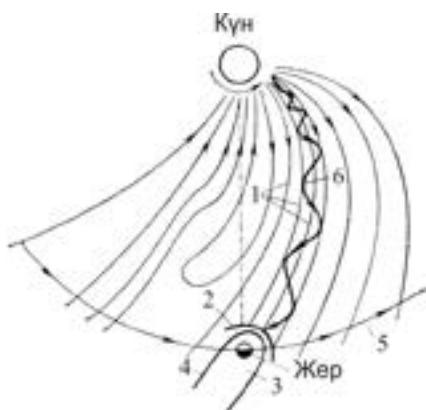
2-сызба. Батар кездегі Күн дискісінің бұрмаланып байқалуы

Қалыпты атмосфералық жағдайда Күн дискісінің көкжиекке тақау астыңғы жиегі Күн сәулесінің рефракциясының салдарынан 35' (35 секундтық) бұрышқа, ал жоғарғы жиегі тек 28' (28 секундтық) бұрышқа ғана жоғары көтеріліп байқалады. Рефракция салдарынан Күн дискісінің биіктігі 7' (7 секундтық) бұрышқа «кемиді». Сондықтан Күн дискісі бақылаушыға (яғни бізге) екі бүйірі шығыңқы сопақ пішінді болып көрінеді (1-сызба). Осыған қоса Күн дискісі **жарық сәуленің шашырауынан қызғылт реңді болып байқалады**. Егер ауаның тығыздығы биіктеген сайын бірқалыпты болмай кемитін болса, онда Күн дискісі әрқалай бұрмаланып көрінетін болады. (2-сызба).

КҮН ДИСКІСІНІҢ ҰЛҒАЙЫП КӨРІНУІ – аспан күмбезінің дәл жарты сфера пішінді болмай, төбе жағының биіктігі айналадағы көкжиектің қашықтығымен салыстырғанда аласа болып көрінуінің салдарынан туындайтын оптикалық алданыс құбылысы. Күннің Айдан әлде қайда алыста екенін білесіздер (Күн мен Жердің арақашықтығы 149 миллион 500 мың км, ал Жер мен Айдың арақашықтығы 384 мың 400 км). Аспан күмбезінен бұлардың Жерден қашықтығын сезіне алмаймыз. Оларды біз аспан күмбезінде ойша бірдей қашықтықтан байқаймыз. Күн мен Айдың диаметрі (Күннің диаметрі $\sim 1392 \cdot 10^5$ км болса, Айдікі – 3476 км) бірдей болмаса да аспан күмбезінде дәл төбемізде олар бірдей 32' (32 секундтық) бұрышпен байқалады. **Аспан күмбезі** бізге оптикалық құбылыс салдарынан **дәл төбемізде жақын, ал көкжиекте алыстан көрінеді**. Күн мен Ай бізге аспан күмбезінде **төбеде кішірейіп, ал көкжиекте ұлғайып байқалады** (сызбаға қараңыз). Жер бетінде орналасқан заттар қаншалықты алыста орналасса, олар кіші бұрышпен байқалады. Бұл құбылыс – **алыстан байқалу** (перспектива) деп аталған. Мысалы, Ай бізден 384 000 км қашықтықта болғанына қарамастан көкжиек маңында сызықтық (яғни диаметрлік) өлшемін өзгертпейді. Сол себепті

біздің психологиялық – физиологиялық қалыптасқан әдетіміз бойынша оның кішіреймей көрінуі бізге Айдың (немесе Күннің) ұлғайып көрінуі секілді әсер тудырады. Көкжиек маңайындағы өзге нәрселер кішірейіп Күннің (немесе Айдың) бірқалыпты 32' (32 секундтық) бұрышпен байқалуы бізге олардың ұлғайып көрінуі секілді әсер туғызатыны енді түсінікті болған шығар. Күннің (немесе Айдың) өлшемдерінің көкжиек маңында ұлғаймайтындығына көз жеткізетін бір тәсіл бар. Ұлғайған секілді әсер беріп тұрған Күнге (немесе Айға) картон қағаздан ұзындау және одан көкжиектегі өзге нәрселер көрінбейтін диаметрлі (онша кең болмай) болып жасалған түтік арқылы қарасаңыздар олардың өлшемінің ұлғаймағанын байқайсыздар. Түтікті алып қойып, әлгі Күнге (немесе Айға) қайтадан жай көзбен қарасаңыз, қайтадан оптикалық алдануға шалдығасыз. Тағы бір мысал. 75 метр биікте (мұнарада) тұрған адам, жерде сізден 75 метр қашықта тұрған адамнан кіші болып байқалады. Аспанға қарағанымызда бізбен аспандағы Күннің (немесе Айдың, жұлдыздың) аралығында ешқандай нысандар жоқ, ал көкжиекке қарағанымызда (бізбен) екі арада әртүрлі қашықтықтағы нысандар (объектілер) көрінеді, соның салдарынан көкжиекке **жақын аймақ бізге алыстан көріну әсерін туғызады.**

КҮН ЖЕЛІ – планетааралық кеңістікте *Күн тәжі* плазмасынан радиустық бағытта тұрақты түрде таралатын ағыны. Күн желінің қасиеттерін зерттеу жұмысымен алғаш рет американ астрономы Юджин **Паркер** (1927 ж.т.) айналысқан. Күннің қойнауынан шығатын энергия ағыны тәж плазмасын 1,5–2 миллион К (Кельвин) температураға дейін қыздырады. Тұрақты түрдегі қыздыру энергия шығынын сәуле шығару есебінен теңгере алмайды, себебі тәждің тығыздығы аз. Артық энергияның едәуір бөлігін Күн желінің ($\sim 10^{27}$ – 10^{29} эрг/сек) бөлшектері өзімен бірге алып кетеді. Сондықтан Күн тәжі **гидростатикалық тепе-теңдікте бола алмайды**, ол үздіксіз кеңеюде болады. Күн тәжі құрамы бойынша тәж плазмасының құрамынан айырмасы жоқ (Күн тәжінде негізінен протондар, электрондар, аздаған гелий ядролары, оттегі иондары, кремний, күкірт, темір иондары болады). Тәждің түп негізінде (Күннің фотосферасынан 10 мың км тереңдікте) бөлшектердің радиус



Күн желінің Жердің магнитсферасымен өзараәсерлесуі: 1 – Күннің магнит өрісінің күш сызықтары; 2 – соққы толқыны; 3 – Жердің магнитсферасы; 4 – магнитсфераның шекарасы; 5 – Жердің орбитасы; 6 – Күн желі бөлшектерінің траекториялары

бағытындағы жылдамдығы жүздеген м/сек дыбыс жылдамдығына тең болса, бірнеше Күн радиусындай қашықтықта әлгі жылдамдық плазмадағы дыбыс шапшаңдығына (100–150 км/сек) жетеді. Жер орбитасының маңында протондар шапшаңдығы 300–750 км/сек болады, ал олардың кеңістіктік шоғырлануы (концентрациясы) (1 см³ текше см-де) бірнеше бөлшектен – бірнеше ондаған бөлшекке дейін ғана болады. Күн желі өзімен бірге Күннің магнит өрісінің тұзақтарын ілестіре әкетіп планетааралық магнит өрісін түзеді. Бөлшектердің радиус бағыты бойынша қозғалысына қоса Күннің өз осінен айналуы оның қозғалысына спирал пішін береді. Жер төңірегінде Күн желі бөлшектерінің ағыны **Жер магнетизмінің өрісімен соқтығысуы салдарынан** Жердің (Күнге қараған жағындағы) магниттік сферасында **тұрақты соққы толқынын тудырады** (сызбаға қараңыз). Күн желі магниттік сфераны орағытып ағады. Күн желінің қарқындылығының өзгерісі Күнде байқалатын оталумен байланысты және **Жер магнетизмінің және магниттік сфераның ұйытқуы магниттік дауылдың негізгі себебі болып табылады**. Күн 1 жылда Күн желінің себебінен өзінің массасының $\sim 2 \cdot 10^{-14}$ үлесін кемітеді. Күннен өзгедей жұлдыздар да «жұлдыздық желдер» болады. Жұлдыздық жел жұлдызаралық ортада ыссы газдардың «көпіршіктерін» тудырады, осы «көпіршік» рентгендік сәуленің көзі болып табылады.

КҮН КҮРКІРЕУ, Аспаннның күркіреуі – *найзағай* разрядымен қабаттаса өтетін атмосферадағы дыбыстық құбылыс. Бұл қатты дыбысты найзағай болып өткен алқаптағы ауаның қызуы және тез көлемін ұлғайтуы нәтижесінде пайда болатын жарылыс (қопарылыс) толқыны тудырады. Найзағайлы алқаптағы **дыбыс және бұлттан шағылысқан жаңғырық дыбыс қосылып күркіреп естілетін болады**. Күн күркіреуінің ұзағырақ созылу себебі найзағай разрядының ұзындығының әрқилы болуымен бірге одан шығатын дыбыс та әртүрлі жиілікпен таралады және **жаңғырық дыбыс та кешігіп естілетіндіктен күркіреу де ұзағырақ естіледі**. Күн күркіреуі 16 – 20 км қашықтықтан естіледі.

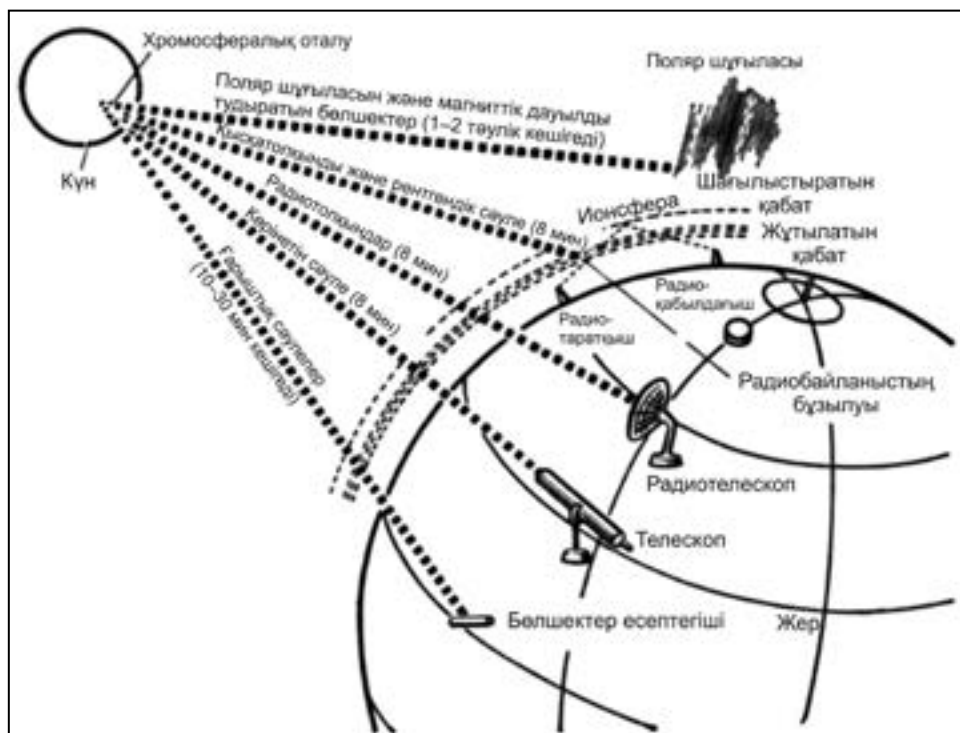
КҮННІҢ ҒАРЫШТЫҚ СӘУЛЕСІ – Күннің оталуы кезінде оның атмосферасының үстіңгі қабатында жоғары энергияларға дейін үдетілген **зарядты бөлшектердің ағыны**. Бұл ағындар Жер маңайында ғарыштық сәулелердің қарқындылықтарының кенеттен артуы түрінде тіркеледі. Мұның энергиясының жоғарғы шегі $\mathcal{E}_k \approx 2 \cdot 10^{10}$ эВ, болса төменгі шегі кейде *күн желінің* жоғарғы шегімен қабысатын болады. Шартты түрде Күннің ғарыштық сәулесінің төменгі шегінің энергиясы $10^5 - 10^6$ эВ деп қабылданған. Бөлшектер ағынының төменгі энергиясы осы шамадан аз болса, ол *плазмалық* қасиетіне ие болады. Күннің ғарыштық

сәулесінің негізгі бөлігін протон ($E_k \geq 106$ эВ), электрон ($E_k \geq 30$ кэВ) т.б. құрайды. Бөлшектердің үдетілуі Күннің оталуымен тығыз байланысты. Оталудың негізгі көзі электромагниттік өріс болып табылады. Осы өрістің өзгерісінен *электр өрісі* туады.

КҮННІҢ ҚЫЗАРУЫ – Күннің көкжиектен жоғары көтеріліп шығу және көкжиектен төмен түсіп батар кезінде қызыл реңді болып байқалу құбылысы. Аспанның көгілдір түсті болуы мен Күн дискісінің қызыл реңді болып байқалуының себептері ортақ. Күн сәулесінің шашырауына байланысты ағылшын физигі Джон **Тиндальдің** (1820 – 1893) ғылыми тәжірибесінде жарықтың бұлдыр сұйық орта арқылы өтуі кезіндегі шашырау құбылысы болатыны айқындалған. Онда жарықтың шашырауы нәтижесінде сұйық орта арқылы өткен жарық шоғының белгілі бір бөлігінде көк рең, сыртқа шыққан бөлігінде қызғылт реңді түстің пайда болатыны белгілі болған. Осы секілді жайт Күннен Жер атмосферасына тікелей түсетін күн сәулесінен де байқалады. Күн сәулесі ауа қабатынан өтуі кезіндегі шашырауы салдарынан негізінен көк және күлгін сәулелер жұтылады, сол себепті күн сәулесінде әлсіз сарғыш реңк түзіледі, Күн көкжиекке жақындаған сайын бұл рең күшейеді. Күн сәулесі атмосфера қабатында бастапқы кездегіден ұзын жол жүреді. Осы ұзақ жолда қысқа толқынды сәулелер, яғни күлгін, көк, көгілдір сәулелер едәуір кемиді, сол себепті Күннен (немесе Айдан) тікелей Жерге келетін сәуледе негізінен ұзын толқынды сәулелер – қызыл, қызғылт, сары реңді түстер басым болады. **Күннің қызыл түсі және аспанның көк түсі – бір ғана үрдістің (процестің) – шашыраудың екі түрлі салдары болып табылады.** Күннен тікелей түсетін сәуле атмосфера қабаты арқылы өткеннен кейін ұзын толқынды сәуле (қызыл Күн) ғана қалады, шашыраған сәуледе қысқа толқынды сәуле (көгілдір аспан) басым болады. **Рэлейдің теориясы** Күннің қызарып көрінуін осылай түсіндіреді.

КҮН РАДИАЦИЯСЫ, Күн сәулесі – Күн тарататын (шығаратын) электромагниттік сәулелер мен *корпускулалық* ағындар. **Корпускулалық радиация** негізінен 300 – 1500 км/сек жылдамдықпен таралатын және түгелдей дерлік Жердің магнитсферасындағы ($5 - 100$ ион/см³) ұсталып қалатын, бірақ Күн активтілігі артқан кезде көбейетін протондардан құралған. **Күннен таралатын электромагниттік радиация** (Күннің сәулелік энергиясы) жарық жылдамдығымен (300 000 км/сек) таралатын электромагниттік толқындар түрінде шығарылып, Жер атмосферасында енеді. Жер бетіне тікелей немесе шашыранды радиация түрінде жетеді. Оның ~ 48% спектрдің көрінетін сәуле (0,38–0,76 мкм) бөлігіне, ~ 40%-дан астам бөлігі инфрақызыл сәуле (0,76 мкм), 7%-ы ультракүлгін сәуле (0,38 мкм) үлесіне тиесілі. Күн радиациясы – Жер бетіндегі атмосферада өтетін

сыртқы әсерлер (экзогендік) үрдістері (процестері) үшін жалғыз энергия көзі болып табылады; әдетте жылулық әсерлері бойынша өлшенеді және уақыт бірлігі үшін бет бірлігінің үлесіне тиесілі калория мөлшері арқылы сипатталады. Жер шары Күннен жуық шамамен 1 минутта $2,4 \cdot 10^{18}$ кал сәулелік энергия алады.



Атмосфера қабаты арқылы өткен Күн радиациясы газ молекулаларынан, сұйық және қатты денелердің ұсақ бөлшектерінен шашырайды. Сонымен қатар ауадағы (атмосфераның жоғарғы қабаттарындағы) су буына, озонға, көмірқышқыл газына, шаң – тозаңдар мен оттекке (аздап) жұтылады. Сондықтан тікелей түсетін Күн радиациясы атмосфераның күйіне және Күннің көкжиектен биіктігіне тәуелді болады, Жер шарының теңіз деңгейінде Күннен алатын сәулелік энергиясы $1,6 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ -тен аспайды. Күн радиациясы күндіз – талтүсте, жыл бойында – жазда және көктемде ең үлкен шамада болады.

КҮН ТЕРМОЭЛЕКТР ГЕНЕРАТОРЫ – *термоэлектрлік эффект* негізінде күн сәулесінің энергиясын электр энергиясына айналдыратын генератор. Осы генератордың құрамында термобатарея мен күн сәулесін шоғырландыратын айна (концентратор) болады. Термобатарея тізбектей не параллель қосылған термоэлементтерден құралады. Термоэлементтер ретінде жартылайөткізгіш немесе өткізгіштігі әртүрлі қос металл (қоспа) пластинкалар пайдаланылады.

Қос пластинкалардың түйіскен ұштарына күн сәулесі шоғырландырылғанда, *термоэлектрлік эффект* негізінде тізбекте **термоэлектрлік қозғаушы күш** пайда болады. Бұл генератор радиокабылдағыштардың ток көзі ретінде және ғарыштық ұшу аппараттарында қосымша энергия көзі ретінде т.б. мақсаттар үшін пайдаланылады.

КҮШ, м е х а н и к а д а – өзге бір дененің берілген материялық денеге тигізетін механикалық әсерінің өлшеуіші. Осы әсер дене нүктелерінің жылдамдығын өзгертеді немесе денені деформациялайды және де тікелей жанасу (бір-біріне қысылған денелердің қысымы, үйкеліс) кезінде денелер тудыратын өрістер арқылы (тартылыс күшінің өрісі, электрмагниттік өріс) әсер етуі мүмкін. Күш уақыттың әрбір сәтінде кеңістіктегі бағытпен және түсірілген (қадалған) нүктесімен сипатталатын **векторлық шама**; күштерді қосу **күштер параллелограмдары ережесі** бойынша жүзеге асырылады. Күш бағытталған түзу сызық күштің әсер ету сызығы деп аталған. Егер дене деформацияланбайтын болса, онда күш дененің кез келген нүктесіне түсірілген деп есептеуге болады. Күшті өлшеу статикалық немесе динамикалық әдістермен жүзеге асырылады. **Статикалық әдіс** өлшенбекші күшті бұрыннан белгілі күшпен теңестіруге негізделген. **Динамикалық әдіс** динамиканың $m\mathcal{a}=F$ заңына негізделген. Күштің халықаралық бірліктер жүйесіндегі (СИ) өлшеу бірлігі – 1 ньютон (1Н) – 1 кг массаға 1 м/сек^2 үдеу беретін күшке тең. Күштің бірліктердің СГС жүйесіндегі өлшеу бірлігі дина, $1 \text{ дина} = 10^{-5} \text{ Н}$ және $1 \text{ кг күш} = 9,81 \text{ Н}$.

КҮШ – материалдық нүктеге немесе денеге өзге денелер немесе өрістер тарапынан әсер ететін механикалық ықпалдың өлшеуіші.

Ампер күші – электр тогы өтіп тұрған өткізгішке магнит өрісі тарапынан әсер ететін күш.

Ауырлық күш – дененің Жер мен гравитациялық өзараәсерлесу күші мен Жердің өз осінен айналуынан туатын инерциялық орталықтың тепкіш күштерінің теңәсерлі күші.

Беттік күш – дененің бетіне түсірілген күш.

Бөгде күш – өткізгіштердегі заряд тасушыларға әсер етуші, электрлік емес табиғатты күш.

Дыбыс күші – акустикалық толқынның таралу бағытына перпендикуляр шағын аудан арқылы тасымалданатын қуаттың осы ауданға қатынасы.

Жалпыланған күш – механикалық жүйенің орналасқан орны жалпылама координаттармен анықталатын әдеттегі күш.

Жарық күші – жарық көзінен шығып, қарапайым денелік бұрыш ішімен берілген бағыт бойынша таралатын жарық ағынының осы денелік бұрыштың шамасына қатынасы.

Инерция күші – 1. Ньютонның екінші заңының формуласының инерциялы емес санақ жүйесінде де тура болуына қажетті инерциялық емес санақ жүйесінің қозғалысына байланысты инерциялық санақ жүйесіне қатысты әлгі формулаға ендірілетін қосымша мүше. 2. Даламбер принципін пайдалану кезінде күштердің бірі ретінде қолданылатын, минус таңбамен алынған үдеудің материалдық нүктенің массасына көбейтіндісі.

Квазисерпімді күш – нүктенің тепе-теңдік жағдайдан ауытқуына пропорционал болатын әрі қарама-қарсы бағытта әсер ететін күш.

Консервативтік күш – күш түсірілген нүктенің бастапқы қалпынан соңғы қалпына ауысуы кезінде істелетін жұмыстың жолға тәуелсіз болатын күші.

Кориолистік күш – инерциялық жүйеге қатысты ілгерілемелі емес қозғалатын, инерциялы емес санақ жүйесіндегі материалдық нүктеге әсер ететін және кориолистік үдеуге байланысты болатын инерциялық күш.

Коэрцитивтік күш – алғашында қаныққанға дейін магниттелген ферромагниттік үлгінің толықтай магнитсізденуі кезіндегі магнит өрісінің кернеулігі.

Көлемдік күш – бөлшектерге әсер етуші күштердің осы бөлшектердің массаларына пропорционал әрі бірдей бағыттарда болатын шарттар кезіндегі дене бөлшектеріне түсірілетін теңәсерлі күш.

Көтергіш күш – дененің жылдамдығына перпендикуляр бағытталған, газда немесе сұйықта қозғалатын денеге қысым түсіретін толық күштің бір құраушысы.

Линзаның оптикалық күші – линзаның фокустық қашықтығына кері шама.

Лоренц күші – 1. Қозғалыстағы электр зарядына магнит өрісі тарапынан әсер ететін күш. 2. Қозғалыстағы электр зарядына электромагниттік өріс тарапынан әсер ететін күш.

Магниттікқозғаушы күш – магниттелген катушкадан өтетін электр тогы күшінің катушканың орам санына көбейтіндісі.

Магнус күші – денені орап ағатын сұйықтың немесе газдың ағынында айналатын денеге ағынға және айналу өсіне перпендикуляр бағытта әсер ететін күші.

Мәжбүрлеуші күш – жүйенің еріксіз тербелістерін тудыратын периодты өзгермелі күш.

Нормал қысым күші – жанасушы беттерге нормал (тік) бойынша бағытталған берілген денемен жанасушы өзге дене тарапынан әсер ететін күштің құраушысы.

Орталыққатартқыш күш – нүктеге әсер етуші бүкіл күштердің нүкте траекториясының қисықтығының ортасына бағытталған құраушысы.

Орталықтантепкіш күш – 1. Орталыққатартқыш ауыспалы үдеу себеп болатын инерциялық санақ жүйесіне қатысты айналатын санақ жүйесіндегі материалдық нүктеге әсер ететін инерциялық күш. 2. Нүкте қозғалысының траекториясына бас нормал бойымен бағытталған, Даламбер принципі қолданылған жағдайдағы инерциялық күштің құраушысы. 3. Материалдық нүктенің айналмалы қозғалыс кезіндегі байланысқа әсер ететін күші.

Реактивтік күш – уақыттың өтуі салдарынан дене массасының өзгеруі кезінде пайда болатын күш.

Термоэлектрқозғаушы күш – жанаспаларының (жапсарларының) арасындағы температуралары әрқалай, әртекті өзкізгіштерден құралған электр тізбегінде пайда болатын электрқозғаушы күш.

Ток күші – белгілі бір уақыт аралығында өзкізгіштің көлденең қимасы арқылы тасымалданатын электр зарядының осы уақыт аралығына қатынасы.

Сырғанау үйкелісінің күші – егер берілген денеге онымен жанасатын өзге дене тарапынан жанасушы бетке жанасу бағыты бойынша әсер ететін күштің бір құраушысы.

Тенселу үйкелісінің күші – жазық немесе иілген бет бойынша сырғанаусыз сырғитын цилиндр немесе шартәрізді денеге әсер ететін үйкеліс күші.

Тыныштық үйкеліс күші – толық емес үйкеліс күшінің максимал мәні.

Үйкеліс күші – жанасушы денелердің, сұйықтар немесе газ қабаттарының салыстырмалы орын ауыстыруына кедергі келтіретін күш.

Фотоэлектрқозғаушы күш – жартылайөткізгішке электромагниттік сәуле жұтылған кезде осы жартылайөткізгіште пайда болатын электрқозғаушы күш.

Электрқозғаушы күш (ЭҚК) – зарядтың тұйық контурмен қозғалысы кезінде бөгде күштер тарапынан істелген жұмыстың әлгі заряд шамасына қатынасымен анықталатын ток көзінің сипаттамасы.

Бөгде күштер – өткізгіштердегі заряд тасушыларға әсер ететін электр статистикалық табиғатты емес күштер.

Ван-дер-вальс күштері – нақты газдардың молекулаларының арасында әсер ететін тартылыс күштері.

Соққы күштері – денелердің соқтығысулары кезіндегі деформациялану үрдісі (процесі) кезінде пайда болатын күштер.

Серпімді күштер – 1. Деформацияланатын денеде пайда болатын ішкі күштер. 2. Серпімді деформацияға ұшыраған дене тарапынан онымен жанасушы денеге сырттай әсер ететін күштер.

Ядролық күштер – атом ядроларындағы нуклондарды байланыстыратын күштер.

КҮШЕЙТКІШ, т е х н и к а л ы қ – әсер етуші сигналдардың энергетикалық параметрлерін қосалқы көздер энергияларын пайдалану есебінен арттыруды жүзеге асыратын құрылғы. Күшейтілетін сигналдардың физикалық табиғатына сәйкес күшейткіштер **электрлік, механикалық, пневматикалық, гидравликалық** күшейткіштерге ажыратылған. Күшейткіш – автоматиканың, телемеханиканың және радиотехниканың т.б. негізгі бөліктерінің бірі болып табылады.

КҮШ ИМПУЛЬСІ – белгілі бір уақыт аралығындағы күш әсерінің өлшеуіші; күштің орташа мәні (F_{op}) мен оның әсер ету уақытының (t_1) көбейтіндісіне тең: $S = F_{op} \cdot t_1$. Күш импульсі векторлық шама және ол F_{op} -пен бағыттас болады. t_1 уақыт аралығындағы күш импульсінің мәні $S = \int_0^t F dt$ интегралы бойынша анықталады. F күшінің әсерінен t_1 уақыт аралығында қозғалған материалдық нүктенің қозғалыс мөлшері *күш моментіне* тең шамаға өзгереді: $S = m\vartheta_0 - m\vartheta_1$, мұндағы $m\vartheta_0$ және $m\vartheta_1$ – нүктенің t_1 уақыт аралығының сәйкес түрде бастапқы және соңғы кездегі қозғалыс мөлшерлері.

Күш импульсі ұғымы механикада, дербес жағдайда *соққы* теориясында пайдаланылады, τ уақыт аралығында соққы күшіне $F_{сок}$ тең шамасы **с о қ қ ы и м п у л ь с і** деп аталған.

КҮШ МОМЕНТІ – күштің қатты денеге әсер етуі кезіндегі оның айналдыру эффектін сипаттайтын шама. Күш моменті орталыққа (нүктеге) және оське қатысты ажыратылады.

Орталыққа (O) қатысты күш моменті – векторлық шама. Оның модулі $M_0 = Fr$, мұндағы F – күштің модулі; r – O нүктесінен күш әсерінің сызығына түсірілген перпендикулярдың ұзындығы, яғни иін; Оське қатысты күш моменті алгебралық шама болып табылады,

ол күш моментінің оське түсірілген проекциясына тең. Күш моменті денені сағат тілінің жүрісі бағыты бой-



ынша немесе оған қарсы бағытта айналдыруға қатысты оң немесе теріс шамаға тең болады. Минус таңбасы F күшінің айналдыру бағыты сағат тілінің қозғалыс бағытымен сәйкес болғанда қойылады.

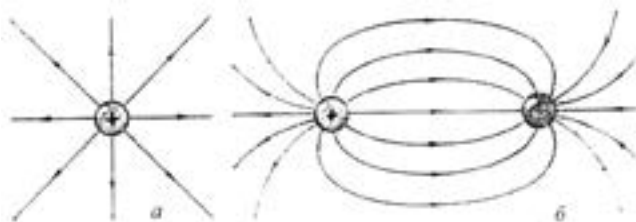
Егер күш жүйесінің теңәсерлі күші болса, онда оның моменті **Вариньон теоремасы** бойынша есептеледі. Бұл теорема бойынша: егер күштер F_i жүйесінің

тең әсерлі күші F болса, оның кез келген орталыққа O қатысты моменті $M_0(R)$ күш моменттерінің $M_0(F)$ қосындысына тең болады.

КҮШ ӨРІСІ – кеңістіктің (шектеулі немесе шектеусіз) әрбір нүктесіне орналасқан материалдық бөлшекке шамасы мен бағыты әлгі нүктенің координаттарына (x, y, z) , немесе координаттар мен уақытқа (t) тәуелді болатын күш әсер ететін бөлігі. Алғашқы жағдайда күш өрісі – **тұрақты күш өрісі**, ал екінші жағдайда – **тұрақсыз күш өрісі** деп аталған. Егер де күш өрісінің бүкіл нүктелерінде ортақ бір мәнге ие болса, яғни координаттарға тәуелді болмаса, онда күш өрісі – **біртекгі өріс** деп аталады.

Күш өрісінде қозғалатын материалдық нүктеге әсер ететін өріс күшінің жұмысы тек бөлшектің бастапқы және соңғы қалпына ғана тәуелді және оның траекториясының түріне тәуелсіз болатын күш өрісі – **потенциалдық күш өрісі** деп аталады. Күш өрісінің мысалдары: тартылыс өрісі, электрмагниттік өріс, т.б.

КҮШ СЫЗЫҚТАРЫ – кез келген күш өрістерін (электрмагниттік, гравитациялық) кескіндеуі үшін ойша созылатын сызықтар. Күш сызықтары кеңістіктің әрбір нүктесіне сызылған жанамалар – берілген өрісті (электрлік немесе гравитациялық өрістің кернеулігін, магниттің индукциясын) сипаттайтын вектордың бағыты бойынша үйлесетін болып сызылады. Өрістер кернеуліктері мен магниттік индукция – кеңістік нүктелердің координаттарының бірімәнді функциялары болғандықтан, әрбір нүкте арқылы бір ғана күш сызығы өте алады. Күш сызықтардың тығыздығы әдетте осы сызықтарға перпендикуляр бірлік ауданнан өтетін күш сызықтарының саны өріс кернеулігіне (немесе магнит индукциясына) пропорционал болатын шамада сызылады. Сонымен күш сызықтары кеңістікте өрістің таралуының

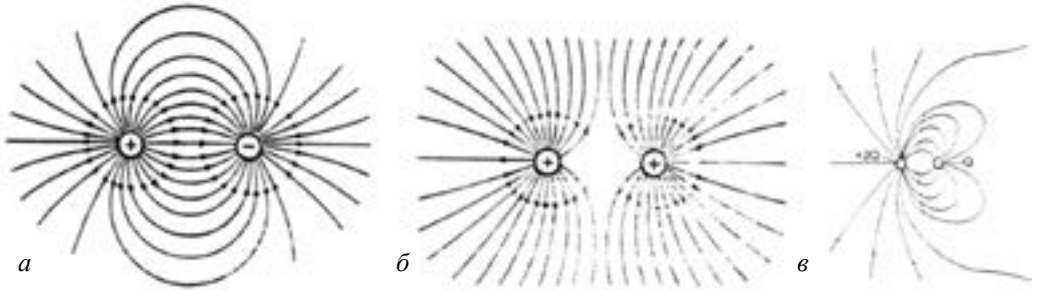


a – бір нүктелік зарядтың күш сызықтары; б – әртас екі нүктелік зарядтың күш сызықтары

көрнекті бейнесін елестетеді. Электрстатистикалық өрістің **күш сызықтары** әрқашан тұйық болмайды: олар оң зарядтан **басталып, теріс зарядта** (немесе шексіздікке кетеді) **аяқталады**. Магниттік индукция векторы әрқашан тұйық, яғни магнит өрісі құйынды болады. Магниттік өрісте орналасқан темір ұнтақтары күш сызықтарының бойымен орналасатын болады; осы көрініс бойынша магниттік индукцияның күш сызықтарының түрін анықтауға болады. Өзгермелі магнит өрісі тудыратын құйынды электр өрісінің күш сызықтары да тұйық болады. Электр

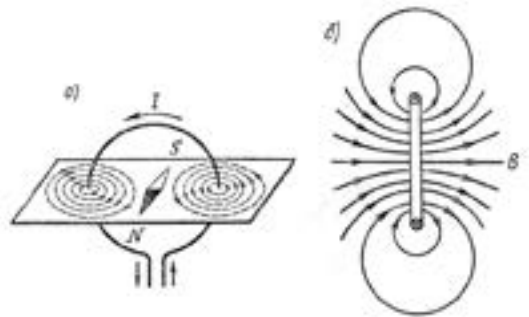
және магнит өрістері үшін «күш сызықтары» ұғымын ғылымға алғаш рет енгізген ағылшын физигі Майкл **Фарадей** (1791 – 1867) болды.

Тұрақты ток өтіп тұрған өткізгіш күш сызықтары өткізгішке перпендикуляр жазықтықта орналасқан концентрлі шеңберлер (бірінің ішіне бірі орналасқан) жүйесі болып табылатын магнит өрісін тудырады. Күш сызықтардың тығыздығы (Б, В және Г сызбалардағы үзік-үзік сызықтар) магнит өрісінің қарқындылықтарын



Өрiттас бiрдей шамалы зарядтың (а); екi бiрдей аттас (б) және (в) Q және $+2Q$ зарядтардың күш сызықтары

сипаттайды. Өрiстiң бағытын «оң қол ережесiн» пайдаланып (Б) анықтайды. Егер өткiзгiш оң қолдың басбармағы токтың бағытын (ол электронның қозғалыс бағытына қарама-қарсы бағыт болып қабылданғанын ескеремiз) көрсететiн болып ұсталса, онда өзге саусақтар өрiстiң бағытын сiлтейдi. Егер де өткiзгiш иiлген болса, өрiс сызықтарының пiшiндерi өзгередi. Өткiзгiш катушка түрiнде немесе соленоид түрiнде (В) оралған болса, онда өрiстiң күш сызықтары катушканың осiнiң бағытымен бiрдей бағытта өтедi. Осы өрiс жалпы түрде жазық магниттi (солтүстiк полюсi оң жақта болатын) еске түсiредi. Егер соленоидтың iшiне жалпақ төртқырлы темiр өзек ендiрiлiп орналастырылса, күш сызықтар оның iшiнде шоғырланатын болады: сәйкес түрде осы темiрдiң ұштарындағы күш сызықтардың шоғырлануы артады. Осы құрылғы – э л е к т р м а г н и т деп аталады, өте күштi магнит өрiсiн тудыра алады. Бұл өрiс өткiзгiштегi токты, соленоидтағы орамдар санын және орамның көлденең қимасын өзгерту кезiнде өзгерiске ұшырайтын болады.



КҮШТЕРДІҢ ТЕПЕ-ТЕҢДІГІ – механикада қатты денеге әсер ететін күштердің өзара теңескен күйі. Қарапайым жағдайда, екі күштің тепе-теңдік шарты, оларды сан мәндері бірдей болғанда және бір түзу бойында біріне-бірі

карама-қарсы бағытталғанда жүзеге асады. Жалпы жағдайда, күштердің тепе-теңдік шарты, олардың өзара перпендикуляр үш осьтегі барлық проекцияларының қосындысы мен осы осьтерге қатысты күш моменттерінің қосындысы нөлге тең болған жағдайда ғана орындалады. Күштердің өзара теңескен жүйесі әсер еткен дене **тыныштық қалыпта** не *инерция* бойынша ілгерілемелі, түзу сызықты бірқалыпты қозғалыста болуы тиіс. Күштердің өзара теңескен жүйесін қосқаннан не шегергеннен дененің тыныштық қалпы немесе қозғалыс күйі өзгермейді.

КҮШТІ ӨЗАРАӘСЕРЛЕСУ – қарапайым бөлшектердің **төрт іргелі өзараәсерлесуінің** бірі. Өзараәсерлесудің өзге үшеуі әлсіз, электрмагниттік және гравитациялық әлсіз әсерлесу болып табылады. Күшті өзараәсерлесу электрмагниттік және гравитациялық өзараәсерлесумен салыстырғанда өте қысқа қашықтыққа әсерлесу: оның әсер ету радиусы $\sim 10^{-13}$ см (әлсіз әсерлесудің күтілетін радиусы $2 \cdot 10^{-16}$ см шамасында болады).

Әдеттегі тұрақты затта онша жоғары емес температура кезінде күшті өзараәсерлесу ешқандай үрдістер (процестер) туғызбайды, тек ядродағы нуклондар арасында берік байланыс (әрбір нуклон үшін байланыс энергиясы орташа есеппен 8 мэВ шамасында) орнатады. Бірақ жеткілікті жоғары энергиялы күшті өзараәсерлесу ядролардың немесе нуклондардың көптеген ядролық реакцияларын тудырады. Табиғатта бірігу (термоядролық синтездік) реакциясының мәні зор, осы реакцияның нәтижесінде **төрт нуклон гелий ядросында бірігеді**. Осы реакция (әлсіз өзараәсерлесу қатысатын кезде) Күнде де өтеді және Жер жағдайында пайдаланылатын негізгі көз болып табылады. Нуклондардың соқтығысуы бірнеше жүз МэВ энергиядан бастап күшті өзараәсерлесу π -мезондар тудырады, ал одан да артық энергия кезінде *гажар* бөлшектердің (К-мезондардың, гиперондардың) мезондық және бариондық резонанстардың тууына әкеп соқтырады. Осы күшті өзараәсерлесуші бөлшектер *адрондар* деп аталған.

Адрондардың күшті өзараәсерлесулердің арасындағы аяқталған теориясы әзірше жоқ, бірақ та аяқталмаған, жалпы мойындалмаған теория бар, ол адрондардың негізгі қасиеттерін түсіндіруге мүмкіндік береді. Осы теория – *кванттық хромодинамика*, бұл теория бойынша **адрондар кварктерден** (мезондар кварктерден және антикварктерден, ал **бариондар** – үш кварктен) құралған, ал кварктер арасындағы күштерге *глюондардың* алмасуы себеп болған. Байқалған адрондар түгелдей әртүрлі типті “хош иістерден”, *u, d, s, c, b* бес типті кварктен құралған.

Күшті, әлсіз және электрмагниттік өзараәсерлесулерді ортақ бір теорияға («Ұлы бірлестік») біріктіруге талпыныс жасалған. Осы сұлбада *лептондар* және кварктер, аралық векторлық *бозондар*, фотондар мен глюондар ортақ негізде қарастырылмақ.

КЮРИ (Ки, Си) – радиоактивті көздегі (изотоп активтілігінің) нуклидтің активтілігінің жүйеден тыс бірлігі. 1 Ки – 1 сек уақытта изотоптың $3,700 \cdot 10^{10}$ актисі (ыдырауы) болатын активтілігі. 1 Ки = $3,700 \cdot 10^{10}$ Бк (беккерель). Француз физиктері Пьер **Кюри** (1859 – 1906) мен Мария **Склодовская-Кюридің** (1867 – 1934) құрметіне аталған.

КЮРИ ЗАҢЫ – кейбір *парамагнетиктердің* меншікті *магниттік алғырлығының* (χ) температуралық тәуелділігі, $\chi = C/T$ түрінде өрнектеледі, мұндағы T – абсолюттік температура, C – кюри константасы. Бұл заңды 1895 жылы француз физигі Пьер **Кюри** (1859 – 1906) тұжырымдаған. Кюри заңына кейбір газдар (оттек, азот тотығы), сілтілі металдардың буы, сирек кездесетін элементтердің парамагниттік тұздар ерітінділері мен кристалдық күйдегі кейбір парамагниттік тұздар бағынады. Кюри заңының классикалық теориясы бірімен-бірі әлсіз әсерлесетін магниттік диполдік моменті болатын атомдар, молекулалар не иондар жүйесін статистикалық тұрғыдан қарауға негізделген. Ал төменгі температура мен күшті магнит өрісіндегі заттарға Кюри заңында орын жоқ.

КЮРИ НҮКТЕСІ, Кюри температурасы, (θ немесе T_c) – фазалық ауысу нүктесіне жақындағанда және осы нүктеде сапалы жаңа қасиетке ие болатын заттардың үздіксіз өзгерісімен сипатталатын II текті *фазалық ауысу* температурасы. *Ферромагнетиктердегі* осы ауысуды егжей-тегжейлі зерттеген француз физигі Пьер **Кюридің** (1859 – 1906) есімімен аталған.

Кюри нүктесінен төменгі (T) температура кезінде ферромагнетиктер (T_c) температурасында өздігінен магниттелушілікке (J_s) және белгілі бір магниттік-кристалдық симметрияға ие болады. Ферромагнетиктер қыздырылған және Кюри нүктесіне жақындаған кезде атомдардың жылулық қозғалысы күшейеді де бұрынғы магниттік реттілікті – атомдардың магниттік моменттерінің бірдей бағытталуын «әлсіретеді». Магниттік реттіліктің өзгерісін мөлшерлік сипаттау үшін *р е т т і л і к п а р а м е т р і η* енгізілген, бұл үшін ферромагнетиктер жағдайында олардың магниттелушілігін қабылдауға болады. $T \rightarrow T_c$ кезде реттілік параметр $\eta \rightarrow 0$, ал Кюри нүктесінде ферромагнетиктердің өзіндік магниттелушілігі жойылады ($\eta = 0$), ферромагнетиктер парамагнетиктерге айналады. Антиферромагнетиктерде $T = T_c$ кезде (антиферромагнетиктік Кюри нүктесінде немесе *Неель нүктесінде*) оларға тән атомдық магниттік құрылым (магниттік кіші торлар) қирайтын болады және антиферромагнетиктер де парамагнетиктерге айналады. $T = T_c$ кезде атомдардың жылулық қозғалысы сегнетэлектриктерде кристалдық торлардың қарапайым ұяшықтарының электрлік диполдерінің реттілікті бағдарларын нөлге теңестіреді. Кюри нүктесінің маңайында затта $T \rightarrow T_c$ кезінде максимумға жететін көптеген физикалық қасиеттері (мысалы, жылу сыйымдылығы, магниттік алғырлығы) арнайы өзгерістерге ұшырайды.



ҚАБАТ – бір дененің тұтас болмай, өзі секілді немесе өзгедей бөліктердің арасында немесе асты-үстінде орналасқан құрама бөлігі.

Бейтарап қабат – үлгіні ию кезінде өзінің ұзындығын өзгертпейтін талшық қабаты.

Жабатын қабат – негізгі заряд тасушымен кедейленген металмен немесе өзге типті жартылайөткізгіштіктің шекарасының маңындағы өткізгіштегі аймақ.

Қосарланған электрлік қабат – жанасатын екі фазаның шекарасының ұзын бойына таралған қарама-қарсы таңбалы электр зарядтарының жиынтығы.

Мономолекулалық қабат – заттың бөліну фазаларының шекарасындағы қалыңдығы бір молекула шамасында болатын қабаты.

Шекаралық қабат – сүйір денелердің бетінде пайда болатын жылдамдығы, температурасы немесе химиялық құрамы әрқилы екі ағынның ажырау арнасының қабырғалары немесе шекараларындағы тұтқыр сұйықтың немесе тұтқыр газдың жұқа қабатты ағу аймағы.

ҚАБЫҚША, қабық – механикада, арақашықтығы өзге өлшемдерімен салыстырғанда кіші (аз) болатын екі қисық сызықты бетпен шектелген деформацияланатын қатты дене. Қабықшаның қалыңдығын теңдей екіге ажырататын бет – осы **беттің ортасы** деп аталған; қабықша беттің сырт көрінісіне тәуелді бірнеше пішінге ажыратылған. Қабықша беттің толық қисықтығы бойынша – гаусстық қисықтық деп аталатын: оң – сфералық, эллипсоидтық; нөлдік – цилиндрлік, конустық; теріс – гиперболалық, параболоидтық беттерге топталған. Қабықша тұрақты және айнымалы (өзгермелі) қалыңдықты, сондай-ақ бір, екі және көп қабатты қабықшалар бола алады.

«**ҚАБЫҚША**» ұғымы физикада шартты түрде мынадай мағыналарда пайдаланылады: (Физикалық қабықша құрылыс ісінде қолданылатын қабықтарға ұқсамайды):

Адиабаттық қабықша – қарастырылып отырған жүйе мен сыртқы орта арасында жылу алмасуға жол бермейтін қабықша.

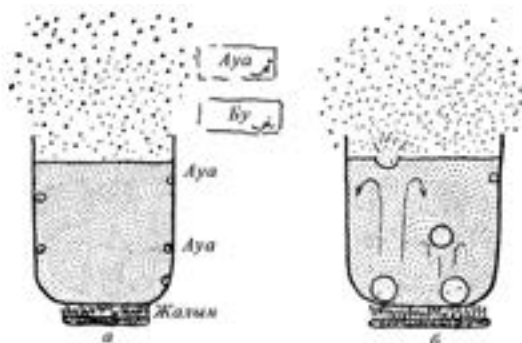
Электрондық қабықша – 1) Атомның немесе молекуланың құрамына енген

бүкіл электрондардың жиынтығы. 2) Басты кванттық санның берілген мәніне ие және атомның ядросынан жуық шамамен бірдей қашықтықта орналасқан атом электрондарының жиынтығы.

Ядролық қабықша – атом ядросында энергия мәндері бір-біріне қарайлас болатын нуклондардың жиынтығы.

ҚАЙНАУ – сұйықтың көлемінде бу көпіршіктерінің немесе қыздырылатын беттерде буға толған қуыстардың түзілуі нәтижесінде буға (**I текті фазалық ауысу**) айналуы. Сұйықтың қуысында пайда болған көпіршіктердің көлемдері ұлғайып сұйықтың бетіне қалқып шығады да жарылып (оның ішіндегі) қаныққан бу сұйықтық фазаға ауысады.

Сұйықтың қайнауын тұрақты түрде ұстап тұру үшін оның бу түзуіне және будың көлемінің ұлғаюына қарсы сыртқы қысымның жұмысына қарсы шығындалуына



а – сұйық қайнауға дейінгі нүктеде тек бетінен ғана буланады; б – қайнаған сұйықта оның бетінен де және бу көпіршіктерінде де булану жүзеге асады

қосымша жылу беріліп тұруы қажет. Тұрақты қысымдағы сұйықтың қайнауы жүзеге асырылатын температура **қайнау температурасы** (T_k) деп аталған. Қайнап тұрған сұйықтың үстіңгі бетіндегі будың қанығу температурасы қайнау температурасына (T_k) сәйкес келеді. Қысым артқан сайын қайнау температурасы да арта түседі. Қайнауың шектік температурасы заттың кризистік температурасы болып табылады.

Атом қысым кезіндегі қайнау температурасы химиялық таза заттардың

негізгі физикалық-химиялық сипаттамаларының бірі болады. Мұқият тазартылған сұйықта еріген газдар (ауа) болмайды, сол себепті әлгі сұйықты қайнауысыз ондаған градусқа дейін **аса қыздыру** мүмкін болады. Осындай асақызған сұйық қайнайтын болса, қайнау қопарылыс секілді тасқынды өтеді. Асақызу температурасы будың пайда болуына жұмсалады, сол себепті қайнаған сұйық будың **қанығу температурасына дейін тез салқындайды**. Таза сұйықтың қайнауысыз асақызуының туу себебі мынада: бастапқы кезде кішігірім көпіршіктердің (ұйытқылық) пайда болуының қиындығы: көпіршіктердің пайда болуына беттік көп энергия жұмсалуы қажет. Егер сұйықта еріген газ және әртүрлі ұсақ қалқымалы бөлшектер болса, онда сәл ғана асақыздыру тұрақты әрі тыныш қайнауы тудыруға жеткілікті. Бу түзілудің негізгі орталығы газ сіңірілетін ұсақ кеуектері болатын және басқа біртектісіз қоспалары бар ұсақ бөлшектер болады.

Пайда болған көпіршіктердің көлемдерінің ұлғаюы үшін ондағы (көпіршіктің ішіндегі) қысым сұйықтың бетіндегі және капиллярлық қысымдардан бірнеше есе артық болуы қажет. Бұл шарт бумен жылулық тепе-теңдікте болатын бу мен оны қоршаған сұйықтың қысымдары сұйықтың қайнау температурасынан артық болғанда ғана орындалады. Күнделікті жағдайда осы қайнауы көреміз. **Бұл көпіршіктік қайнау** деп аталған.

Жылу ағынының шамасы ең үлкен (кризистік) мәніне (қайнаған су үшін $\sim 1500 \text{ кВт/м}^2$, $T - T_k = 25 = 30^\circ\text{C}$ кезінде) жеткенде, қайнауың екінші – ауыспалы режимі басталады. Осы жылу беру және будың пайда болуы кенеттен төмендейді, оның себебі режим кезінде, бу көпіршіктерінің бір-бірімен қауырт бірігуінен, қыздырылатын беттің едәуір бөлігі құрғақ дақтармен қапталады. Бүкіл қыздырылатын бет жұқа бу қабыршағымен қапталған соң, қайнауың үшінші – қабыршақты режимі пайда болады. Осы режим кезінде, жылу қатты қызған беттен сұйыққа жылу өткізгіштік және сәуле арқылы осы бу қабыршағымен беріледі. Егер сұйық ыдыс қабырғасына жұқпайтын болса (мысалы, сынап, легирленген болат), онда қайнауың қабыршақты режимі ғана байқалады. Егер металл ауыр дене шынықтырылу мақсатында суға матырылған болса, қайнауың үш режимі кері бағытта өтеді: су қайнайды, алғашында дене баяу салқындайды (қабыршақты қайнау), содан кейін салқындау жылдамдығы арта бастайды (ауыспалы қайнау) да, көпіршікті қайнау соңында ең үлкен мәніне жетеді. Көпіршікті қайнау кезінде жылу бөліп алу, салқындатудың ең тиімді тәсілі болып саналады. Бұл тәсіл **атомдық реакторлар мен реактивтік қозғалтқыштарды** салқындатуда т.б. қолданылады.

Қысымды кеміту арқылы да қайнау температурасын төмендетуге болады. Сұйықтың қысымы төмендеген аймақтарда (мысалы, кемелердің еспе қалақшасының артындағы құйынды аймақта) бу қуыстарының пайда болуы (*кавитация* құбылысының байқалуы) осы құбылыстық салдары болып табылады. Төменгі қысымдағы қайнау тоңазыту техникасында, физикалық ғылыми тәжірибелерде т.б. қолданылады. Сыртқы қысымның төмендеуіне байланысты қайнау температурасының төмендеуі **барометрлік қысымды** анықтаудың негізіне алынған.

ҚАЙТА ЗАРЯДТАУ, и о н д а р д ы – оң зарядталған иондардың өзараәсерлесуші бөлшектердің арасында электрондар алмастырылуы болатын кезде бейтарап атомдармен, молекулалармен немесе қатты дене бетімен өзараәсерлесуі.

ҚАЙТА МАГНИТТЕЛУ – ферро- немесе ферримагниттік үлгінің сыртқы магнит өрісінің ықпалымен магниттелу бағытын қарама-қарсы бағытқа өзгертуі.

ҚАЙТЫМДЫ ҮРДІС (ПРОЦЕСС), термодинамикада – термодинамикалық жүйенің бір күйден екінші күйге ауысып, соңынан бастапқы күйіне аралық күй тізбегі арқылы қайтып оралуға мүмкіндік беретін, бірақ тура үрдістегіден кері ретпен өтетін үрдісі. Егер үрдіс тепе-теңдік күй қаншалықты баяу өтетін болса, оны тепе-теңдік күйдің үздіксіз қатары ретінде қарастыруға болады, яғни қайтымды үрдістің берілген жүйедегі *термодинамикалық тепе-теңдік* үрдісінің орнауымен салыстырғанда баяу өтуі қажет. Дәлірек айтқанда, қайтымды үрдістің жүйенің тепе-теңдігін анықтайтын термодинамикалық параметрлерінің (тығыздығы, қысымы, температурасы) шексіз баяу өзгеруімен сипатталады. Мұндай үрдістер квазистатикалық немесе квазитепе-теңдік үрдістер деп аталған. Квазитепе-теңдік үрдістің қайтымдылығы оның кез келген аралық күйі термодинамикалық тепе-теңдік күйі болады және сондықтан ол күй үрдістің тура немесе кері бағытта өтетіндігіне «сезімтал» емес. Қайтымды үрдіс – макроскопиялық термодинамиканың тепе-теңдік ұғымдарының негізгілерінің бірі. Осы тепе-теңдік аясында **термодинамиканың I және II бастамалары тұжырымдалған.**

Табиғаттағы нақты үрдістер шекті жылдамдықпен энергияның шашыратылуымен (үйкеліс, жылуөткізгіштік т.б. нәтижесінде) қабаттасып өтеді, сондықтан ол үрдістер қайтымсыз үрдістер болып табылады. Қайтымды үрдіс – өте баяу өтетін табиғат үрдістерін идеалдандыру болып табылады, сол себепті олар үшін қайтымсыз құбылыстарды ескермеуге болады. Қайтымды үрдістің микроскопиялық теориясы статистикалық физикада қарастырылады. Үйкеліссіз тербелетін *маятниктің* қозғалысы қайтымды үрдістің мысалы бола алады. Жалпы алғанда, үйкеліссіз өтетін және серпімсіз соқтығысуларға қатыспайтын таза механикалық үрдістердің барлығын да қайтымды үрдіс ретінде қарастыруға болады.

ҚАЙТЫМСЫЗ ҮРДІСТЕР (ПРОЦЕССТЕР) – өздігінен тек белгілі бір бағытта ғана өте алатын үрдіс. Бұл үрдістерге: заттардың бағытталған кеңістіктік (диффузия және жылулық диффузия), жылу (жылу өткізгіштік), импульстік (тұтқыр ағын) ауысулары жүзеге асырылатын диффузия, жылу өткізгіштік, жылулық диффузия жатады. Бүкіл қайтымсыз үрдістер тепе-тең емес үрдістер болып табылады. Қоршаған ортада қайтымсыз үрдістер жүзеге асырылып өткен жүйені кез келген бір өзгеріс қалдырылмай бастапқы күйіне қайтару мүмкін болмайды. Тұйық жүйелерде қайтымсыз үрдістер энтропияның артуымен қабаттас өтеді. Ашық жүйелердегі (қоршаған ортамен энергия немесе зат алмаса алатын) қайтымсыз үрдістер кезінде энтропия тұрақты қалпында немесе тіптен

қоршаған ортамен энтропия алмасу есебінен кемітін болады. Бірақ барлық жағдайда пайда болатын энтропия, яғни жүйедегі энтропияның бірлік уақыттағы артуы қайтымсыз үрдістер болатындықтан оң болады.

Тепе-теңдікті (қайтымды) зерттейтін классикалық термодинамика қайтымсыз үрдістер үшін қайтымсыз үрдістердің мүмкін болатын бағыттары тек теңсіздіктерді орнықтырады. Үрдістің өздігінен өту бағыты «оң», оған қарама-қарсы бағыт «теріс» деп саналады. «Теріс» үрдістер басқа бір «оң» үрдіспен қарбалас өтеді. Мысалы, жұмыс қандай жағдайда болса да әрдайым өздігінен жылуға айналады. Үйкеліс күштері қатысатын немесе денелер бірі-біріне серпімсіз әсер ететін үрдістердің барлығында да істелген жұмыстың есебінен жылу пайда болады. Ал жылудың жұмысқа айналуы белгілі бір күрделі үрдістің бөлігі немесе жеке бір кезеңі ретінде ғана байқалады. *Карно циклі* немесе соған ұқсас басқа бір үрдіс орындалғанда, жылудың жұмысқа айналуына қоса, жылу ыссы денеден (қыздырғыштан) салқынырақ денеге (суытқышқа) ауысып, «оң» үрдіс те қарбалас өтеді. Жылудың ыссы денеден салқын денеге ауысуы да (жылу өткізгіштік құбылысы) – қайтымсыз үрдістер. Дене температурасының теңелуіне келіп тірелетін бұл үрдіс те өздігінен өтеді, яғни тұйықталған жүйеде өтетін бірден-бір үрдіс бола алады. Ал бұған кері, «теріс» үрдіс – салқын денеден жылудың ыссы денеге ауысуы – өздігінен өтпейді. Салқындатқыш машинаны пайдаланғанда жылу салқынырақ денеден ыссы денеге ауысу үшін мұнымен қатар «оң» үрдістің өтуі қажет.

Тұйықталған жүйелердегі қайтымсыз үрдістер *энтропияның* өсу бағытына сәйкес өтеді. Ал ашық жүйелерде өтетін қайтымсыз үрдістерде энтропия тұрақты болады немесе кейде кемиді. Бірақ барлық жағдайда да энтропияны өндірудің шамасы тұрақты болады.

Магниттелу кезіндегі қайтымсыз үрдістер қатарына энергияның шашырауы (жылудың бөлінуі) арқылы өтетін *домендердің* ығысуы мен магниттелу векторының айналуы тәрізді үрдістер жатады. Бұл үрдіс нәтижесінде ферро-және ферромагнетиктерде магниттік *гистерезис* құбылысы пайда болады. Табиғатта өздігінен өтетін үрдістердің барлығы да қайтымсыз үрдістер болып табылады.

ҚАЛДЫҚТЫ МАГНИТТЕЛУШІЛІК – магниттік материал алғашында сыртқы магнит өрісінің ықпалымен қаныққанша магниттеліп, соңынан осы магнит өрісінің кернеулігі нөлге дейін кемітіліп магнитсізделгеннен кейін түгелдей жойылмай, әлгі материалдың (немесе үлгінің) бойында сақталып қалатын магниттелушілігінің шамасы. Магнит өрісінде орналасқан кез келген дене магниттеледі. Алайда ферромагниттік денелерден басқа денелердің барлығы да,

магнит өрісінің әсері тоқтатылысымен бастапқы магнитсіздік күйіне оралады. Ал ферромагнетик денелердің магниттелген күйі ұзақ уақыт сақталады. Ферромагнетикті магнитсіздендіру үшін, магниттелген кездегі бастапқы магнит өрісіне кері бағытталған магнит өрісімен әсер етілуі қажет. Қалдықты магниттелушілік материалдың магниттік қасиеттеріне және оның магниттелуіне дейінгі жағдайына тәуелді. Осы магниттелушілік–магниттік *гистерезистің* негізгі параметрлерінің бірі болып табылады. Қалдықты магниттелушілік магниттік анизотропияның және үлгінің құрылымдық біртекті болмауынан пайда болатын магнит өрісі кернеулігінің кемуі кезінде (үлгінің осыған дейінгі магниттелуінен кейінгі) магниттелушіліктің кідіруінің себебінен туады. Материалдың (заттардың) қалдықты магниттелушілігін дененің, яғни магнит өрісінің кернеулігінің (H) нөлге тең ($H = 0$) болған күйіндегі дененің орташа магниттелушілігімен шатастырмау керек. Заттардың қалдықты магниттелушілігі дене бойындағы (ішіндегі) өріс сыртқы барлық көздердің және магниттелуші дененің магнитсіздендірілу өрісінің векторлық қосындысына тең магнит өрісінің нөлге тең болуы кезіндегі қалдықты магниттелушілікпен анықталады. Қалдықты магниттелушілік коэрцитивтілігі жоғары материалдарда тұрақты болады. Ферромагнетиктерді *Кюри нүктесінен* жоғары температураға дейін қыздырғанда, ол өзінің ферромагниттік қасиетін, сондай-ақ қалдықты магниттелушілік қасиетін де жояды. Қалдықты магниттелушілік механикалық соққы мен дірілдің нәтижесінде де кемиді. Қалдықты магниттелушілік құбылысы ақпараттарды жазу және сақтау жүйелерінде (әдетте магниттік таспаларда), тұрақты магнит жасауда пайдаланылады.

ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ – бір нәрсені бастапқы күйіне, қайтадан алғашқы жағдайына оралту.

Кескіндерді қалпына келтіру, голографияда – тірек толқынның көшірмесін тудыратын голограмманы жарық көзімен жарықтау тәсілімен заттық толқынды тудыру.

Соққы кезіндегі қалпына келтіру – өзара соқтығысқан денелердің бастапқы пішініне қайтаратын үрдіс (процесс).

ҚАЛЫПТЫ ЖАҒДАЙ – қысымы – $p = 101\,325$ Па (760 мм сынап бағаны) және термодинамикалық температурасы – $T = 273,15$ К ($t = 0^\circ\text{C}$) шамаларымен анықталатын физикалық стандарттық жағдай. Осы жағдайлар кезіндегі молярлық көлемі $V_0 = 2,2414 \cdot 10^{-2}$ м³/моль. Еркін түсудің қалыпты үдеуі $g_n = 9,80665$ м/сек².

ҚАЛЫПТЫ ҮДЕУ, орталыққа тарту үдеуі – қисық сызықты қозғалыс кезінде траекторияға қисықтық орталыққа қарай бағытталған басты нормал

(берілген нүктенің жанама түзуіне перпендикуляр бағытталған түзу) бойынша бағытталған үдеудің құраушысы. Түзу сызықты қозғалыс кезінде қалыпты үдеу нөлге тең.

ҚАЛЫПТЫ ШАРТТАР – $p=101325 \text{ Па} = 760 \text{ мм}$ сынап бағанына тең қысыммен (қалыпты атмосферада) және $273,15 \text{ К}$ ($t = 0^\circ\text{C}$) температурамен, газдың мольдік көлемімен $V_0 = 2,2414 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{моль}$ анықталатын физикалық шамалар. Еркін түсу үдеуі $g_k = 9,80665 \text{ м/сек}^2$ -қа тең деп қабылданған.

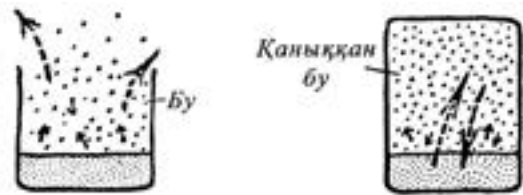
ҚАЛЫПТЫ ЭЛЕМЕНТ – тұрақты токтың электр қозғаушы күшінің (ЭҚК-ін) өлшеуіш болатын *гальвани элементі*. Қалыпты элемент ретінде көбінесе Вестонның сұйық электролитті (қаныққан және қанықпаған) және қаныққан (сұйық электролиті жоқ) гальвани элементтері қолданылады.

ҚАНЫҒУ, магниттік – магниттеуші магнит өрісінің кернеулігін әрі қарай арттырған кезде ферромагнетиктің немесе парамагнетиктің магниттелушілігі шектік мәндерге дейін жететін (артатын) кездегі әлгі заттың күйі.

ҚАНЫҚ ЕРІТІНДІ – заттың белгілі бір температурада әрі қарай ери алмайтын күйі. Қанық ерітіндінің концентрациясы (қоюлығы) заттың берілген жағдайындағы ерігіштігінің өлшеуіші болады.

ҚАНЫҚҚАН БУ – химиялық құрамдары бірдей сұйықпен (немесе қатты денемен) термодинамикалық тепе-теңдікте болатын бу. Сұйық пен оның қаныққан буы динамикалық тепе-теңдікте болады: уақыт бірлігінде сұйықтан

буға ауысатын молекулаларының саны әлгі уақытта бұдан сұйыққа қайтадан кайтатын молекулалардың сынына тең. Құрамында сұйықтың тамшылары кездесетін қаныққан бу – ылғал бу, ал тамшылар кездеспейтіні – құрғақ бу деп аталған. Құрғақ будың күйі

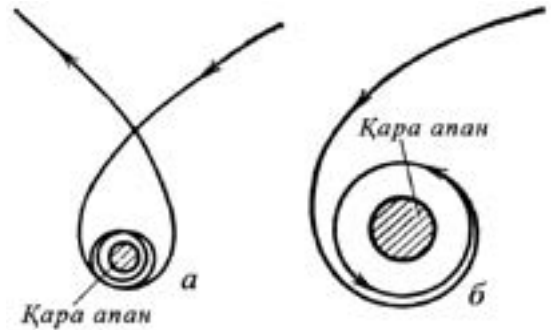


Булану және будың қанығуы

орныссыз: жылу аз ғана кемігенде құрғақ бу ішінара конденсацияланып (яғни суға айналып) ылғал бу түзеді, ал жылу үстемеленіп қосылатын болса, асақызған буға айналады. Сұйық пен будың (үштік нүкте мен кризистік нүкте аралығында) аралығында температура мен қысымының арасында термодинамикалық тепе-теңдіктің орнығуы мүмкін, қысым шамасының әрқайсысына будың белгілі бір қанығу температурасы сәйкес болады.

ҚАРА АПАҢ, қара тесік – дененің *гравитациялық күш* әсерінен оның гравитациялық радиусынан $r_g = 2GM/c^2$ (мұндағы M – дененің массасы, G – гравитациялық тұрақты, c – жарық жылдамдығының сан жүзіндегі мәні) кіші

өлшемге дейін сығылуының нәтижесінде пайда болған ғарыштық нысан (объект). Ғаламда қара апанның болу мүмкіндігі жайлы болжам жалпы салыстырмалық теория (ЖСТ) негізінде тұжырымдалған. ЖСТ бойынша аспан денесінің өлшемі r_g радиусына жуықтаған кезде тартылыс күші шексіздікке ұмтылады. Бірақ та сығымдалуға қарсылық көрсететін r_g радиусымен сипатталатын серпімділік күші заттың тіптен аз көлеміндегі өте жоғары тығыздығы кезінде шекті қалпынан өзгермейді. Сондықтан гравитациялық радиус өлшемдеріне жеткен дененің заттары орталық жаққа қарай үздіксіз сығылуы тиіс (релятивтік гравитациялық қирауға ұшырауы тиіс). Қара апанның пайда болуының бір жолын жұлдыздардың эволюциясы көрсеткен. Қойнауындағы *термоядролық энергия* көзі сарқылған жұлдыз қара апанға айналуы мүмкін. Массасы $M > M_{\text{кризистік}} = 1,5-3$ Күн массасына тең болатын жұлдыздардың ішкі қысым күштері гравитациялық күштерге қарсы тұра алмайды. Жұлдыздық заттар орталыққа қарай лап беріп, іс жүзінде еркін түсу уақыты кезінде гравитациялық радиусқа теңеледі де жұлдыздарда гравитациялық «өздік тұйықталу» басталады. Беттері r_g радиусты сфераға (Шварцшильдтік сферасына) жеткен жұлдыздарда Шварцшильдтік сфера шегінен ешқандай сигналдар (жарықтық, бөлшектік) тысқары шыға алмайды және сыртқы бақылаушыға жете де алмайды. Жарық сыртқа шыға алмайтын аймақтың шекарасы қара апанның көкжиегі деп аталған. Егер қираған жұлдыз зарядталған болса, қара апанның сыртқы көрінісінің сақталуы, оның гравитациялық өрісіне, айналу моментіне және электр зарядына байланысты. Қара апанның гравитациялық өрісі шалғай қашықтықта әдетте жұлдыздардың өрістерінен айырмашылығы жоқ және қара апанмен өзара әсерлесуші өзге денелердің қозғалысы Ньютон механикасының заңдарына бағынады. Қара апанның маңайындағы гравитациялық өрістің сипаты ЖСТ бойынша анықталады. Айналатын қара апанның гравитациялық өрісінің бірқатар ерекшеліктері бар (**Керр өрісі**). Қара апанның көкжиегінен тысқары ерекше аймақ – эргосфера (грекше «эргон – жұмыс») болады. Эргосфераға түсетін зат міндетті түрде қара апанның төңірегінде айналатын болады. Эргосфераның



Қара апаннан алыста (тартылыс өрісі әлсіз қашықтықта) парабола немесе гипербола траекториясымен қозғалатын дененің жылдамдығы жарық жылдамдығынан аз болса, ол қара апанның төңірегінде дөңселек орбитамен (а) айналып, ақыр соңында қара апанға құлап түседі (б)

қара апанның көкжиегі деп аталған. Егер қираған жұлдыз зарядталған болса, қара апанның сыртқы көрінісінің сақталуы, оның гравитациялық өрісіне, айналу моментіне және электр зарядына байланысты. Қара апанның гравитациялық өрісі шалғай қашықтықта әдетте жұлдыздардың өрістерінен айырмашылығы жоқ және қара апанмен өзара әсерлесуші өзге денелердің қозғалысы Ньютон механикасының заңдарына бағынады. Қара апанның маңайындағы гравитациялық өрістің сипаты ЖСТ бойынша анықталады. Айналатын қара апанның гравитациялық өрісінің бірқатар ерекшеліктері бар (**Керр өрісі**). Қара апанның көкжиегінен тысқары ерекше аймақ – эргосфера (грекше «эргон – жұмыс») болады. Эргосфераға түсетін зат міндетті түрде қара апанның төңірегінде айналатын болады. Эргосфераның

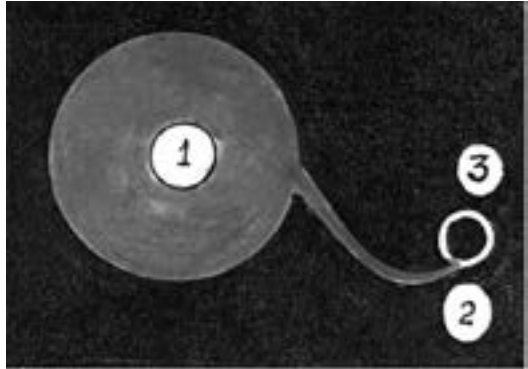
болуы қара апанның айналу энергиясын жоғалтуына әкеп соқтырады. Бұл жайт, мысалы, кез келген дене эргосфераға ұшып келгенде екі бөлікке ажырайды, оның бір бөлігі қара апанға түсуін жалғастыра берсе, ал екінші бөлігі эргосферадан айналыс бағыты бойынша ұшып шығады. Осы ұшып шыққан бөліктің энергиясы белгілі бір жағдайда дененің бастапқы энергиясынан артық болады.

Осылайша қара апан оның эргосферасында жұп бөлшек (бөлшек және антибөлшек) пайда болған кезде энергиясын жоғалтады, егер оның біреуі қара апанға жұтылса, екіншісі эргосферадан тысқары ұшып шығады. Қара апан айналу энергиясын тек эргосферадан ұшып шығатын бөлшектер арқылы ғана жоғалтпайды, сонымен қатар сыртқы электромагниттік және гравитациялық сәулелер асасәулеленулік шашырау үрдістерімен (процестерімен)

де жоғалтады. Қара апанның энергетикалық шығыны оның айналу моментінің толық энергиясынан 29% кемуіне (яғни $0,29 Mc^2$) тәуелді болады.

Жоғарыда айтылған үрдістер тек айналатын қара апанның айналасында жүзеге асады. Айналу болмайтын жағдайда көкжиектің болуы қара апанға таяу оның гравитациялық өрісі есебінен бөлшектер мен антибөлшектердің тууының кванттық - механикалық үрдісіне әкеп соқтырады.

Осының нәтижесінде қара апан $T_3 = 10^{-26}/M$ (Кельвин өлшемімен) температуралы абсолют қара дене ретінде сәуле шығаруы тиіс. Қара апанның осы сәуле шығару тәсілін 1974 жылы ағылшын физигі Стивен **Хокинг** (1942 ж.т.) қарастырған. Қара апанның қара денелік сәулесі аз, себебі T_3 аз ($M = 3$ Күн массасы $T_3 \sim 10^{-7}$ К). Сәуле шығару есебінен қара апанның үлкен массасы өте баяу түрде кемиді. M -нің (яғни массаның) кемуіне байланысты қара апанның температурасы жоғарылайды, оның «булану» үрдісі үдейді, қопарылыспен аяқталып, түгелдей жойылуы мүмкін. Теория **жұлдыздардың эволюциясы кезінде пайда болған қара апаннан өзгедей құрылымдар туралы да қарастырған**. Олар Ғаламның дамуының ерте кезеңінде пайда болған (ыссы және асатығыз) құрылымдар. Осы алғашқы реттік 10^{15} г массадан кіші қара апандар біздің заманымызға дейінгі кезеңде буланып кетсе керек, ал өте үлкен массалылары ғана іс жүзінде өзгермей қалуы тиіс болатын.



Осы заманғы түсінік бойынша көгілдір асқыналып жұлдыздың (1) шоқысынан (2) заттар қара апанға (3) «сорылады». Қара апанның өлшемдері кіші болуы себепті алып жұлдыздан сорылатын заттар оған тез «құйыла» алмайды. Әлгі заттар ең алдымен сығылып күшті қызады да рентген сәулесінің көзіне айналады.

Алғашқы реттік, сондай-ақ жұлдыздық текті қара апандарды іздеу осы заманғы астрономиялық мәселелердің ең бастысы болып табылады. Қара апандарды табудың ең тиімді ықтимал жолы – бір құраушысы қара апан, ал екіншісі – заттары қара апанға ағатын алып-жұлдыздан құралған қосарланған (қос) жұлдыз жүйесі болмақ. Алып-жұлдыздан қара апанға «құйылатын» заттардан қара апанға жақын айналмалы газ дискісі пайда болады. Өртүрлі жылдамдықпен айналатын дискі қабаттарының арасындағы үйкеліс заттардың едәуір қызуын (ондаған миллион градус) және рентгендік жылулық сәулені тудырады. Ғарыштық бірқатар рентгендік көздерінің осыған ұқсас құрылымының болуы ықтимал. Осындай көздердің бірі болып саналатын Аққу Х – 1-дегі жұлдыздардың бірінің массасы жуық шамамен 25 Күн массасына және екіншісінікі 10 Күн массасына (сәйкес түрде оптикалық байқалатын алыпжұлдыз және көрінбейтін жұлдыз – рентгендік сәуле көзінің) тең. ~ 10 Күн массасына тең тығыз жұлдыз **нейтрондық жұлдыз бола алмайды**. Сондықтан әлгіндей жүйеден астрономдар алғаш рет қара апанға сәйкес жұлдызды ашқан. Сонымен қатар галактикалардың активті ядроларында және *квazarларда* асамассалы қара апандардың ($M \sim 10^6 - 10^8$ Күн массасындай) болуы мүмкін деп болжанған. Осы нысандардан байқалатын активтілік қоршаған ортадан қара апандардағы құлап түсетін газдардың есебінен пайда болуы ықтимал. Қара апандардың болатынын 1939 жылы алғаш рет американ физиктері : Роберт **Оппенгеймер** (1904 – 1967) мен Хартлэнд **Снайдер** (1913 – 1962) болжаған.

Қара апанның табиғатын білу үшін жұлдыздық эволюцияның жолын талдау қажет. Күнге ұқсас жұлдыз ең алдымен сығымдалады. Оның ядросының температурасы жеткілікті деңгейге көтерілген соң ядролық үрдіс (процесс) басталады. Ядролық «отын» азайған кезде жұлдыз қампайып (ісініп) қызыл алып жұлдызға айналады, осыдан кейін күшті сығылады да ақ ергежейлі жұлдызға айналады.

Едәуір массалы (көлемі үлкен ауыр) жұлдыздарда үрдіс басқаша болады. Ядролық «отынның» қоры таусылар кезде жұлдыз аса жаңа жұлдыз секілді жарылады (қопарылады) да өзінің «өмірін» аяқтап, **нейтрондық массаға** немесе орталығындағы ұлғаюдағы газ бұлттарында *пульсарға* айналады.

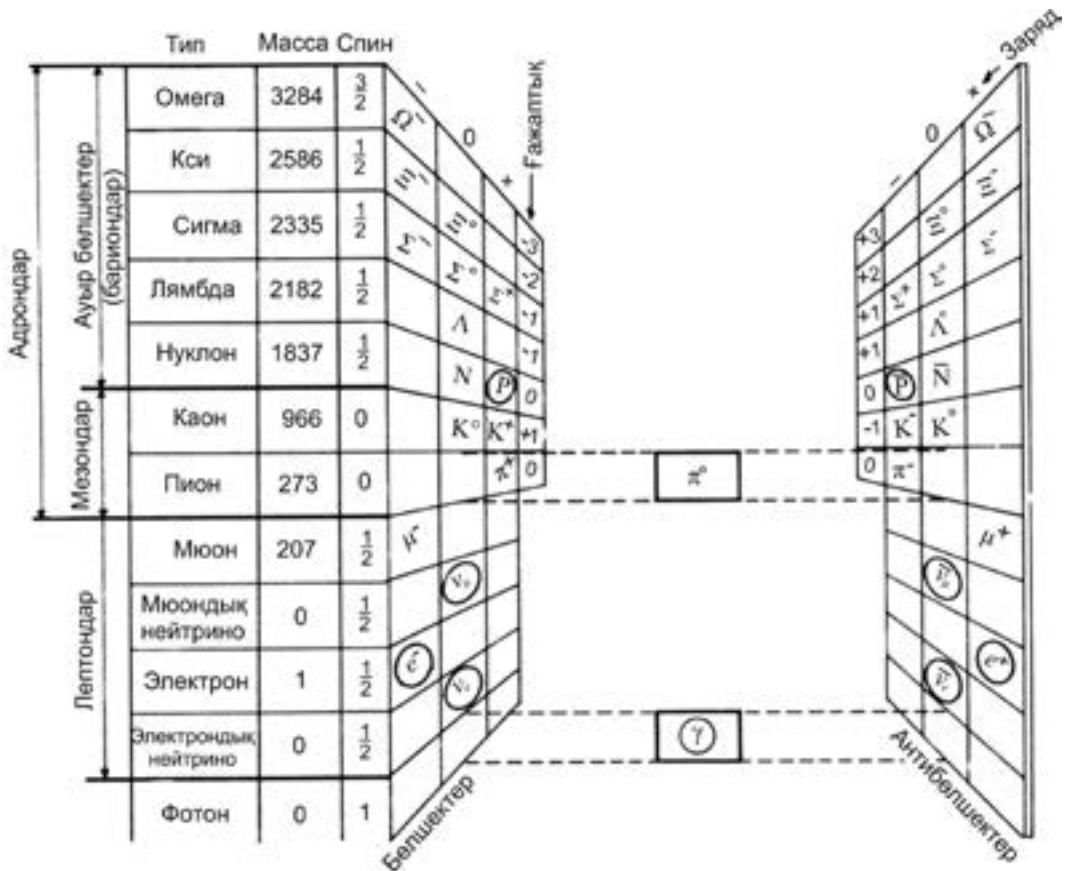
Ақ ергежейлі жұлдыздағы атомдар жаншылған, қираған әрі тығыздалған, атомдар аралығында бос кеңістік тым аз болады. Нейтрондық жұлдыздарда гравитациялық өрістің күштілігімен протондар мен электрондар бірігіп нейтрондарды түзеді; нейтрондық жұлдыздағы заттар ақ ергежейлі жұлдыздардағыдан да едәуір тығыз болады. Ғарыштық радиосәуленің көздері – «пульсарлар» шын мәнісіндегі нейтрондық жұлдыздар болып табылады.

Жеткілікті массивті жұлдыз сығылған кезде оның заттарының тығыздығы, егер де жұлдыздар қайнауында оның гравитацияның ықпалымен сығылуына қарсыласатын күштер болмаған кезде ақ ергежейлі және нейтрондық жұлдыздар кезеңдерінің мәндерінен өтіп, арта түседі. Жұлдыз бірте-бірте кішірейіп нәтижесінде гравитациялық коллапс күйге ұшырайды, ол кезде бізге белгілі ешқандай физикалық үрдістер оның әрі қарай сығылуын тоқтата алмайды. Дененің бетінде тартылыс өрісі артады, көп ұзамай дене кризистік радиусқа («Шварцшильд радиусына») дейін сығылады, сондықтан гравитациялық өрістің артуы соншалықты, тіптен жарық оны жеңе алмайтын жағдайда болады. Осы жайт – қара апан – өзін тек гравитациялық тартылыстың орталығы ретінде әрекет ететін аймақ болып табылады.

ҚАРАПАЙЫМ БӨЛШЕКТЕР (ҚБ-тер) – материяның молекулалар, атомдар, иондар немесе атомдардың ядролары (протондардан басқалары) болмайтын қарапайым, сонымен қатар бөлшектенбейтін ұсақ бөлшектерінің жалпы атауы. Қарапайым бөлшектердің өзара түрленушілік қасиеті оларды Әлемнің өзгермейтін «кірпіштері» ретінде қарастыруға рұқсат етпейді. Бүкіл материя осы бөлшектерден құралған. Қарапайым бөлшектер тобына ядро құрамындағы протондардан өзге нейтрондар, электрондар, фотондар, осылармен қатар пи-мезондар, мюондар, ауыр лептондар (τ), үш типті нейтрино (электрондық, мюондық және τ -нейтрино), ғажап бөлшектер (К-мезондар, гиперондар), санқилы резонанстар, жасырын «таңданарлық» мезондар ($J/\Psi, \Psi'$ т.б.) «таңданарлық» бөлшектер, ипсилон бөлшектер (Υ), «сұлу» бөлшектер, аралық векторлық бозондар (W^+, Z^0) – негізінен орнықсыз барлығы 350-ден астам бөлшектер енген.

ҚБ-дің ашылуы физиканың заттардың құрылысын зерттеудегі ХІХ ғасырдың соңындағы жалпы жетістіктерінің заңды нәтижесі болып табылады. Ең алғаш ашылған қарапайым бөлшек атомдардағы **теріс электр зарядын тасушы электрон** болды. Оны 1897 жылы ағылшын физигі Джозеф **Томсон** (1856 – 1940) ашты. 1919 жылы ағылшынның өзге бір физигі Эрнест **Резерфорд** (1871 – 1937) атом ядроларын соққылау нәтижесінде бөлініп шыққан бөлшектер арасынан электронның массасынан 1840 есе артық бірлік **оң зарядты бөлшек** – протонды тапқан болатын. Ядроның құрамында болатын өзге бөлшекті – нейтронды 1932 жылы ағылшынның тағы бір физигі Джеймс **Чедвик** (Чедвик) (1891 – 1974) ашты. Фотонның бөлшек ретіндегі түсінігі 1900 жылғы неміс физигі Макс **Планктың** (1858 – 1957) *абсолют қара дененің* электромагниттік сәуле энергиясының квантануы туралы болжамынан бастау алған. 1905 жылы Альберт **Эйнштейн** (1879 – 1955) Планктың идеясын дамыта отырып, электромагниттік сәуленің жеке

кванттардың (фотондардың) ағыны екені туралы постулат (яғни аксиома) тұжырымдаған және осы негізде *фотэффектінің* заңдылықтарын түсіндірген. Фотонның болатынын ғылыми-тәжірибе жүзінде тікелей дәлелдегендер (1912 – 15 жылдары) американ физиктері: Роберт **Милликен** (1868 – 1953) мен Артур **Комптон** (1892 – 1962) болады. Нейтронның ерекше ҚБ екенін 1930 жылы швейцар физигі Вольфганг **Паули** (1900 – 58) алғаш рет болжаған; электрондық нейтрино тек 1953 жылы (американ физиктері Ф. **Райнес**, К. **Коуэн**) ғана ғылыми тәжірибе жүзінде ашылған. Массасы электронның массасына тең, бірақ оң зарядталған бөлшек – позитронды 1932 жылы американ физигі Карл **Андерсон** (1905 – 91) ғарыштық сәулелердің құрамынан тапқан. Позитрон ең алғаш ашылған антибөлшек болды. 1936 жылы **Андерсон** мен С. **Неддермейер** (АҚШ) ғарыштық сәулелерді зерттеу кезінде мюонды (электр зарядының екі таңба-



Қарапайым бөлшектер кестесі.

Бөлшектер суреттің сол жақ бөлігінде топталған. Оң жақтағы сызбада сәйкес келетін антибөлшектер жасынтығы топталған. Тұрақты бөлшектер дөңгелектермен қоршалған. Кестеде зарядталған пиондардың массалары көрсетілген; π^0 -мезондардың массалары 264,2 (электрон массасының бірлігінде).

сын) тапқан, оның массасы 200 электронның массасындай, өзге қасиеттері e^- және e^+ электрондар массаларына жуықтау болған. 1947 жылы ағылшын физигі Сесиль Пауэлл (1903 – 69) басқарған топ ғарыштық сәулелерден π^+ және π^- – мезондарды тапқан. Осыларға ұқсас бөлшектерді 1935 жылы жапон физигі Хидэки Юкава (1907 – 81) болжаған болатын. XIX ғасырдың 40-жылдардың соңында – 50-жылдардың басында «ғажап» деп аталған ерекше қасиетті бөлшектердің үлкен тобы ашылған. Осы топтың алғашқы бөлшектері – K^+ және K^- – мезондар, Λ -гиперондар-ғарыш сәулелерінен анықталған. Осыдан кейінгі ғажап бөлшектер зарядты бөлшектердің үдеткіштері арқылы ашылды. XIX ғасырдың 50-жылдарынан бастап үдеткіштер ҚБ-ны зерттеуге арналған негізгі құралға айналды. 1955 жылы антипротондар, 1956 жылы антинейтрон, 1960 жылы антисигма-гиперон, 1964 жылы ең ауыр гиперон – Ω^- ашылған. 1960 жылдары үдеткіштер арқылы өте тұрақсыз (өзге тұрақсыз бөлшектермен салыстырғанда, дәлірек айтсақ квазитұрақты ҚБ-лар) бөлшектердің үлкен тобы ашылды. Бұлар ҚБ-тердің негізгі бөлігін құрайтын резонанстар болатын. 1962 жылы нейтриноның әртүрлі екі түрі (электрондық және мюондық) болатыны анықталды. 1974 жылы ауыр (мысалы, 3–4 протон массасына тең), соған карамастан салыстырмалы түрде тұрақты (әдеттегі резонанстармен салыстырғанда) J/Ψ және Ψ -бөлшектер табылды. Бұлар жаңа ҚБ-лардың – «таңданарлық» бөлшектер тобымен тығыз байланысты болды, мұның алғашқылары (D^0 , D^+ , F^+ , A_c^+) 1976 жылы ашылды. 1975 жылы электрон мен мюонның аналогы τ -лептон, 1977 жылы массалары ондаған протон массасына тең Y бөлшектер, 1981 жылы – «сұлу» бөлшектер, ал 1983 – жылы аралық векторлық бозондар белгілі болды.

Негізгі қасиеттері. Бүкіл ҚБ-лардың массасы мен өлшемдері ерекше аз нысандар болып табылады. Бұлардың көпшілігінің массалары протонның массасына жуықтау, $1,6 \cdot 10^{-24}$ граммға тең (электронның массасы: $0,9 \cdot 10^{-27}$ г). Протонның, нейтронның, π -мезонның және басқа адрондардың өлшемдері 10^{-13} см-ге жуық, ал электрон мен мюонның өлшемдері анықталмаған, бірақ 10^{-16} см-ден кем деп есептелген.

Бүкіл ҚБ-лардың маңызды кванттық қасиеті – өзге бөлшектермен өзара әсерлескен кезде пайда болу (тууы) және жойылу қасиеті [таралу (шығарылу) және жұтылу]. Осы тұрғыдан қарастырғанда олар түгелдей фотондарға ұқсас. ҚБ-лардың қатысуымен бірге, бүкіл үрдістер (ыдыраудан басқалары) олардың жұтылу және шығарылу актілерінің тізбегі арқылы жүзеге асады. ҚБ-лардың өзараәсерлесуі бірнешеге: күшті әсерлесу, электрмагниттік әсерлесу

және әлсіз әсерлесуге ажыратылған, бұларға қоса бүкіл ҚБ-ларға г р а в и т а ц и я л ы қ әсерлесу тән.

Күшті әсерлесу өзге үрдістермен салыстырғанда ең қуатты қарқындылықпен өтетін және ҚБ-ларды ең күшті байланысқа әкеп соқтыратын үрдістер тудырады. Электр магниттік өзараәсерлесудің негізіне бөлшектердің электромагниттік өріспен байланысы алынған. Бұл әсерлесу тудыратын үрдістер күшті әсерлесумен салыстырғанда қарқындылығы аз, ал олар тудыратын ҚБ-лардың байланысы едәуір әлсіз болады.

Әлсіз өзараәсерлесуді ҚБ-лардың қатысуымен өте баяу өтетін үрдістер тудырады, бұлардың арасында көпшілігінің «өмір сүру» уақыты $10^{-6} - 10^{-11}$ секунд аралығында болатын квинтұрақты ҚБ-лар да бар.

Гравитациялық өзараәсерлесу ҚБ-ларға тән $\sim 10^{-13}$ см арақашықтықта өте аз эффект береді, оның себебі ҚБ-лардың массаларының аз болуы, бірақ $\sim 10^{-33}$ см арақашықтықта елерліктей шамада болады.

Өзараәсерлесудің түрлеріне қатысулары бойынша ҚБ-лар фотоннан өзгелері негізгі екі топқа: андрондар мен лептондарға ажыратылған. Андрондарға күшті өзараәсерлесумен қатар электромагниттік және әлсіз өзараәсерлесумен сипатталса, лептондар тек электромагниттік және әлсіз өзараәсерлесуге қатысады (гравитациялық өзараәсерлесудің фотонды қоса есептегенде бүкіл ҚБ-ларға қатысты болатынын білеміз).

ҚБ-лар өзараәсерлесу сипаты бойынша бірнеше үлкен топқа ажыратылған (кестеге қараңыз). Бөлшектердің спиндері не бүтін сандар (0,1,2,...) – бұл жағдайда осы бөлшектер бозондар деп аталған, не бүтін сандардың жартысына тең болады ($1/2, 3/2, \dots$) – бұл жағдайда осы бөлшектер фермиондар деп аталған. Гравитациялық өзараәсерлерді тасушылар – гравитондар деп аталған.

Қарапайым бөлшектердің сипаттамалары. ҚБ-ның әрқайсысы өздеріне тән өзараәсерлесулерге қоса белгілі бір физикалық шамалардың дискретті (үзік-үзік) мәндерімен – өздерінің сипаттамаларымен (сәйкес бірліктермен өлшенген дискретті мәндермен, әдетте ҚБ-ның кванттық сандары деп аталған бүтін немесе бөлшек сандармен) айғақталады. Бүкіл ҚБ-ның жалпы сипаттамалары : **масса** (m), «**өмір сүру**» уақыты (τ), **спині** J және **электр заряды** (Q) болып табылады. «Өмір сүру» уақытына тәуелді ҚБ-лар тұрақты, квазитұрақты және тұрақсыз (резонанстар) бөлшектерге жіктелген. Осы заманғы өлшеу дәлдігінің шегінде тұрақты бөлшектер: электрон ($\tau > 5 \cdot 10^{21}$ жыл), протон ($\tau > 10^{31}$ жыл), фотон және нейтрино болып табылады. Квазитұрақты бөлшектерге электромагниттік және әлсіз өзараәсерлесу есебінен ыдырай-

тын бөлшектер жатқызылған; олардың «өмір сүру» уақыттары $\tau > 10^{-20}$ секунд. Резонанстық ҚБ-лар деп күшті өзараәсерлесу есебінен ыдырайтын бөлшектер аталған; оларға тән «өмір сүру» уақыты $10^{-22} - 10^{-24}$ секунд. ҚБ-лардың спиндері бүтін сан немесе бүтін санның жартысына еселі **Планк тұрақтысы** (h) болып табылады. Осы бірліктерде π - және К-мезондардың спиндері 0 (нөлге) тең, протондікі, нейтрондікі және электрондікі $J=1/2$, фотондікі $J=1$ -ге тең т.с.с. Спині үлкен бөлшектер де бар. ҚБ-лардың электр зарядтары электронға – $e \approx 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл-ға бүтін еселі шама болады, осы шама қарапайым электр заряды деп аталған.

Адрондар әдеттегі (ғажап емес) бөлшектерге топталған. Адрондардың әдеттегі (ғажап емес) бөлшектерге (протон, нейтрон, π -мезон), ғажап бөлшектерге, «таңданарлық» және «сұлу» бөлшектерге топталған. Адрондардың маңызды сипаттамасы – ішкі жұптылық (p), бұлар ± 1 мәндерін қабылдаған.

Мәні нөл болмайтын бүкіл ҚБ-лар үшін Q, L, B, S, C, b кванттық сандардың ең болмағанда біреуінің антибөлшегі болады. Өзінің антибөлшегіне тепе-тең бөлшектер ақиқат бейтарап бөлшектер деп аталған.

Адрондар ерекше материалдық нысан (объекті) – кварктерден құралған деген болжал тұжырымдалған. Бұл болжалды 1964 жылы американ физиктері: Джордж Цвейг (1937 ж.т.) және оған тәуелсіз Мюррей Гелл - Манн (1929 ж.т.) ұсынған.

ҚБ-лардың қасиеттері мен өзараәсерлесулерін сипаттауға арналған **физикалық өріс** ұғымының мәні зор, бұл теория бойынша ҚБ-лардың әрқайсысына өріс сәйкес қойылған. Өріс материяның кеңістікте таралуының ерекше түрі болып есептеледі; өріс кеңістіктік – уақыттық барлық нүктелері (x) бойынша берілетін функциямен сипатталады. Электрмагниттік өріс – физикалық өрістің ең алғаш белгілі болған түрі. ҚБ-ларға сәйкес қойылатын өрістің кванттық табиғаты бар. Өрістің әрбір квантты массасы және спині берілген өріс ҚБ-лар үшін ортақ болып табылады. Электрмагниттік өрістің **кванттары** – фотондар болып табылады, өзге өрістердің кванттары өзгедей белгілі ҚБ-ларға сәйкес болады. Кванттық теорияның математикалық қосымшалары әрбір кеңістіктік-уақыттық нүктедегі (x) бөлшектердің тууын және жойылуын сипаттауға мүмкіндік тудырған.

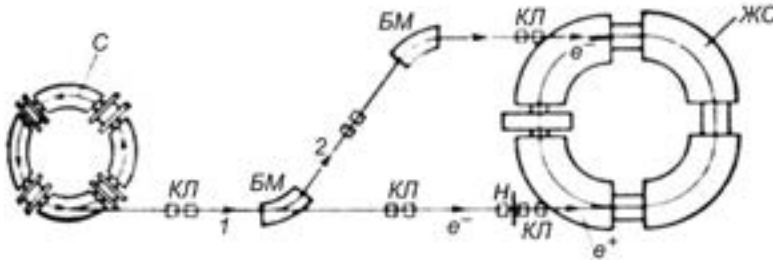
Өрістің қасиеттерін түрлендіру ҚБ-лардың барлық кванттық сандарын анықтайды. ҚБ-лар физикасының жаңа дамуы бүкіл ҚБ-лардың арасынан микроәлемнің ерекшелік үрдістерін айғақтайтын бөлшектер тобын айқындап бөлді. Осы бөлшектердің қатарына ақиқат қарапайым бөлшектер болуы мүмкін болатын бөлшектер топталған. Олардың қатарына спині $1/2$ -ге тең –

л е п т о н д а р м е н к в а р к т е р, сонымен қатар спині 1-ге тең г л ю о н д а р, ф о т о н д а р, массивті аралық бөлшектер, әртүрлі өзара әсерлесуді жүзеге асыратын спині $1/2$ -ге тең бөлшектер жатқызылған. Осы топқа спині 2-ге тең г р а в и т о н д ы да, бүкіл ҚБ-ларды байланыстыратын гравитациялық өріс квантын да енгізуге болады. ҚБ-лардың өзараәсерлесуін сипаттау өрістің **калибрлеу теориясымен** де байланысты. Калибрлеу теориясы жаңаша тұжырымдалатын теорияның өте қажет құраушыларының бірі болуы мүмкін.

ҚАРАПАЙЫМ ЭЛЕКТР ЗАРЯДЫ (e) – электронның зарядының шамасына тең оң немесе теріс ең кіші электр заряды: $e = 4,803250 (21) \cdot 10^{-10}$ СГСЕ бірлігі = $1,6021892 (46) \cdot 10^{-19}$ К. Барлық дерлік қарапайым бөлшектердің $+e$ немесе $-e$ электр заряды болады немесе зарядталмаған болады (e -ге еселі кейбір резонанстарды қоспағанда, мысалы, $2e$ зарядты Δ^{++}). Электр зарядының мұндай «квантталуының» табиғаты анықталмаған. Электр заряды бөлшек санға тең бөлшектер байқалмаған, бірақ та қарапайым бөлшектер теориясында *адрондардың* іргелі құраушысы болатын бөлшектің (кварктердің) заряды $1/3e$ -ға еселі болады деп болжанған.

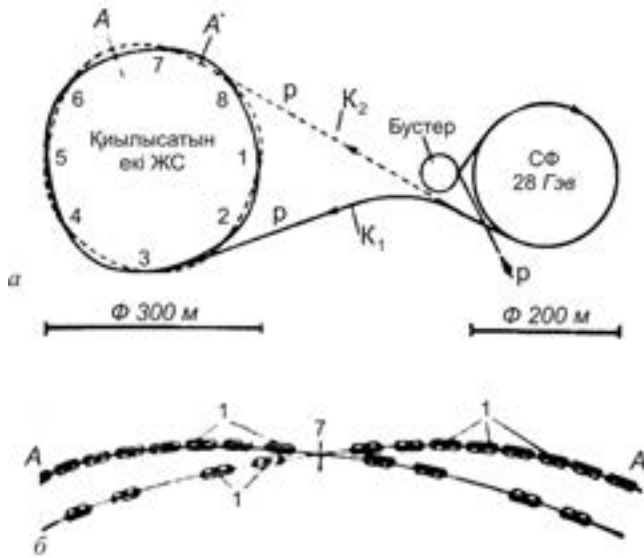
ҚАРСЫ ШОҚТАР ЖҮЙЕЛЕРІ, қ о н д ы р ғ ы л а р д ы ң – электр өрісімен жоғары энергияға дейін үдетілген зарядты бөлшектердің (қарапайым бөлшектердің және иондардың) қарама-қарсы бағытталған шоқтарының соқтығысулары жүзеге асырылатын қондырғылар. Мұндай қондырғыларда зертханалық жағдайларда қол жетімді эффективтік энергиялы соқтығысулар кезінде бөлшектердің және жаңадан пайда болған бөлшектердің өзараәсерлесулері зерттеледі. Электрон-электронның ($e^- e^-$), электрон-позитронның ($e^- e^+$) және протон-протонның (pp) шоқтарының қарама-қарсы бағыт бойынша үдетіліп келіп соқтығысулары кең таралған.

Әдеттегі үдеткіштерде жоғары энергияға дейін үдетілген бөлшектердің қозғалмайтын нысана – бөлшектермен соқтығысулары кезіндегі өзараәсерлесуі зерттеледі. Сонымен қатар соқтығысушы бөлшектердің толық им-



1-сызба. Электрон-позитрон шоқтары қарсы кездесіп соқтығысатын қондырғының сұлбасы. С синхротонда үдетілген электрон (e^-) шоғы 1 арна (1) бойынша нысанаға (Н) соқтығысады, осы тұста позитрон (e^+) пайда болады. Позитрон біраз уақыт жинақтауыш сақинада (ЖС) жинақталады, содан кейін бұру магниті (БМ) іске қосылып С-тен шыққан электронның шоқтары басқа бір арнамен (2) позитронға қарама-қарсы бағытталып $e^- e^+$ шоқтары соқтығысады (КЛ – фокустаушы квадрупольдік линза).

пульстерінің сақталу заңы салдарынан сырттан келіп өзара соқтығысатын бөлшектердің көп энергиясы реакция өніміне кинетикалық энергия беруге шығындалады, оның тек аз ғана бөлігі әлгі бөлшектердің инерция орталығындағы өзараәсерлесу энергиясына «қосылады», ол мысалы, жаңа бөлшектердің тууына жұмсалады. Біреуі зертханалық санақ жүйесінде тыныштықта болатын, ал екіншісі релятивтік [жарық жылдамдығына (c) жуық] жылдамдықпен қозғалатын бірдей массалы (m_0) екі бөлшектің соқтығысуы кезіндегі инерция орталығы жүйесіндегі энергиясы $\mathcal{E}_{\text{ио}} = \sqrt{2\mathcal{E}_0\mathcal{E}}$, мұндағы $\mathcal{E}_0 = m_0c^2$ – бөлшектердің тыныштықтағы энер-



2-сызба. а – синхрофазотрон (СФ) және қиылысатын екі жинақтауыш сақинаның (ЖС) орналасу сұлбасы, мұнда протон-протонды соқтығысулар жүзеге асырылады. [ЦЕРН (французша CERN – Conseil Europeen pour la Recherche Nucleaire – Ядролық зерттеулердің Еуропалық орталығы), еуропалық 12 елдің 1954 жылы құрылған орталығы. Қарапайым бөлшектер физикасы бойынша теориялық және ғылыми-тәжірибелік жұмыстар жүргізуге арналған ғылыми-зерттеу мекемесі]; 1 – 8 сақиналардың қиылысу орындары; жебелер протондардың қозғалу бағыттарын меңзейді; A_1, A_2 арналар жинақтау сақинасына (ЖС) протондар ендіруге арналған; ЖС-да протондар алдын ала қосымша үдетіледі; б – протондар шоғының AA' қималары аралығында қиылысу бөліктері (I – протондар шоғын фокустаушы магниттің бөліктері

гиясы, ал \mathcal{E} – зертханалық санақ жүйесіндегі соқтығысушы бөлшектердің энергиясы. \mathcal{E} үлкен болған сайын, бөлшектердің өзараәсерлесу энергиясын оның соншалықты аз үлесін анықтайды. Егер шамалары бойынша тең және қарама-қарсы бағыттағы импульсті бөлшектер соқтығысатын болса, яғни олардың қосынды импульсі 0 (нөлге) тең болса, онда зертханалық санақ жүйесі бөлшектердің инерция орталығымен үйлесетін болады және соқтығысудың эффектiлiк энергиясы соқтығысушы бөлшектердің энергияларының қосындысына тең; бірдей массалы бөлшектер үшін (\mathcal{E}_1 энергиялы) $\mathcal{E}_{\text{ио}} = 2\mathcal{E}_1$.

Жеңіл бөлшектердің – электрондар мен позитрондар үшін $\mathcal{E}_0 = 0,5$ МэВ болатын қарама-қарсы бағытта келіп соқтығысушы бөлшектердің өзараәсерлесу үрдістерін (процестерін) зерттеудің маңызы бар. Мысалы, қарама-қарсы бағытта кездесіп

соқтығысушы 1 ГэВ энергиялы электрондар шоғы үшін $\mathcal{E}_{\text{uo}} = 2$ ГэВ; бір ғана қозғалмайтын электрон кезінде дәл осындай эффектілі энергиялы соқтығысуда соқтығысушы электронның энергиясы $\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{uo}}/2 \mathcal{E}_0 \approx 4000$ ГэВ болуы қажет. Қарама-қарсы бағытта келіп соқтығысушы протондар үшін ($\mathcal{E}_0 \approx 1$ ГэВ), мысалы $\mathcal{E} = 70$ ГэВ энергиялы (Ресейдегі Серпухов қаласындағы протондар үдеткішінің энергиясы 76 ГэВ), $\mathcal{E}_{\text{uo}}=140$ ГэВ, тыныштықта тұрған протонның соқтығысушының эффектілік энергиясы 140 ГэВ-ке тең болу үшін соқтығысушы протонның зертханалық жүйедегі энергиясы $\mathcal{E}=10\ 000$ ГэВ-ке тең болуы қажет. Сол себепті әдеттегі қозғалмайтын нысаналы үдеткіштер асажоғары энергиялы қарама-қарсы бағытты шоқтар жүйесімен бәсекелесе алмайды.

Қарама-қарсы бағытты шоқтар жүйесінің бір кемшілігі – шоқтар қарқындылығы (шоқтағы бөлшектер саны) қозғалмайтын нысаналы жүйедегі шоқтардікінен екінші реттік бөлшектердің энергиясында ұтылыс болады, себебі екінші реттік бөлшектердің энергиясы соқтығысушы алғашқы реттік бөлшектердің энергиясынан артпайды. Сондықтан қарама-қарсы шоқтар жүйесі дәстүрлі үдеткіштерді алмастыра алмайды, тек оларды толықтыра түспек.

Магниттік өрісте орнатылған әдеттегі үдеткіште үдетілген зарядты бөлшектер жинақтауыш сақинаға – сақиналы вакуумды камераға жіберіледі. Магниттік өрісті әдетте тіктөртбұрышты аралықтармен (магниттік өрісі жоқ) бөлінген секторлы магниттер тудырады. Соқтығысушы бөлшектердің зарядтарының таңбаларының әртүрлі [мысалы, $e^- e^+$, $p\bar{p}$ (мұндағы \bar{p} – антипротон) немесе бірдей (мысалы, $e^- e^-$, pp) болуына тәуелді түрде қарама-қарсы бағытты шоқтар жүйесінде бір немесе екі жинақтауыш сақина болады, шоқтар алдын ала (жинақтауыш сақинадағы *инжекцияға дейін*) *синхротондарда* немесе *синхрофазотрондарда*, сондай-ақ сызықтық үдеткіштерде жүзеге асырылады. Инжекциядан кейін бөлшектердің қосымша үдетілуі мүмкін. Электрон-позитронды және протон-протонды жинақтауыш кондырғылардың типтік сұлбалары 1- және 2-сызбаларда көрсетілген.

Қарама-қарсы бағытты шоқтардың соқтығысу кондырғылары 1956 жылдан бастап қолданылған. Американи физигі Дональд Керст (1911 – 1993) бөлшектерді үдету үшін қарама-қарсы бағытты шоқтардың соқтығысу идеясын ұсынған.

ҚАРА ДЕНЕ – кейде *абсолют қара дене* осылай да аталады.

ҚАРА СӘУЛЕ – абсолют қара дененің жылулық сәулесі. Тепе-теңдік сәуле болып табылады. Сәуле шығарушы заттардың табиғатына тәуелді емес және оның температурасымен анықталады. Қара сәуле **Планктің сәуле шығару заңына**, **Стефан – Больцманның сәуле шығару заңына** және басқа жылулық сәуле шығару заңдарына бағынышты.

ҚАРМАУ, физикада – қарапайым бөлшекті ұстау, жұту мағынасында қолданылатын ұғым.

К-қармау – атом ядросының өзіне жақын орбитадан – К-қабықшадан электронды ұстап қалуы.

Радиациялық қармау – атом ядросының нейтрон жұтуы, осының нәтижесінде пайда болған ядро *гамма-квант* немесе *ішкі конверсия* электрондарын шығару арқылы қозған күйден негізгі күйге ауысуы.

Электрондық қармау – атом ядросының электрондық қабықшадан өзіне жақын орналасқан қабықшаның біреуінен электрон жұтуымен бір мезгілде нейтрино шығаруы (таратуы).

ҚАТАЮ – заттың сұйық күйден кристалдық (қатты) күйге *фазалық ауысуы*; кристалдану дегенмен бірдей ұғым.

ҚАТТЫ ГЕЛИЙ – тек жеткілікті жоғары температура кезінде ғана болатын кристалл күйіндегі гелий. ${}^4\text{He}$ -тің үш тұрақты: 25 атм қысымнан (2,5 МПа) қысым кезінде гексагоналды тығыз топтастырылған; ${}^4\text{He}$ -тің күйлер диаграммасының жіңішке (тар) аймағында 1,46–1,77 температура аралығында балқу қисығына қосылған кубтық көлемдік орталықтандырылған, $T > 14,9$ К температура және қысымдары > 105 МПа (1050 атм) кезіндегі кубтық жағы ортақтандырылған кристалдық түр өзгерісі (модификациясы) белгілі. Қатты гелийге аз тығыздық ($0,19$ г/см³) және жоғары сығылғыштық ($3,5 \cdot 10^{-8}$ Па⁻¹) тән. Қатты гелийдің механикалық қасиеттері зерттелген кезде **пластикадағы жоғары**, деформациялық ығысуы кезіндегі *аққыштықтың* шегі 10^3 Па болған. Қатты гелийдің оптикалық қасиеттері бойынша, сұйық гелийдің қасиеттеріндей. Қатты гелий – *диэлектрик*, электрлік беріктілігі 10^7 В/см. Қатты гелийдің ерекшелігіне *Дебай температура-сы* мәнінің салыстырмалы төмендігін ($\theta_B = 25$ К) және салыстырмалы түрде жылулық тербелістерінің ангармонизмін жатқызуға болады. Осыларға қоса қатты гелийде сұйық гелийдегідей қоспалар іс жүзінде ерітілмейді, тек ${}^3\text{He}$ -дің жеңіл изотопы ғана бұған қосылмайды. ${}^3\text{He}$ -тің де кристалдық үш түр өзгерісі бар. Физикалық қасиеттері қатты ${}^4\text{He}$ -дікіне ұқсас. ${}^4\text{He}$ -ден айырмашылығы ${}^3\text{He}$ ядросының спині $I = 1/2$. $T < 1$ мК кезінде қатты ${}^3\text{He}$ – антиферромагнетик.

ҚАТТЫ ДЕНЕ – заттардың тепе-теңдік қалпының айналасында (төңірегінде) сәл ғана тербеліс жасайтын тұрақты пішінімен және атомдарының өздеріне тән жылулық қозғалыстарымен сипатталатын *агрегаттық күйі*. Қатты денелер *кристалдық* және *аморфты денелер* деп екіге ажыратылған. Кристалдардың атомдары тепе-теңдік қалпында кеңістіктік периодтылықпен орналасуымен сипатталады. **Аморфты денелерде атомдар ретсіз (хаос) орналасқан** нүктелер

төңірегінде тербеледі. Қатты денелердің тұрақты күйі (ішкі минимум энергиялы) **кристалдық күй** болып табылады. Аморфты дене термодинамикалық көзқарас бойынша **метатұрақты күйде** болады және уақыттың өтуіне байланысты кристалдануға тиісті. Табиғаттағы барлық денелер (сұйық гелийден өзгелер) атмосфералық қысым кезінде және $T > 0$ К температурада қатаятын болады.

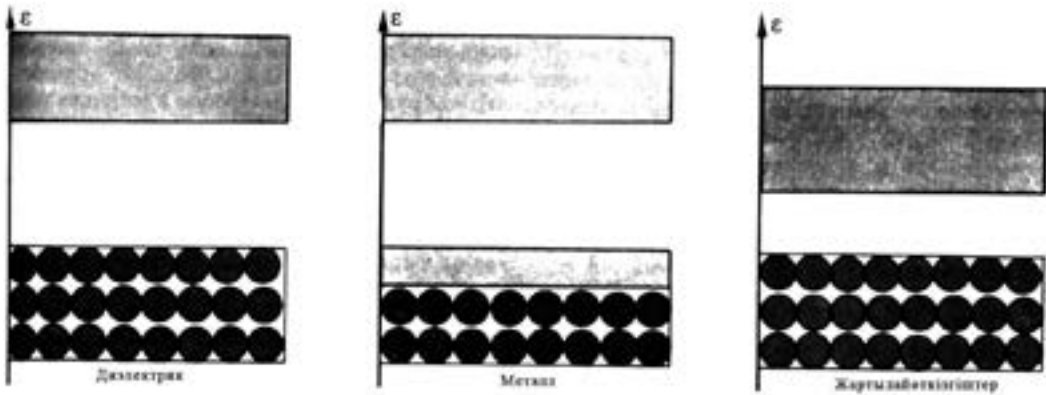
Қатты денелердің қасиеттерін зерттеу қатты денелер физикасына біріккен, мұның дамытылуы техниканың мұқтаждығынан туындаған. Қатты денелер физикасы – жаңа материалдардың, жаңа физикалық идеялардың қайнар көзі. Қатты денелер ядролық физикаға, астрономиялық физикаға және басқа да ғылыми салаларға енуде. Қатты денелердің қасиеттерін оның атомдық-молекулалық құрылымымен және оның атомдық (атомдары, иондары, молекулалары), сонымен қатар субатомдық бөлшектердің (электрондардың, атом ядроларының) қозғалыс заңдарымен түсіндіруге болады. Қатты денелердің (металдардың, минералдардың) макроскопиялық қасиеттері туралы мәліметтердің жинақталуы және жүйеленуі XVII ғасырдан басталған. Қатты денелерге механикалық күштердің, жарықтың, электр және магнит өрістерінің, т.б. әсерлерін сипаттайтын бірқатар эмпирикалық заңдар тұжырымдалған. 1660 жылы *Гук заңы*, 1819 жылы *Дюлонг және Пти заңы*, 1826 жылы *Ом заңы*, 1853 жылы *Видеман – Франц заңы*, т.б. ашылған. XIX ғасырдың 1-жартысында **серпімділік теориясының** негізгі жүйесі, қатты денелердің **тұтас орта** ретіндегі түсінігі қалыптасқан.

Кристалдың кеңістікте реттеліп орналасқан және тепе-теңдік қалпында **өзараәсерлесу күштерімен ұсталып тұратын атомдардың жиынтығы** ретіндегі түсінікті 1848 жылы француз физигі Огюст **Браве** (1811–1863) біржолата тұжырымдағанымен бұл идеяның дамуы 1687 жылы Исаак **Ньютонның** (1643–1727) шыққан еңбегінен бастау алған. Ол еңбекте дыбыстың жылдамдығы серпімді байланысқан бөлшектердің тізбегі ретінде сөз болған. 1727 жылы швейцар математигі әрі физигі Даниил **Бернулли** (1700 – 1782) және 1830 жылы француз математигі Огюстен **Коши** (1789 – 1857), т.б. қатты денелер туралы зерттеулерді жалғастырған. 1890 – 1891 жылдары орыс минералогы Евграф **Федоров** (1853 – 1919) кристалдардың 230 кеңістіктік симметриялы тобы болатынын дәлелдеген.

1912 жылы неміс физигі Макс фон **Лауэ** (1879–1960) **рентген сәулесінің кристалдардағы дифракциясын** ашқан, бұл жайт қатты денелердің **реттелген дискретті құрылымды** екенін біржолата растаған. 1927 жылы американ физиктері Клинтон **Дэвиссон** (1881–1958) мен **Лестер Джермер** (1896–1971) **электрондардың кристалдағы дифракциясын** бақылаған. Одан кейінгі кезеңде **нейтрондардың кристалдағы дифракциясы** белгілі болған.

Қатты денелердің құрылымдық бірліктері атомдар, молекулалар немесе иондар болады. Қатты денелердің кристалдық құрылымы атомдық бөлшектердің арасында әсер етуші күштерге тәуелді. **Атомдық бірдей бөлшектер** әртүрлі құрылымдар – **сұр және ақ қалайыны, графит пен алмасты**, т.б. құра алады.

Сыртқы қысымдар арқылы атомдардың аралығын өзгерте отырып қатты денелердің кристалдық құрылымын және қасиеттерін едәуір өзгертуге болады. Жоғары қысымдар кезінде пайда болған көптеген кристалдық түрлер белгілі болған. Көптеген жартылайөткізгіштер қысымның әсерінен металдық күйге ауысқан [120 000 атм қысым кезінде *S* (күкірт) металға айналған]. Сыртқы қысым әсерінен 1 атомға тиесілі көлем әдеттегі атомның өлшемінен кіші болатын болса, онда атом өзіне тән жеке ерекшелігінен айырылады да **зат күшті сығымдалған электрондық-ядролық плазмаға айналады**. Заттардың осындай күй-



Қатты денелердегі энергетикалық зоналар

лерін зерттеу, дербес жағдайда жұлдыздардың құрылымдарын түсінуде маңызды болмақ.

Қатты денелердің құрылымдары мен қасиеттерінің өзгеруі (фазалық ауысулары) температураның өзгеруінен, магниттік өрістің және басқа сыртқы әсерлердің ықпалынан да туындайды.

Қатты денелер **байланыс типтері бойынша бес топқа ажыратылған**, бұлардың әрқайсысы электрондарының өзіндік **кеңістіктік орналасуы бойынша** сипатталады. 1) Иондық кристалдардағы (Na Cl, KCl т.б.) иондар арасындағы негізгі тартылыс күштері – **электрстатикалық күштер**. 2) Ковалентті байланысты кристалдардағы (алмас, Ge, Si) көрші атомдардың валенттілік электрондары ортақтастырылған. Кристалл үлкен молекула тәрізді болады. 3) Көптеген металдардың байланыс энергиясын иондық қаңқалы (металдық байланыс)

жылжымалы электрондардың ортақтастырылған өзараәсерлесулері тудырады. Кейбір металдардың (мысалы, ауыспалы) ішкі толтырылмаған қабықшалардың электрондары жүзеге асыратын **коваленттік байланыс** маңызды. 4) Молекулалық кристалдардағы молекулалары молекулалардың динамикалық **полярлануынан** туған әлсіз электрстатикалық күштермен (ван-дер-ваальстік күштермен) байланысқан. 5) Сутегілік байланысты кристалдардағы сутегінің әрбір атомы бір мезгілде өзге екі атомның тартылыс күшімен байланысқан. Сутегілік байланыс су молекуласының *диполдік моменттерінің* электрстатикалық тартылысымен бірге **су мен мұздың қасиеттерін** анықтайды. Көптеген заттарда әртүрлі типті байланыстар аралас-құралас (комбинациялы) байқалады.

Қатты денелердегі атомдық бөлшектер арасында әрекет ететін күштер әртүрлі болғанымен, олардың көздері **электрстатикалық тартылыс пен кері тебу** болады. Атомдар мен молекулалардан пайда болған орнықты қатты денелер $\sim 10^{-8}$ см аралықтағы тартылыс күштерінің кері тебу күштерімен (олар кванттық-механикалық табиғатты және ара қашықтық артқан сайын тез кемитін болады) теңгерілетіндігін көрсетеді. Кейбір жағдайларда атомдық бөлшектерді қатты шарлар ретінде қарастыруға және оларды атомдық радиустармен сипаттауға болады. Өзараәсерлесу күштерін білу күйлер теңдеуін қорытып шығаруға мүмкіндік жасайды.

Қатты денелердің барлығы (тек қатты гелийден өзгелері) жеткілікті жоғары температурада **балқиды** немесе **құрғақтай айдалады** (қатты күйден тікелей газ күйге ауысу).

Қатты гелий (қысым әсерімен) температура төмендеген кезде ғана балқиды. Балку үрдісі (процесі) кезінде денеге берілетін жылу атомаралық байланыстарды үзуге жұмсалады. Қатты денелердің балку температурасы $T_{бал}$ әртүрлі табиғатты денелер үшін әрқалай болады (молекулалық сутек – $259,1^{\circ}\text{C}$ -де, вольфрам $3410 \pm 20^{\circ}\text{C}$ -та, графит 4000°C -тан артық температурада балқиды).

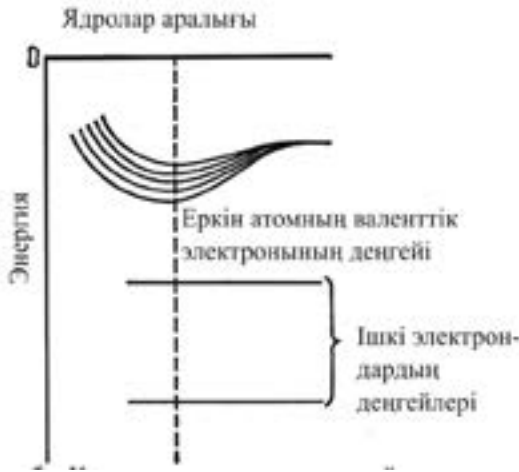
Қатты денелердің механикалық қасиеттерін оның бөлшектерінің құрылымдық бөлшектер арасында әсер ететін байланыс күштері анықтайды. Бұл күштердің әрқилылығы қатты денелердің механикалық қасиеттерінің әртүрлі болуына себепші болған: кейбір қатты денелер **пластикалы**, басқалары – **морт** болады. Әдетте металдар диэлектриктермен салыстырғанда пластикалы дене. Температура артқан сайын пластикалық қасиет әдетте арта түседі. Аздаған жүктеме кезінде барлық қатты денелерде серпімді *деформация* байқалады. Кристалдардың беріктігі атомаралық байланыстарға сәйкес келмейді. 1922 жылы кеңес физигі **Абрам Иоффе** (1880 – 1960) нақты кристалдарда байқалатын беріктіктің төмен болу

себебін және оның макроскопиялық ақаулардан пайда болатынын түсіндірген (Иоффе эффектісі). 1933 жылы ағылшын физигі Джеффри **Тейлор** (1886 – 1975), **Э.Орован** (АҚШ) және **М.Поляни** (Ұлыбритания) дислокация туралы ұғымды тұжырымдаған.

Электрон ашылысымен **қатты денелердің электрондық теориясы** дамытыла бастады. 1900 жылы неміс физигі Пауль **Друде** (1863 – 1906) металдардағы **валенттілік электрондардың** атомдармен байланыспайтынын, кристалдық торларды толтыратын еркін электрондар газын құрайтынын алдын ала болжаған. Осы моделді 1904 – 1905 жылдары голланд физигі Хендрик **Лоренц** (1853 – 1928) дамытқан. Сыртқы электр өрісі электрондардың бағытталған қозғалысын, яғни электр тогын тудырады. Металдардың электрлік кедергісі электрондардың торлардың иондарымен соқтығысуларынан пайда болатыны түсіндірілді, металдардың жоғары электр өткізгіштігін түсіндіру үшін, атомдар арасындағы орташа қашықтықтардан едәуір артық болатынын еркін жол ұзындығы теориясы енгізілді. **Друде-Лоренц теориясы Видеман – Франц заңын** және металдардың оптикалық қасиеттерін түсіндіре алды, солардың арасында теория жүзінде алдын ала болжанған электрондардың жылу сыйымдылығына қосқан үлесі тәжірибедегіден алшақтау (бірнеше есе) болды.

Металдардағы электрондық газдарды сипаттауға кванттық механиканың және кванттық статистиканың әдістерін қолдану (Ферми – Дирак үлестірілуі) [1927 – 1928 жылдары неміс физигі Арнольд **Зоммерфельд** (1868–1951) және кеңес физигі Яков **Френкель** (1894 – 1952)] қатты денелердегі кинетикалық құбылыстардың кванттық теориясын дамытуға арналған негізді жасаған (электр-және жылуөткізгіштік, гальванимагниттік құбылыстар, т.б.). Осы теория бойынша металдағы электрондық газ күшті **айныған**. $T=0$ К болған кезде металдағы электрондардың барлық энергия деңгейлері белгілі бір максимал деңгейге дейін толтырылған (Ферми энергиясы), температура жоғарылаған сайын тек аздап қана шайылып кетеді. Осы жайт 1927 жылы А.Зоммерфельдке металдардағы жылу сыйымдылыққа электрондардың аздаған үлес қосуын түсіндіруге талпынған. Жылу сыйымдылықтың электрондық бөлігі, бақыланатын шама, себебі $T \rightarrow 0$ (температура нөлге ұмтылғанда) кезде ол T (температураға) пропорционал, ал жылу сыйымдылықтың торлық бөлімі T^3 -іне (температураның үшінші дәрежесіне) пропорционал болады.

Кристалдық торлардың периодтық өрісінің электрондар қозғалысына әсерлерін кванттық-механикалық тұрғыдан қарастыру [1928 – 1934 жылдары американи физигі Феликс **Блох** (1905 – 1983), француз физигі Леон **Бриллюэн** (1889

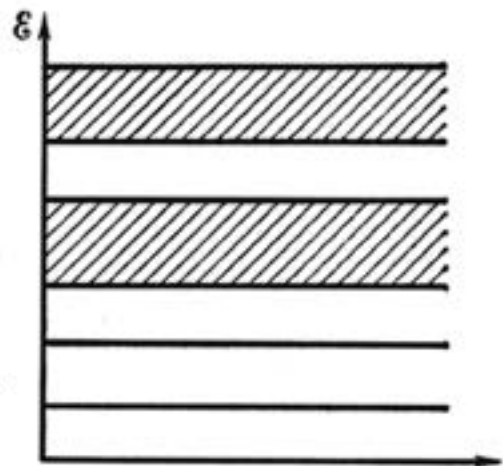


1-сызба. Кристалда атомдық электрондық деңгейлердің энергетикалық зоналарының түзілуі.

(1-сызба). Энергиялардың рұқсат етілген зоналары бірімен-бірі тыйым салынған зоналар арқылы ажыратылатын болады, бірақ бір-бірін қамтып жатуы да мүмкін. Егер атомдардың электрондық қабықшаларының бірін-бірі қамтуы жеткіліксіз болса, олардың аралығындағы электрондардың ауысулары салыстырмалы түрде сирек кездеседі, сонда рұқсат етілген зоналардың ендері атомдық деңгейлердің аралығындағы қашықтықтан кіші болады (күшті байланыстың жақындауы) (2-сызба). Көршілес атомдардың электрондық қабықшалары бірін-бірі көбірек қамтыған болса және электрондар атомнан атомға жиі ауысатын болса, рұқсат етілген зонаның ені соншалықты кең болмақ. Осы жағдайларда рұқсат етілген зоналарды белгілі бір атомдық күйлермен байланыстыру мүмкін емес: осы күйлердің өздері атомаралық өзараәсерлесумен күшті өзгеріске ұшыраған.

Әрбір зонаның шегінде электрондардың күйі оның квазимпульсімен сипатталады. $T=0$ (температура нөлге тең) болған кезде қатты денелердің электрон-

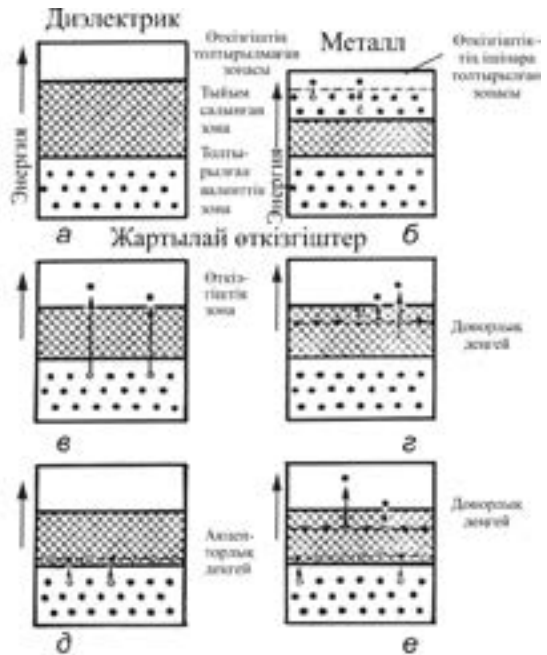
– 1969)] кристалдағы электрондардың қозғалысын түсіндірді және зоналық теорияны тұжырымдауға талпынған. **Зоналық теория** – қатты денелердің осы заманғы **электрондық теориясының негізі** болып табылады. Қатты денелердегі атомдар өздерінің өлшемдерімен қарайлас қашықтықта орналасқандықтан, валенттілік электрондар белгілі бір атомдармен байланысын үзеді де бүкіл кристалдар бойынша қозғалатын болады, қатты денелердегі энергияның дискретті атомдық деңгейлері жолақтарға – энергетикалық зоналарға кеңейеді



2-сызба. Кристалдағы электрондар энергиясының мүмкін мәндері. Төменгі дискретті деңгейлер атомдардың ішкі қабықшаларына сәйкес болады.

дары энергияның ең төменгі деңгейін толтырады. Паули принципі бойынша әрбір күйде *спиннің* мүмкін екі бағдарының біреуінде тек бір ғана электронның болуы мүмкін.

1931 жылы ағылшын физигі Алан **Вильсон** (1906–1995) әртүрлі электрлік қасиеттері бар қатты денелердің болуы $T=0$ К кезіндегі энергетикалық зоналарды электрондардың толтыру сипатына байланысты екенін айғақтаған. Егер бүкіл зоналар электрондармен түгелдей толтырылған немесе бос болса, онда мұндай дене **электр тоғын өткізбейді**, яғни *диэлектрик* болып табылады (*3-сызбаға қараңыз*). Электрондармен ішінара толтырылған зоналары болатын қатты денелер – **металдар** (*б-сызба*). Жартылайөткізгіштер диэлектриктен соңғы толтырылған



3-сызба. Рұқсат етілген және тыйым салынған зоналар: а – диэлектриктердің; б – металдың; в, г, д, е – әртүрлі типті өткізгішті жартылайөткізгіштердікі (в – меншікті, г – n-типті қоспалы, д – p-типті қоспалы, е – аралас); қара нүктелер – электрондар; дөңгелектер – кемтіктер.

(валенттік) зона мен бірінші бос зона (өткізгіштік зона, *б-сызба*) арасындағы тар тыйым салынған екі зонамен ерекшеленген. Кристалда **ақаулар** және **қоспалар** болса, тыйым салынған зонаның қосымша (қоспалық) энергетикалық деңгейлері пайда болады. Қоспасы бар жартылай өткізгіште әлгі деңгейлер *валенттік зонаға* (*г-сұлба*) немесе **өткізгіштік зонаға** өте жақын орналасады (*д-сұлба*). Аномальді аз қамтылған валенттік зона мен өткізгіштік зоналы қатты денелер **жартылай металдар** [мысалы, V_i (висмуттық қамту ені $\sim 10^{-5}$ зона еніне тең)]. Сондай-ақ саңылаусыз жартылайөткізгіштер де болады, бұлардың өткізгіштік зонасы валенттік зонаға қосылған. Металдарда Ферми деңгейі рұқсат етілген зонада орналасқан. Бұған изоэнергетикалық **Ферми беті** сәйкес болады, ол толтырылған электрондық күйлер аймағымен квазиимпульсті-кеңістікпен бөлінген (ажыратылған). **Жартылайөткізгіштердегі Ферми деңгейі тыйым салынған зонада**. Саңылаусыз жартылай өткізгіштерде Ферми деңгейі валенттік зонаны өткізгіштік зонадан бөлетін шекарамен сәйкес болады. **Өткізгіштік зонада** электрондарды қоздыру бос орындар – валенттік зонада кемтіктердің түзілуімен

қабаттас өтеді. Өткізгіштік электрондар және кемтіктер жартылай өткізгіштердегі з а р я д т а с у ш ы л а р болып табылады.

Аморфты денелерде қатаң тыйым салынған энергетикалық зоналар жоқ сияқты, бірақ квазитыйым салынған аймақтар бар, бұл аймақта рұқсат етілген зоналарға қарағанда күйлер тығыздығы едәуір аз. Аморфты денелерде зоналық құрылымның аналогының сәйкестікте болуы Ферми деңгейінің қайда орналасқанына тәуелді түрде олардың **металдарға, диэлектриктерге және жартылайөткізгіштерге** бөлінуін түсіндіреді. Аморфты жартылайөткізгіштер барынша егжей-тегжейлі зерттелген.

Жеткілікті жоғары температуралар кезінде қатты денелердің барлығы *диамагнитті* немесе *парамагнитті* болады. Температура төмендегенде кейбір парамагнетиктер (диэлектриктер және ауыспалы металдар) *Кюри нүктесінде* (T_c) сыртқы өріс жоқ кезде атомдардың магниттік моменттері реттеліп бағдарланған ферро-, немесе антиферромагнетик күйге ауысады. Ауыспайтын металдар, әдетте, $T=0$ болғанша парамагниттік күйде болады. Магниттік моменттерді бағыттаушы реттеуіш күштердің атомаралық электрондардың арасындағы электрстатикалық өзараәсерлесудің пайда болуына қарамастан кванттық шығу тегі болады.

Қатты денелер физикасының осы заманғы кванттық түсініктері бойынша олар аса көп бөлшектерден (1 см^3 көлемде $\sim 10^{22}$ бөлшек болатын) құралған *конденсацияланған* жүйе болып табылады. Бұл жүйе ХХ ғасырдың басынан бастап қалыптаса бастаған. Кристалдық қатты денелердің қасиеттерін зерттеу квазибөлшектер көзқарасынан басталған. Кристалдың қозған күйінің энергиясын негізгі күй маңындағы жекелеген квазибөлшектердің энергияларының қосындысы түрінде көз алдымызға елестетуімізге болады. Осы жайт квазибөлшектер «газы» ұғымын енгізуге және қатты денелердің жылулық, магниттік, т.б. қасиеттерін зерттеу үшін газдардың кинетикалық теориясының әдістерін қолдануға мүмкіндік берді.

Қатты денелердің макрокопиялық бөлшектерден құралған физикалық нысан (объект) ретіндегі өзіне тән бірнеше сипатын атап өтейік.

1) Атомдар, молекулалар және иондар қатты денелердің құрылымдық бірліктері болып табылады. Бұлардың арасындағы өзараәсерлесу энергиясы, құрылымдық бөлшектерді қиратуға жұмсалатын энергиямен салыстырғанда аз. Өзараәсерлесу энергиясы әлгі бөлшектердің жылулық қозғалысының энергиясынан да аз, яғни қатты денелер күшті әсерлесуші бөлшектер жүйесі.

2) Классикалық заңдар бойынша бөлшектердің жылулық қозғалысының энергиясы $\sim kT$. Жоғары температура кезіндегі қатты дененің энергиясы $\mathcal{E} \approx 3NkT$

(мұндағы N – бөлшектер саны). Қатты дененің температурасы төмендегенде дененің энергиясы тез кемиді (азаяды). Бұл жайт қатты денелердің энергетикалық спектрінің дискретті (кванттық) сипаты $T \rightarrow 0$ К (температура нөлге ұмтылғанда) қозғалыстардың «катуына» әкеп соқтырады. Деңгейлер арасындағы айырым қаншалықты үлкен болса, қозғалысқа сәйкес келетін жоғары температура да соншалықты «қататын» болады. Осының салдарынан қатты денелердегі әралуан қозғалыстар әртүрлі температураларда маңызды болады.

3) Қатты денелерді құраушы бөлшектер арасында әсер етуші әрқилы күштер кристалдардағы белгілі бір жағдайлар кезінде газдардың, сұйықтардың және плазманың қасиеттерінің пайда болуына әкеп соқтырады. Мысалы, **металды электрондық сұйыққа матырылған иондық қанқа ретінде қарастыруға болады**; $T \gg T_c$ (температура Кюри температурасынан артық болғанда) болған кезде ферромагнетик өзін магниттік тілдің газы ретінде (қатты парамагнетиктің **магниттік алғырлығы** газ тәрізді температуралық тәуелділікте болады); жоғары жиілікті электрмагниттік өрістің әсерінен металдардың және жартылайөткізгіштердің электрондық газы *плазма* тәрізді болады.

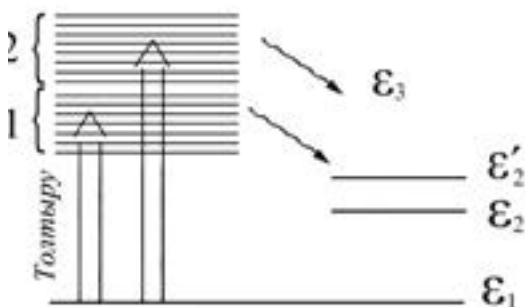
4) Қатты денелердің атомдық бөлшектерінің қозғалыстары саналуан, осы саналуандық қатты денелердің қасиеттерінің әрқилы болуына себепші болған. Атомдық бөлшектердің массаларының әрқилылығының маңызы бар. Себебі, иондар электрондардан мыңдаған есе ауыр, қатты денелердегі иондардың қозғалыс жылдамдықтары электрондардың жылдамдықтарымен салыстырғанда аз.

5) Қатты денелердегі атомдық бөлшектердің бүкіл қозғалысын төрт типке топтауға болады. а) Атомдардың меншікті немесе өзге текті диффузиялары. б) Ерекше жағдайларда, мысалы, қысым түскен қатты гелийде (He) атомдардың тепендігі бір қалыптан екінші қалыпқа **туннельдік «сүзілуі»** мүмкін. в) Қатты денелерде атомдық масштабтағы бөлшектердің **ортақтастырылған қозғалыстары** болады, мысалы, кристалдық торлардың тербелістері. Қарапайым қозғалыс – белгілі бір толқындық векторлық және оған сәйкес жиілікті толқын. г) Көптеген металдар төменгі температуралар кезінде ($T=0$ К температура маңында) *асқынөткізгіштік* күйге ауысады. Электрондар асқынөткізгіштерде өзінің **табиғаты бойынша кванттық, бірақ масштабы бойынша макроскоптық қозғалыс** жасайды.

б) Қатты денелердің әртүрлі құбылыстарын және қасиеттерін сипаттау үшін *квазибөлшектердің* кванттық газдары туралы түсінік пайдаланылған. Мысалы, кристалдық торлардың атомдарының жылулық қозғалысы *фонондар* газы, электрөткізгіштік – **өткізгіштік электрондар** газы және *кемтіктер* арқылы сипатталады. Металдардың және жартылайөткізгіштердің **электрлік**

кедергілері өткізгіштік электрондардың шашырауынан және фонондардағы кемтіктерден, торлардағы ақаулардан туындаған. Барлық квазибөлшектері (ең алдымен фонондар) жылу тасиды.

7) Қатты денелердегі атомдық бөлшектердің бүкіл **еркіндік дәрежелерін** көпшілік жағдайда **екі топқа ажыратуға** болады. Бұлардың біреуінде олардың өзараәсерлесу энергиясы (U) температурамен (T) салыстырғанда аз, ал екіншілерінде үлкен болады. Егер $U \ll kT$ болса, онда сәйкес келетін еркіндік дәрежесі газ бөлшектерінің жиынтығы ретінде білінеді, ал егер $U \gg kT$ болса, онда сәйкес болатын еркіндік дәрежесі реттелетін болады, олардың қозғалысы бірімен-бірі әлсіз әсерлесетін квазибөлшектердің жүйесімен сипатталады. Сондықтан осы екі шектік жағдайда да «газдық жуықтау» тура болады.



Рубин кристалындағы Cr^{3+} (хром) ионды энергиялар деңгейлері

Қатты денелердегі атом ядроларының маңызы дененің бүкіл массасының шоғырлануымен бітпейді. Егер ядроның магниттік моменті болса, бұл денелердегі көпшілік қозғалыстардың $T \rightarrow 0$ К кезіндегі «қатаюы» ядролық магниттік деңгейлердің қосқан үлесін анықтау мүмкін болады. Жеткілікті төменгі температурада әлгілердің **парамагниттік алғырлыққа** қосқан үлестері елеулі болады. Ядролық магниттік деңгейлер электрмагниттік энергияны резонанстық жұтуда белгілі болады (*ядролық магниттік резонанс*). Ядролық магниттік резонанс қатты денелерді зерттеудің кең таралған әдістерінің бірі, себебі ядролық магниттік деңгейлердің құрылымы ядроның айналасындағылардың қасиеттеріне, дербес жағдайда атомның **электрондық қабықшаларына** елеулі тәуелділікте болады. Қатты денелердегі көптеген ядролық үрдістер (процестер) ерекше қасиетке ие болады, оларды қатты денелерді зерттеу үшін пайдалануға болады; мысалы, **электрондық-позитрондық аннигиляция** қатты денелердің электрондық жүйелерін зерттеуге мүмкіндік береді. Атомдардың реттеліп орналасуы атомның шапшаң қозғалатын бөлшектерінің энергия беруіне едәуір әсерін тигізген. Мысалы, шапшаң бөлшектердің еркін жол ұзындығының зарядты бөлшектердің кристаллграфиялық өстеріне қатысты бағыттарына кенеттен тәуелді болуы байқалады. Екінші жағынан қатты денелерді шапшаң бөлшектермен және фотондармен сәулелеу қатты денелердің қасиеттерін өзгертеді.

ҚАТТЫДЕНЕЛІ ЛАЗЕРЛЕР – активті заттар құрамында сирек кездесетін немесе ауыспалы элементтердің иондары болатын диэлектриктік кристалдар мен әйнектер болып табылатын, энергетикалық деңгейлері толымдылық инверсияларды жасау үшін пайдаланылатын оптикалық кванттық генераторлар (*лазерлер*). Жартылайөткізгіштік лазерлер де қаттыденелі лазерлерге жатады, олар ерекше топ құрайды, себебі оларда «жұмыстық» иондар арасындағы ауысулар кванттық емес, жартылайөткізгіштердің рұқсат етілген энергетикалық зоналар арасындағы кванттық ауысулар болады. Қаттыденелі лазерлер іргелі ғылыми зерттеулерде, өнеркәсіпте және медицинада қолданыс тапқан. Бұл лазерлердің меншікті энергиясы мен сәуле тудыру импульсінің қуаты жоғары, оның себебі активті бөлшектердің шоғырлануы өте жоғары болады.

1960 жылы американи физигі Теодор **Мейман** (1927 – 2007) рубиндік лазерді жасаған.

Рубин Cr^{3+} (хром) қоспалы Al_2O_3 кордидтың кристалы көк және жасыл спектр аймағына сәйкес болатын жарықты жұтып, Cr^{3+} (хром) иондары негізгі \mathcal{E}_1 деңгейден екі кең (1 және 2) жолақты түзетін қоздырылған \mathcal{E}_3 деңгейге ауысады (*сызбаға қараңыз*). Содан соң салыстырмалы аз уақытта ($\sim 10^{-8}$ сек) осы иондар \mathcal{E}_2 және \mathcal{E}'_2 метатұрақты деңгейлерге сәуле шығарусыз ауысу жүзеге асырылады. Сол себепті артық энергия кристалдық торлардың тербелістеріне беріледі Cr^{3+} (хромның) \mathcal{E}'_2 және \mathcal{E}_2 деңгейлеріндегі «өмір сүру» уақыты 10^{-3} сек. Кристалды спектрдің көк және жасыл аймақтарына (толтыру жолағына) сәйкес болатын жарықпен сәулеленген кезде, Cr^{3+} (хром) иондары \mathcal{E}_2 және \mathcal{E}'_2 деңгейлерінде «жинақталатын» болады, ал толтырудың жеткілікті қуаты кезінде \mathcal{E}_1 деңгейіне қатысты толымдылық инверсия пайда болады. Инверсия тудыру үшін иондардың $1/2$ үлесінен көп бөлігін \mathcal{E}_2 , \mathcal{E}'_2 деңгейлерге 10^{-3} сек уақытта ауыстыру қажет. Әдетте толтыру көзі – импульстік ксенон шамдары болып табылады. (Импульс ұзақтығы $\sim 10^{-3}$ сек). Осы уақыт аралығында кристалдың әрбір см^3 (куб сантиметрінде) бірнеше \sim Дж энергия жұтылады. Егер толымдылық инверсия табалдырықтық мәндерге жететін болса, еріксіз сәуле шығару есебінен күшею резонатордағы энергия шығынынан артатын болса, онда генерация (сәуле шығару режимі пайда болады). Рубиндік лазер $\sim 0,7$ мкм толқын ұзындықты сәуле шығарады.

Лазерлік импульс энергиясының толтыру шамдарының қоректендірудің электр энергиясына қатынасы – рубиндік қатты денелі лазердің пайдалы әсер коэффициенті (пәк) (бірнеше %) аз, оның себебі электр энергиясын шамдарда және қоректендіру сұлбаларында жарыққа түрлендірудегі, шамдардың активті бөліктерінің шамның сәулелерін толық жұтпауынан (15%) және активті затта

сәуле шығарусыз энергия шығынының нәтижесі болады. Сәуле шығарудың (генерацияның) рубиндік лазерлердегі меншікті энергиясы әрбір куб сантиметрге (см^3) бірнеше Дж энергия тиесілі; дәл сондай шамалы энергия кристалдық торға беріледі (сәуле шығарусыз шығын салдарынан). ~ 1 Дж/ см^3 энергияның бөлінуінен кристалл ондаған градусқа қызады. Жылудың бөлінуі активті заттың оптикалық біртектілігін бұза отырып әлгі заттың көлденең қимасында бірдей болмайды. Осыдан өндірілетін (шығарылатын) толқындардың шебі бүлінеді. Жылудың артық бөлінуі салдарынан кристалл бүлінеді.

XIX ғасырдың 90-жылдарының басына қарай 250-ден астам лазерлік эффектілері болатын қоспалы диэлектрлік кристалдар белгілі болған. Осылардың арасынан оксидтік лазерлік кристалдар тобын атауға болады [мысалы, рубин $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (\text{Cr}^{3+})$, т.б.]. Көпшілік қатты денелі лазерлер 1-ден 3 мкм-ге дейінгі толқын ұзындықты (λ) диапазондардағы сәулелер шығарады. Параметрлерді жақсарту, дербес жағдайда пайдалы әсер коэффициентін арттыру үшін кристалға активатормен – жұмыстық иондармен қатар сенсбилизаторлар қосылады. Бұлар энергия жұтуды және жұмыстық иондарға қоздыру беруді жақсартады.

Көпшілік қатты денелі лазерлер импульстік режимде жұмыс істейді. Қатты денелі лазерлерде үздіксіз режимді сәуле шығару төрт деңгейлі сұлба бойынша жұмыс істейтін тек активті заттарда ғана мүмкін болады. Осылар типті лазерлердің сәуле шығару спектрлері салыстырмалы түрде кең алқапты. Иондық кристалды активті ортаны (мысалы, фторидтер) пайдалану жаңа мүмкіндік ашпақ. Осындай орталы лазерлер инфрақызыл аймақта толқын ұзындығы $\lambda \sim 3,5$ мкм сәуле шығаруға мүмкіндік берді.

Қатты денелі лазерлер технологияларда (балқытып дәнекерлеуде, кесуде, т.б.), рубин, неодимді әйнекті негізді, т.б. лазерлер пайдаланылуда. Медицинада неодимді әйнекті, сәуле шығару энергиясы 1000 Дж, еркін режимді лазерлер (терапияда), осы типті қатты денелі лазерлер үздіксіз немесе периодты режимде хирургияда қолданылады. Асақуатты қатты денелі неодимді әйнекті лазерлер термоядролық *плазматы* зерттеу үшін қолданылуда.

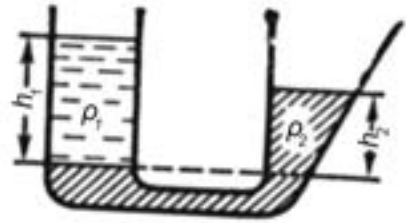
ҚАТТЫЛЫҚ, д ы б ы с т ы қ – дыбыстың естілу түйсігін (сезінуді) және де оның қарқындылығын сипаттайтын тербеліс түрінің жиілігіне тәуелді шама.

ҚАТЫНАС – әртүрлі шамалардың, заттардың, әсерлердің арасындағы байланыс.

Анықталмағандықтар қатынасы – түйіндес екі физикалық шаманың мәндеріндегі анықталмағандықтардың, мысалы, импульстер мен координаттардың, энергиялар мен уақыттың көбейтіндісі *Планк тұрақтысынан* (h) кем бола алмайды делінетін пікір.

Гейзенберг қатынасы, Гейзенберг принципі – анықталмағандықтар қатынасы деп те атала береді. Бұл принципті 1927 жылы неміс физигі Вернер Гейзенберг (1901–1976) тұжырымдаған.

ҚАТЫНАС ЫДЫСТАР – түп жақтары өзара байланысқан ыдыстар. Егер диаметрлері едәуір үлкен (капиллярлық құбылыс байқалмайтындай) қатынас ыдыстар біртекті сұйықпен толтырылса, онда сұйықтың деңгейлері бірдей және ол ыдыстардың пішініне тәуелсіз болады. Сұйықтық *манометр*, *бу қазанының су өлшеуіш әйнегі*, т.б. құрылғылар осы принципке негізделген. Егер қатынас ыдыстар әр текті сұйықпен толтырылса, онда сұйықтардың бір-бірімен жанасқан бетінен бастап есептелетін бағандарының биіктіктері, сұйықтардың тығыздықтарына кері пропорционал болады, яғни $\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$, мұндағы ρ_1 және ρ_2 , h_1 және h_2 – сұйық тығыздықтары мен бағандардың биіктіктері. Егер екінші сұйықтың тығыздығы белгілі болса, онда осы қатынаспен бірінші сұйықтың тығыздығын анықтау мүмкін болады. Егер қатынас ыдыстардың бір жақ тармағы тұйық болса, онда сұйық деңгейлерінің айырымы сол тармақтағы қысымға тәуелді болады. Жабық манометр осы принципке негізделіп жасалады.



ҚИМА, эффе́ктілік қима – соқтығысушы бөлшектердің шашырауының (серпімді немесе серпімсіз) нәтижесінде осы бөлшектер жүйесінің белгілі бір негізгі соңғы күйге ауысу ықтималдығын сипаттайтын шама. Қима (σ) нысанға түсетін уақыт бірлігіндегі әлгіндей ауысулар санының (dN) шашыраған бөлшектер ағынының тығыздығын (n), яғни уақыт бірлігінде бөлшектердің жылдамдығына перпендикуляр бірлік аудан арқылы өтетін бөлшектер санының қатынасына тең (n – нысанаға түсетін бөлшектердің тығыздығы): $\sigma = dN/n$. Сонымен, қима – ауданның өлшемдігіне ие. Бөлшектердің шашырауы кезінде байқалатын әр қилы ауысуларға әртүрлі қима сәйкес болады. Бөлшектердің серпімді шашырауы уақыт бірлігінде **денелік бұрыш** бірлігіндегі бөлшектер санының түсетін бөлшектер ағынына қатынасына тең ($d\Omega$ – денелік бұрыштың бөлігі) дифференциалды қимамен ($d\sigma/d\Omega$) және толық денелік бұрыш бойынша алынған дифференциалды қиманың интегралына тең толық қимамен (b) сипатталады: $\Omega = 4\pi$ стер. Серпімсіз үрдістердегі толық қима серпімді және серпімсіз үрдістердегі қималардан құралады.

ҚОЗҒАЛМАЛЫ ОРТАЛАРДАҒЫ ЭЛЕКТРДИНАМИКА – электрдинамиканың дербес жағдайда электромагниттік толқындардың қозғалыстағы орталарда таралу заңдарын зерттейтін саласы. Осы электрдинамикаға жарықтың қозғалыс-

тағы орталардағы таралуы да енген. Қозғалмалы орталардағы электрдинамика бойынша ғылыми тәжірибелік мағлұматтар бірнеше ғасырлар бойы жинақталған, бірақ та оның толық түсініктемесі тек 1905 жылы Альберт Эйнштейннің (1879 – 1955) арнайы салыстырмалық теориясы пайда болғаннан кейін ғана аян болды.

1908 жылы неміс математигі әрі физигі Герман Минковский (1864 – 1909) Эйнштейннің салыстырмалық принципімен үйлесімді тыныштықтағы орталарға арналған Максвелл теңдеулері электрмагниттік өрісті бірмәнді анықтайтынын көрсеткен. Қозғалмалы (тұрақты жылдамдықтағы) ортадағы өрістерге арналған теңдеулер тыныштықтағы Максвелл теңдеулерімен үйлеседі, бірақ электр өрісі (E) мен магнит өрісінің (H) кернеуліктерін қозғалыстағы ортаның электрлік (D) және магниттік (B) индукцияларымен байланыстыратын материалдық теңдеулері өзгеше болады.

ҚОЗҒАЛЫС – дененің кеңістіктегі белгілі бір санақ жүйесіне қатысты орын ауыстыруы. Жалпылама алғанда қозғалыс дененің уақыттың өтуіне байланысты кеңістіктегі орнын өзгертуі болып табылады. Философтардың тұжырымдары бойынша қозғалыс материяның маңызды қасиеттерінің бірі – «жасауы» іспеттес ұғым. Қозғалыс өзімізді қоршаған материалдық әлемнің бүкіл қасиеттерін білдіретін айғақ. Қозғалыс кез келген нысанның, олардың арасында қарапайым бөлшектердің де болмысының тәсілі болып табылады. Материяның қозғалыстары көп бейнелі, қарапайым механикалық қозғалыстан бастап күрделі биологиялық және әлеуметтік үрдістерге дейінгі саналуан түрде кездеседі.

Ежелгі грек философы біздің заманымыздан бұрынғы IV ғасырда ғұмыр кешкен Аристотель (б.з.б. 384–322) ғылым әлеміне «физика» деген ғылыми атауды енгізіп қана қоймай өзінің «Механика» деген трактатында «**қозғалысты білмеу табиғатты білмеуге әкеп соғады**» деген. Біздің заманымыздың XIX ғасырында неміс философы Фридрих Энгельс (1820 – 1895) «Қозғалыс дегеніміз материя болмысының формасы. Қозғалыссыз материя деген еш жерде ешқашан да болған жоқ және болуы мүмкін де емес... Материясыз қозғалыстың мүмкін болмайтыны сияқты қозғалысты жасауға, бұзуға келмейтін нәрсе» деген.

Абсолюттік қозғалыс – дене қалпының шартты түрде қозғалмайтын деп қабылданған санақтың инерциялық жүйесіне қатысты уақыттың өтуіне байланысты өзгерісі.

Айналмалы қозғалыс – қатты дененің онымен байланысқан екі (осьті айнала қозғалатын) немесе бір (нүктені айнала қозғалатыны) нүктесі қозғалмайтын кездегі қозғалысы.

Айнымалы қозғалыс – нүктенің жылдамдығының сан мәні уақыт функциясы болатын түзусызықты қозғалысы.

Броундық қозғалыс – сұйықтағы немесе газдағы қалқымалы ұсақ бөлшектердің үздіксіз ретсіз қозғалысы.

Бірқалыпты қозғалыс – материалдық нүктенің жылдамдығының сан мәні уақытқа байланысты болмайтын қозғалысы.

Бірқалыпты айнымалы қозғалыс – материалдық нүктенің шамасы бойынша бірқалыпты үдемелі қозғалысы.

Винттік қозғалыс – қатты дененің ілгерілемелі қозғалысының жылдамдық векторына параллель тұзусызықты ілгерілемелі қозғалысы мен осьтің төңірегіндегі айналмалы қозғалыстан құралған күрделі қозғалысы.

Еркін қозғалыс – дененің механикалық байланыстармен шектелмеген қозғалысы.

Жазық қозғалыс – қатты дененің барлық нүктелері кез келген қозғалмайтын жазықтыққа қатысты параллель орнын ауыстыратын қозғалысы.

Жылулық қозғалыс – заттардың атомдарының, молекулаларының және басқа бөлшектерінің қарқындылығы дененің температурасымен анықталатын ретсіз қозғалысы.

Құйынды қозғалыс – сұйықтың немесе газдың кіші бөліктерінің тек ілгерілемелі ғана емес, сонымен қатар белгілі бір лездік осьтердің төңірегінде айналатын қозғалысы.

Механикалық қозғалыс – денелердің және олардың бөліктерінің бір-біріне қатысты орын ауыстыруы.

Реактивтік қозғалыс – реактивті күштер әсері нәтижесінде пайда болатын қозғалыс.

Салыстырмалы қозғалыс – дене қалпының жылжымалы санақ жүйесіне қатысты уақыттың өтуіне байланысты өзгеруі.

Тасымалды қозғалыс – берілген сәттегі қарастырылып отырған нүктенің жылжымалы санақ жүйесінің кіші аймағы арқылы өтетін абсолюттік қозғалыс.

Тербелмелі қозғалыс – белгілі бір уақыт бойынша қайталануымен сипатталатын қозғалыс.

Тұрақты қозғалыс – сұйық пен газдың кеңістіктегі әрбір нүктесінде олардың қозғалыстарының сипаттамалары (жылдамдығы, үдеуі) және қасиеттері (қысымы, тығыздығы) уақыттың өтуіне байланысты өзгермейтін қозғалысы.

Ілгерілемелі қозғалыс – қатты дененің онымен байланысқан кез келген тұзу сызықтың өзіне-өзі параллель орын ауыстыратын қозғалысы.

ҚОЗҒАЛТҚЫШ – кез келген энергия түрлерін механикалық жұмысқа түрлендіретін машина (кұрылғы). Қозғалтқыштар **бірінші текті** және **екінші текті**

деп екіге ажыратылған. Бірінші текті қозғалтқыш (мысалы, бу, газ, жел) табиғи энергетикалық ресурстарды (отын, су энергиясын, ядролық энергияны, жел энергиясын, т.б.) тікелей механикалық жұмысқа түрлендіреді; екінші текті қозғалтқыш бірінші текті қозғалтқыш (мысалы, сағылған ауа энергиясын пайдаланатын электрқозғалтқыш, ауа қозғалтқыш) арқылы алынған энергияны түрлендіреді.

Бірінші текті мәңгі қозғалтқыш – алғаш рет қозғалтқан соң сырттан ешқандай энергия тұтынбастан шексіз ұзақ уақыт жұмыс істей алмақшы деп болжалданған қозғалтқыш.

Екінші текті мәңгі қозғалтқыш – қоршаған орта денелері беретін жылуды түгелдей жұмысқа түрлендіре алады делінген периодты әрекетті болжалды машина.

ҚОЗҒАЛЫС – философиялық ұғым бойынша – материя болмысының мәңгілік формасы, материяның жасауы, материялық нысанның (объектінің) кез келген өзараәсерлесуі. Бір сөзбен айтқанда материясыз қозғалыс жоқ және қозғалыссыз материя болмақ емес. Материяның қозғалысы абсолютті, кез келген тыныштық салыстырмалы және қозғалыстың бір сәті болып есептеледі (мысалы, дене Жерге қатысты тыныштықта болғанымен, онымен бірге Күнді айналып қозғалады, т.б.).

Қозғалыстың негізгі формалары: механикалық және физикалық (жылулық, электромагниттік, гравитациялық, атомдық және ядролық), химиялық, биологиялық, т.б. қозғалыстар болып табылады.

ҚОЗҒАЛЫС МӨЛШЕРІ, импульс – механикалық қозғалыстың материалдық нүкте үшін оның массасының (m) жылдамдыққа (v) көбейтіндісіне тең өлшеуіші. Қозғалыс мөлшері mv – нүкте жылдамдығының бағытымен бағытталған векторлық шама. Нүктенің қозғалыс мөлшері күштер әсерінен, жалпы жағдайда сан жүзінде де және бағыты бойынша да өзгереді; осы өзгеріс **динамиканың екінші (негізгі) заңымен анықталады**. Қозғалыс мөлшері кейде импульс деп те аталады.

Механикалық жүйенің қозғалыс мөлшері (Q) оның барлық нүктелерінің қозғалыс мөлшерлерінің геометриялық қосындысына немесе бүкіл жүйенің массаларының (M) жүйенің массасы орталығының жылдамдығының ($\vartheta_{ж}$) көбейтіндісіне тең: $Q = \sum m_k \cdot \vartheta_k = M \cdot \vartheta_{ж}$, мұндағы k – жүйедегі нүктелер саны. Жүйенің қозғалыс мөлшері тек сыртқы күштердің әсерінен ғана өзгереді. Қозғалыс мөлшерінің өзгеру теоремасы бойынша: $Q_1 - Q_0 = \sum S_k^e$, мұндағы Q_0 және Q_1 – жүйенің белгілі бір уақыт аралығының бастапқы және соңғы кездеріндегі қозғалыс мөлшерлері, S_k^e – осы уақыт аралығындағы сыртқы күштер (F_k^e) импульсі.

Тұйық жүйе, яғни сыртқы күш әсер етпейтін жүйе үшін қозғалыс мөлшерінің сақталу заңы орындалады. Бұл жағдайда жүйенің жеке бөліктерінің қозғалыс мөлшерінің өзгеруі мүмкін (мыс., ішкі күштердің әсерлерінен), бірақ жалпы жүйе үшін $Q = \sum m_k v_k$ теңдігі тұрақты болады. Реактивті қозғалыс, қарудың атылуы кезіндегі тебіліс (дүмпу), еспе винттің жұмысы, т.б. осы заң арқылы түсіндіріледі. Жарық жылдамдығына (c) жуық жылдамдықпен қозғалған еркін бөлшектің қозғалыс мөлшері немесе импульсі мына формула бойынша анықталады: $p = m \cdot v / \sqrt{1 - \beta^2}$, мұндағы $\beta = v/c$. Егер $v \ll c$ болса, онда формула мынадай түрге өзгереді: $p = m \cdot v$. Физикалық өрістердің де (электрмагниттік, гравитациялық, т.б.) қозғалыс мөлшері болады. **Өрістің қозғалыс мөлшері** өріс қозғалыс мөлшерінің тығыздығымен сипатталады және ол – өріс *кернеулігі* немесе *потенциалы* арқылы өрнектеледі.

ҚОЗҒАЛЫС МӨЛШЕРІНІҢ МОМЕНТІ, кинетикалық момент – *материалдық нүктенің* немесе жүйенің механикалық қозғалысының өлшеуіштерінің бірі. Бұл момент әсіресе, айналмалы қозғалысты зерттеуде елеулі маңызы бар. Күш моменті тәрізді қозғалыс мөлшерінің моменті (K) де орталыққа (нүктеге) және оське қатысты ажыратылады. O орталығына қозғалыс мөлшерінің моменті – қозғалыс мөлшері (mv) мен O орталығынан берілген түзуге дейінгі (бойымен қозғалыс мөлшерінің векторы бағытталған) ең қысқа қашықтықтың көбейтіндісіне тең, яғни $K_0 = [r \cdot mv]$ мұндағы r – қозғалыстағы нүктенің радиусы. Ол O орталығы мен mv арқылы өтетін жазықтыққа перпендикуляр бағытталады.

ҚОЗҒАЛЫСТАҒЫ ДЕНЕ МАССА – *салыстырмалық теорияның* негізіне сәйкес қозғалыстағы дененің массасы оның тыныштық жағдайдағы массасынан (тыныштық массасынан) артық және де жылдамдық артқан сайын үздіксіз өсетін болады. Классикалық механиканың көзқарасы бойынша дененің массасы оның қозғалысына тәуелді болмайтыны белгілі. *Фарыштық жылдамдықпен* ұшатын кәдімгі денелер үшін массаның артуы елеусіздей аз шама, оны осы заманғы ешқандай өлшеуіш аспаптармен өлшеу мүмкін емес. Бірақ та **жарықтың таралу жылдамдығына** (c) жуық шапшандықпен қозғалатын атомдық бөлшектер үшін салмақтың артуы едәуір еленетін шамада болады. Мысалы, 1000 эВ энергиялы 18 720 км/сек жылдамдықпен қозғалатын электронның массасы 2,957 есе, ал энергиясы 10 МэВ-қа тең және жылдамдығы жарық жылдамдығына жуық электронның массасы 20,58 есеге артады. Жарық жылдамдығына тең жылдамдықпен қозғалатын дененің массасы шексіз үлкен болса, денеге әсер етуші үдеткіш күш те шексіз үлкен болмақшы.

Осы айтылғандардан ешбір материалдық нысан (объект) ешқашан жарық жылдамдығына тең жылдамдықпен қозғала алмайды немесе одан аса да алмайды деген қорытынды шығады. Сондықтан **жарық жылдамдығындай шапшаңдықпен тек тыныштық массасы нөлге тең нысан ғана қозғала алады.** Осы жайт әлгіндей массалы дене жалпы алғанда тыныштықта бола алмайды, оның әрқашан да жарық жылдамдығымен (c) қозғалуы тиіс. **Тыныштық массасы нөлге тең нысан – жарық, дәлірек айтсақ, жарық кванты – фотон.**

ҚОЗҒАН КҮЙ, кванттық жүйенің – негізгі (нөлдік) күйдің энергиясынан артық болатын тұрақсыз күй. Кванттық жүйе (атомдар, молекулалар, атом ядролары) электрмагниттік энергияны жұту немесе өзгедей кванттық жүйелермен өзараәсерлесу кезіндегі, мысалы, **соқтығысулар кезіндегі кванттық ауысу** тәсілімен қозған күйге көшеді.

ҚОЗДЫРУ – жүйені тұрақты тепе-теңдік күйден шығару.

Тербелістерді қоздыру – жүйеде тербелістердің пайда болуына әкеп соқтыратын әсер.

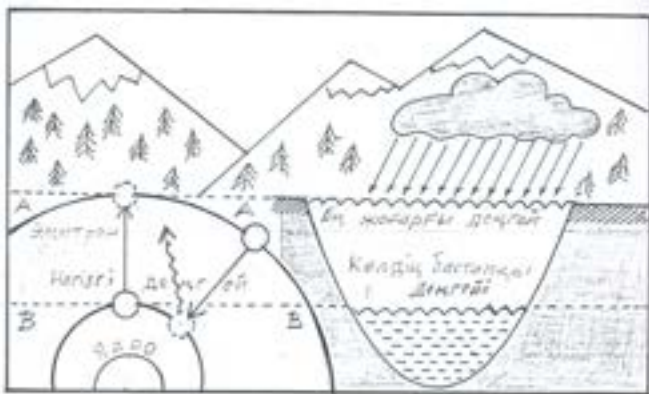
Тербелістерді параметрлік қоздыру – тербелмелі жүйенің кейбір параметрлерін периодты түрде өзгерту арқылы қоздыру.

ҚОЗДЫРЫЛҒАН КҮЙ, к в а н т т ы қ ж ү й е н і ң – кванттық жүйе үшін мүмкін дискреттік қатардың ең аз (минимал) энергиясынан жоғары энергиясы болатын әлгі жүйенің атомдар молекулаларының және өзге кванттық жүйелердің күйі. Негізгі күйден (ең аз энергиялы) өзге күйлер – қоздырылған күйлер деп аталған. Жүйенің қоздырылған күйге ауысуы үшін оны энергия беріп *қоздыру* қажет. Қоздырылған күйдің, әдетте, шекті «өмір сүру» ұзақтығы болады. Қоздырылған күйге сәйкес энергия деңгейлері де **қоздырылған энергия деңгейлері** деп аталады.

ҚОЗДЫРЫЛҒАН ӨТКІЗГІШТІК – диэлектриктердің және жартылай-өткізгіштерді жарықтау (фотоөткізгіштік) немесе осылардың беттерін электрондармен атқылау (электрондармен қоздырылған өткізгіштік) кезінде бұлардың электрлік өткізгіштігінің артуы. Қоздырылған өткізгіштік **электрлік-кемтіктік жұптардың** шығарылуының себебінен туындаған.

ҚОЗУ, атомның немесе молекуланың – атомның немесе молекуланың **негізгі күйден** артық энергиялы күйге (жоғарыдағы энергия деңгейінің біріне) ауысуы (өтуі). Қозу бөлшектердің соқтығысулары кезінде немесе бөлшектердің электрмагниттік сәулелер кванттарымен өзараәсерлесуі кезінде (әдетте бөлшектердің өзараәсерлесуден алатын энергиясы оны иондандыруға жеткіліксіз болған жағдайда) туындайды. Атомның немесе молекуланың **негізгі күйден**

өзге күйлерінің барлығы қоздырылған күйлер деп аталған; осы күйлердің әрқайсысы белгілі бір мөлшерлі бөлшектің негізгі күйінен қозған күйге ауысқанда ие болатын энергиясымен (қозу энергиясымен) сипатталады. Егер қозған күй метастабильді күй болмаса, онда бөлшектер осы күйде өте қысқа мерзімге тұрақтап өздігінен негізгі немесе аз



Қозуға келдегі судың жаңбыр және басқалардан толуын сырттай ұқсатуға болады.

энергиялы күйге ауысады. Бөлшектердің қозған күйде болатын орташа уақыты – бөлшектің энергия деңгейіндегі «өмір сүру» уақыты деп аталған.

ҚОПАРЫЛЫС, жарылыс – заттардың өздерінің күйлерін кенеттен өзгертіп, шектелген ортада лезде мол энергия бөлуімен қабаттастыра өзінің айналасындағы ортаны қарқынды түрде жан-жаққа лақтырып ұшыруы. Қопарылыстың алғашқы кезеңінде заттың ішкі химиялық (немесе ядролық) энергиясы жылуға түрленеді. Химиялық қопарғыш заттардың (ХҚЗ-дың) әдеттегі жай отындармен салыстырғанда жылу бөлгіштігі аз [$\sim 4 \cdot 10^3$ кДж/кг (немесе $\sim 10^3$ ккал/кг)], бірақ химиялық түрлену қысқа мерзімде ($\sim 10^{-5}$ сек) және өтетіндіктен ауадан оттек қатыспайтындықтан, қопарылыс үрдісінде (процесінде) заттар жан-жаққа шашырап үлгерместен, жоғары температура ($2 \cdot 10^3 - 4 \cdot 10^3$ К) және жоғары қысым 10 ГПа (гига Паскаль = 10^9 Па) (10^5 атм) пайда болады. Газ көлемінің ұлғаюы қоршаған ортаны қозғалысқа түсіреді – **қопарылыс толқыны пайда болады**, оның таралу жылдамдығы қопарылыс ошағының маңында бірнеше км /сек-қа жетеді. **Қопарылыс толқыны қоршаған ортаға механикалық әсер етеді.** Қопарғыш заттар сыртқы әсерлер (мысалы, оттың, механикалық соққының, **детонацияның**) нәтижесінде лезде химиялық өзгеріске ұшырайды да, молекулалардың арасындағы байланыс энергиясы жылу түрінде бөлініп шығады. Белгілі бір көлемдегі заттың кез келген нүктесіндегі химиялық өзгерістен пайда болған жылу қопарғыш заттан лезде тысқары шығып үлгермейтіндіктен, температура артады да, үрдіс (процесс) үдеп **жылулық қопарылыс пайда болады.**

Химиялық ыдырауға ұшыраған заттың көлемі артып, жоғары қысымдағы аса қызған күйге ауысады. Осы күй өзгерістері заттың ішкі қабатынан сыртқа

қарай **соққы толқын ретінде аса жоғары жылдамдықпен таралады**. Заттың соққы толқынымен сығылған қабаты химиялық ыдырауға бейім келеді. Осының әсерінен мол энергия бөліну үрдісін *детонация* дейді. Детонациялық толқын дыбыстың таралу жылдамдығынан шапшаң таралады.

Қопарылыс кезінде бөлінетін энергия қоры молекулалық немесе ядролық байланыс ретінде қопарғыш заттың бойында болады. Сырттан әсер ететін энергия нәтижесінде туатын қопарылыс физикалық **қопарылысқа жатады**. Бұлар: 1) кез келген ортада өтетін қуатты электр разряды. Осы разряд өзі өткен ортаны қыздырады әрі жоғары қысымды иондалған газға айналдырады; 2) металл өткізгіштерден өте күшті ток өткенде жоғарыдағыдай қопарылыс құбылысы (металл бірден буға айналады) байқалады; 3) жоғары қысымдағы газ баллондарының (бітеу қазандар, сұйық не балқыған зат құйылған түтіктер, т.б.) жарылуы мүмкін; 4) жоғары жылдамдықпен (ондаған *км/сек*) қозғалған қатты денелердің соқтығысуы, т.б. мүмкін. Табиғатта әртүрлі құбылыстар тудыратын қопарылыстар байқалады. Мысалы, **найзағай жарқылындағы қуатты электр разрядының, вулканның кенет атқылауынан**, аспаннан Жер бетіне құлап түсетін метеориттерден қопарылыс құбылыстары пайда болады. 1907 жылы Сібірге түскен Тунгус метеориті шамамен 10^7 т тринитротолуол қопарылғанда бөлінетін энергияға шамалас қопарылыс тудырған.

Қопарылыс үрдісін зерттеу нәтижесінде заттардың өте жоғары қысым мен жоғары температурадағы күйі, зат сипаттамаларының кенет өзгеруі кезінде байқалатын құбылыстар, *соққы толқын* тарататын ортаның қасиеттері, т.б. күрделі ғылыми мәселелерді шешуге көмектеспек. Қопарылыстың жасанды тәсілімен жасалатын түрлері әртүрлі салаларда пайдаланылуда. Кен ашу, кен қазу, кен барлау істеріне, құрылыс (үлкен су бөгеттерін, жолдар, туннельдер) жұмыстарында қопарылыс кеңінен қолданылады. Қопарылыстан туатын газдың аса қуатты қысым күші металдарды салқиндай штампылау, нығыздап беріктеу, біріктіру, т.б. жұмыстарда қолдау тапқан. Алматы қаласының іргесі, Медеу шатқалындағы селге қарсы бөгет (1966 жылы 21 қазанда) химиялық қопарғыш заттар қопарылысымен жасалған ірі құрылыс болды.

Жылулық қопарылыс – жылу бөлу жылдамдығы кез келген көлемдегі жылуды бөліп шығару жылдамдығынан едәуір артық болатын жағдайда жүзеге асатын қопарылыс.

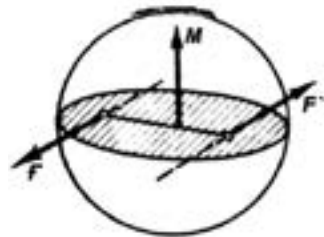
Ядролық қопарылыс – ядроішілік энергияның бөлінуін тудыратын қопарылыс.

ҚОПАРЫЛЫС ТОЛҚЫНЫ, жарылыс толқыны – қопарылыс болған ортаның жылжуынан пайда болған жоғары қысымды толқын. Қопарылыс толқыны бойынша атмосфера қабаты мен жер қыртысының құрылымы, қазба байлықтың түрі, орналасқан тереңдігі, алып жатқан көлемі, т.б. зерттеледі.

Қопарылыс кезінде пайда болған газдардың жоғары қысымдарының әсерінен қопарылыс ошағының айналасындағы орта сығылып жоғары жылдамдыққа ие болады. Қопарылыс толқыны қармаған аймақтағы ортаның қозғалысы бір қабаттан екінші қабатқа лезде таралып көлемін ұлғайтады. Қопарылыс толқынының айналасындағы шептегі заттар күйлерінің секірісті өзгерістері соққы толқыны деп аталған, бұл толқын асқындыбыстық жылдамдықпен таралады. Қопарылыс толқынының негізгі сипаттамалары: ең жоғарғы қысымы (p_m), әсер ету уақыты (τ) және импульсі (s) болып табылады.

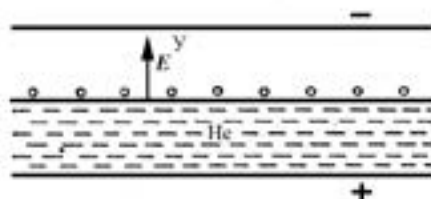
$s = \int_0^{\tau} p(t) dt$. Қопарылыс ошағынан алыстаған сайын ең жоғары қысым мен импульс бірте-бірте кемиді, ал әсер ету уақыты артады. Қопарылыстан өте алыста қопарылыс толқыны дыбыстық (немесе қатты ортаның серпімді толқынына) толқынға айналады.

ҚОС КҮШ – қатты денеге әсер етуші абсолюттік шамалары бойынша тең және параллель, бірақ қарама-қарсы жаққа бағытталған екі күштің F және F' , яғни $F' = -F$ жүйесі. Қос күштің теңәсерлі күші болмайды, яғни ол бір күшпен алмастырылмайды (олай болса теңгерілмейді). Қос күштің әсер ететін сызықтарының ара қашықтығы (l) қос күштің иіні деп аталған. Қос күштің қатты денеге тигізетін әсері оның моментімен (M) сипатталады, ол Pl көбейтіндісінің абсолют шамасына тең және қос күш әсер ететін жазықтыққа перпендикуляр бағытталаып, қос күштің бұру бағыты сағат тілінің жүрісіне қарсы бағытта болады (оң координат жүйесінде). Қос күштің негізгі қасиеті: егер қос күштің моментін сақтай отырып қос күш жұбы жазықтықтағы кез келген нүктеге немесе жазықтыққа параллель көшірілетін болса, сондай-ақ жұп күштің абсолюттік шамасы және оның иінінің ұзындығы өзгермейтін болса, оның қатты денеге тигізетін әсері де өзгермейді. Бір қатты денеге түсірілген моменттері (M) бірдей екі қос күш біріне-бірі **механикалық эквивалентті** болады. Берілген қатты денеге түсірілген қос күштің кез келген жүйесі осы қос күш моменттерінің векторларының геометриялық қосындысына тең моменті бір қос күштің механикалық эквиваленті болады.



Егер векторлардың геометриялық қосындысы – қос күштің өзге бір жүйесінің моменттері нөлге тең болса, онда осы қос күш жүйесі бірдей болып табылады.

ҚОСАРЛАНҒАН ӨТКІЗГІШТЕР, екі өлшемді өткізгіштер – екі нашар өткізгіш ортаның (мысалы, вакуум – *диэлектрик*, *жартылайөткізгіш* – диэлектрик) шекарасында жасанды жасалған электр өткізгіштік жүйе. Қосарланған өткізгіштер – электрстатикалық күштермен диэлектриктің [мысалы, сұйық гелийдің (He)] бетінде ұсталатын (электрондар диэлектрикті поляриландырады және оған тартылады); сондай-ақ сыртқы тұрақты электр өрісімен диэлектриктің бетіне перпендикуляр түсірілген электрондық қабат (*сызбаға қараңыз*). Қосарланған өткізгіштерде жеткілікті төменгі жиілікті айнаымалы электрмагниттік өріске орналасқан ток тек ажыратылу шекарасына параллель ағатын болады.



Қосарланған өткізгіштер

ҚОСАРЛАНҒАН ЭЛЕКТР ҚАБАТЫ – екі фазаның жанасатын шекарасының бойында таратылған қарама-қарсы таңбалы электр зарядтарының жиынтығы. Қосарланған электр қабаты тудыруға электрондар, иондар және бағдарланған поляры (меншікті диполдік моменті болатын) молекулалар қатыса алады. Қос электр қабаты металды электролитке (мысалы, мырышты күкірт қышқылына) матырғанда пайда болады. Мырыш электролитке оң зарядталған иондар беріп, өзі теріс зарядталады. Электролиттің оң зарядталған иондары металдың бетіне тартылады, соның нәтижесінде фазалардың жанасу беттерінің бойында қосарланған электр қабаты пайда болады. Зарядталған қабаттар арасында пайда болатын электр өрісі мырыштың еруіне кедергі жасайды, белгілі бір мәндерде еру тіптен тоқталатын болады. Электрод-электролит шекарасында **потенциалдар секірісі пайда болады**.

Тұтас алғанда қосарланған электр қабаты электрлік бейтарап, қабаттың ішінде электр өрісінің кернеулігі үлкен мәнге ие бола алады. Зарядталған беттің ауқымды және олардың арасы жақын болуы себепті қосарланған электр қабатының электр сыйымдылығы үлкен болады. Қосарланған электр қабатының түзілуі **электркинетикалық құбылысты** тудырады. Қосарланған электр қабатының құрылымының электрхимиялық реакциялар, электролиз үшін маңызы зор.

ҚОСПАЛАР – қасиеттері әртүрлі бір немесе бірнеше заттар араласқан қосылыс. Қоспалар **біртекті** және **әр текті** болып бөлінеді. Біртекті қоспалар – газдар қоспасы (ауа), сұйық не қатты ерітінділер. Бұл ерітінділерде екі құрам бөлік (қанттың судағы ерітіндісі, алтын мен күміс, т.б.), ал әр текті қоспаларда бір, екі не

одан да көп құрам бөліктері болады. Бір құрам бөліктен түзілген әр текті қоспалар **мұз – су**, ал құрам бөліктері екі не одан да көп қоспаларға **суспензия, эмульсия**, көптеген тау жыныстары (гранит), **металдар қорытпасы**, т.б. жатады.

Акцепторлық қоспа – жартылайөткізгіште *кемтік* тудыратын қоспа.

Донорлық қоспа – жартылайөткізгіштің өткізгіштік зонасын электрондармен қамтамасыз ететін қоспа.

ҚУАТ – жұмыстың осы жұмыс істелген уақыт аралығына қатынасымен өлшенетін физикалық шама. Егер жұмыс бірқалыпты істелген болса, онда қуат $N=A/t$ формуласымен анықталады, мұндағы $A-t$ уақыт аралығында істелген жұмыс, ал жалпы жағдайда $N = dA/dt$, dA – қарапайым уақыт dt аралығында істелген жұмыс. Қуат **ватт (Вт)** бірлігімен өлшенеді.

Сәуле шығару қуаты – кез келген көз шығаратын сәуле энергиясының мөлшерінің осы сәуле энергиясының шығарылу (таратылу) уақыты аралығына қатынасы.

Физикалық қуат – істелген жұмыстың немесе энергия өзгерісінің әлгі істелген жұмыстың немесе энергия өзгерісі болған уақыт аралығына қатынасына тең физикалық шама. Халықаралық *бірліктер жүйесінде (СИ) ватпен (Вт)* өлшенеді. Техникада қуаттың киловатт ($кВт$), мегаватт ($МВт$) деп аталатын $Вт$ -тан ірірек бірліктері де кең қолданылады: $1кВт = 1\ 000\ вт$, $1МВт = 1\ 000\ 000\ вт$. Қолданыста кейде қуаттың жүйеден тыс бірлігі *ат күші (а.к)* де пайдаланылады: $1\ а.к. = 736\ Вт = 0,736\ кВт$.

ҚУМА ҚАБАТ – *солғын разрядтың* немесе доғалық разрядтың оң бағандары бойымен үздіксіз қозғалатын күнгірт және жарық қабаттары (страттар). Қума қабаттың пайда болуы *плазманың* дірілдік қасиетімен байланысты.

ҚУМА ТОЛҚЫН – әртүрлі тең фазалы (фазалық толқындық шептер) бет шекті жылдамдықпен қозғалатын толқындық қозғалыс. Топтық жылдамдығы нөл болмайтын қума толқын энергия, импульс немесе басқа сипаттамалармен байланысқан. *Суперпозициялық принциптің* (сызықтық жүйелердің) қолданылуы бойынша қарама-қарсы бағытта таралатын, топтық жылдамдығы нөлден өзге болатын, энергия, импульс және басқа сипаттамалармен байланысқан екі бірдей периодты *тұрғын толқын* түзеді. Қума толқынға дербес жағдайда газдардағы және сұйықтардағы, **ленгмюрлік және изотропты плазмадағы** иондық-дыбыстық толқындар жатады.

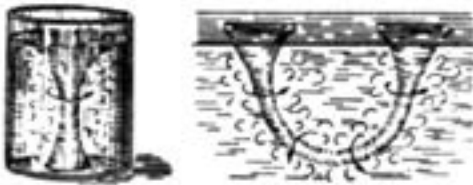
ҚҰЙЫН, атмосферадағы – ауаның кез келген бір осьтің төңірегінде айналу қозғалысы, диаметрі бірнеше метрден жүздеген, мыңдаған км-ге дейін жетеді.

Құйынға **циклон, тромб, шаң-тозаңды құйын, түтік тәріздес** алып құйындар (бұл құйын АҚШ-та т о р н а д а деп аталған) жатады.

ҚҰЙЫНДЫ ҚОЗҒАЛЫС – сұйықтың не газдың ұсақ бөліктері (бөлшектері) ілгерілемелі орын алмастырумен қатар белгілі бір лездік осьтің маңайында айналыс жасайтын қозғалысы. Табиғатта кездесетін немесе техникада да жасанды әдіспен жүзеге асырылатын сұйық пен газ ағынының көпшілігі құйынды қозғалыс болып табылады. Мысалы, құбырдағы су ағысындағы (қозғалысында) л а м и н а л а р л ы қ ағыста да, т у р б у л е н т т і к ағыста да құйынды қозғалыс орын алады.

Қарапайым кіші көлемдердің айналуының себебі – сұйықтың құбыр қабырғасына жабысуы салдарынан осы тұстағы сұйықтың ағысы нөлге тең болады, ал құбыр қабырғасынан қашықтай бастағанда сұйықтың көрші қабатындағы жылдамдық біртіндеп арта түсетін болады. Осының салдарынан бір қабаттың тежелуі, екінші қабаттың үдетілуі салдарынан ұсақ бөліктер айналып құйынды қозғалыс пайда болады. Құйынды қозғалыстарға: атмосферадағы ауаның құйындары, көп жағдайда өте үлкен көлемді (өлшемді) болатын құйындар мен циклондарды, өзен көпірі бағандарының артында пайда болатын су ағысының құйыны; өзендерде пайда болатын воронка тәрізді су иірімдері мен су апандарын жатқызуға болады.

Құйынды қозғалыстардағы бөлшектердің айналуын сан жүзінде сипаттайтын

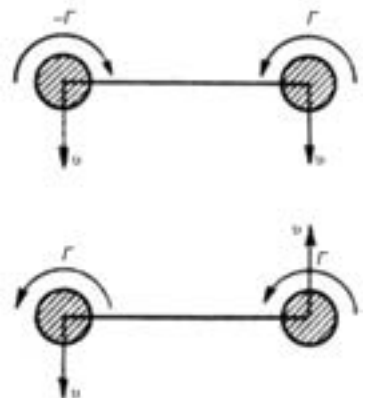


1-сызба. Құйынды түтіктер

шама бұрыштық жылдамдық векторы (ω) болып табылады. ω векторы ортаның берілген нүктедегі құйынны деп аталған. Егер ағынның белгілі бір аймағында $\omega = 0$ болса, онда бұл аймақтағы сұйық ағыны құйынсыз қозғалады. Сұйық (не газ)

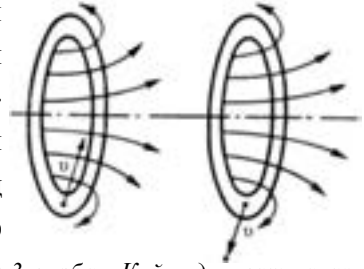
ішінде айналатын бөлшектер құйынды апандарды (құдықтарды) не жекеленген қабаттарды түзеді. Сұйық ішіндегі құйынды апанның басы да, соңы да болмайды. Ол тұйық пішіндес болады (құйында сақина), оның басы мен соңы сұйықтың шекарасында орналасады.

Құйын әсерінен сұйық ішінде қосымша жылдамдық пайда болады. Сұйықтағы құйын жүйелері бір-бірінің қозғалысына әсерін тигізеді. Мысалы, шамалары бірдей, ал қарқындылығының (Γ) бағыты қарама-қарсы екі құйын (2-сызба) өзараәсерлесудің



2-сызба. Екі жазық құйынның бір-біріне әсер ететін жылдамдықтары.

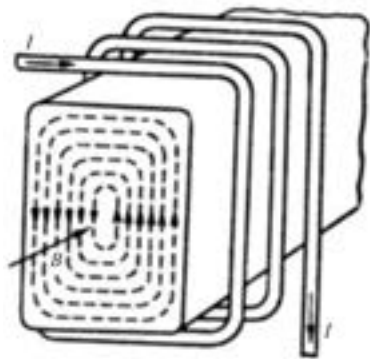
нәтижесінде бірін-бірі шамалары бірдей болатын және бір жаққа қарай бағытталған u жылдамдықпен қозғалтады, яғни ілгерілемелі қозғалады, ал абсолют шамасы мен қарқындылығы бірдей екі құйын бір-бірімен әсерлескенде, олар арақашықтығының ортасы арқылы өтетін ось маңайында айналады. Егер екі құйынды сақинаның (*3-сызба*) ортақ осі болса және айналуы бағыттас болса, онда соңғы сақинаның диаметрі ұлғаяды да, жылдамдығы баяулайды. Сол кезде соңғы сақина диаметрін кішірейте отырып, алдыңғы сақинаның қуысы арқылы ілгері өтеді, яғни олар өзара орын алмастырады, барлық үрдіс (процесс) қайталана басталады.



3-сызба. Құйынды сақиналардың өзара әсері.

Кез келген тұтқыр сұйықта үйкеліс күші әсер етеді. Мұның салдарынан құйын өзінің қарқындылығын кемітіп бірте-бірте өше бастайды. Ал судың, әсіресе ауаның тұтқырлығы аз болғандықтан, олардағы құйын ұзаққа созылады. Мысалы, кейбір құйындар орасан алыс қашықтыққа жетеді. Тұтқырлығы жоқ ортада (идеал сұйықта) құйын пайда бола алмайды, егер де ол пайда бола қалса, онда ол өшпестен еді. Тұтқырлығы аз ортадағы (су, ауа) құйынды қозғалыс тұтқырлығы күштірек байқалатын аймақта ағатын дене бетінің маңындағы күшті құйындатылған орта – *шекаралық қабатта* байқалады. Шекаралық қабаттағы құйындар ағатын дене бетінен орағытып аға отырып, дененің соңында әртүрлі пішінді түзілістер (құйынды қабаттар, құйынды жолақтар) тудырады. Дене қозғалғанда пайда болатын құйындар – денеге әсер ететін көтергіш күш пен маңдайлық кедергі күшінің едәуір бөлігін құрайды. Сондықтан құйынды қозғалыс ұшақ қанаттарын, ауа винттерін, турбина қалақшаларын, т.б. жобалауда ескеріледі.

ҚҰЙЫНДЫ ТОКТАР, Фуко тогы – қомақты өткізгіштерді қиып өтетін магнит ағынының өзгеруі кезінде әлгі денеде пайда болатын тұйық электр токтары. Құйынды токтар *индукциялық ток* болып табылады. Сондықтан құйынды токтар өткізгіш дене айнымалы өрісте тыныш тұрған кезде немесе осы дене тұрақты өрісте қозғалатын кезде пайда болады. Құйынды токтар құйын тәрізді *контур* жасап



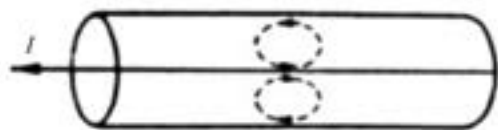
1-сызба. Айнымалы ток (I) тізбегіне қосылған орам өзекшесіндегі құйынды токтар (үзік сызықпен көрсетілген); құйынды токтардың көрсетілген бағыты токтың өзекшеде тудыратын магнит индукциясының (B) өсу сәтіне сәйкес келеді.

өткізгіш массада тікелей тұйықталады. *Ленц ережесіне* сәйкес құйынды токтардың магнит өрісінің бағыты өзін индукциялаушы магнит ағынының өзгеруіне қарсы әсер ететін бағытқа сәйкес болады.

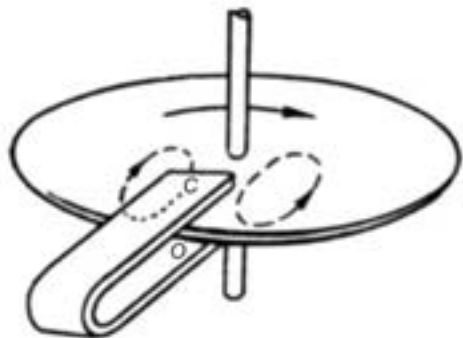
Құйынды токтар магниттік ағындардың магниттік-өткізгіштік қима бойынша біркелкі таралмауына әкеп соқтырады. Бұл жайт магниттік-өткізгіштің қимасының ортасында негізгі магниттік ағынға қарсы бағытталған құйынды токтардың магнит өрісінің кернеулігінің ең үлкен мәнінің болуымен түсіндіріледі. Ағынның жоғары жиілігі кезінде өрістің осындай «ығыстырылып шығарылуы» нәтижесінде ағын өзекшенің тек беттік жұқа қабатынан өтеді. Бұл құбылыс (электрлік *скин-эффектіге* ұқсас) магниттік скин-эффект деп аталған.

Джоуль-Ленц заңына сәйкес құйынды токтар өздері пайда болған **өткізгіштерді қыздырады**, бұл энергияның шығындалуына әкеп соқтырады. Осы жайтты болдырмау және магнит өрісін «ығыстырып шығару» эффектін азайту үшін магниттік-өткізгіштер тұтас сомдалмаған, бірінен-бірі оқшауланған жеке пластиналардан құрастырылады және ферромагниттік материалдар магнит-диэлектриктермен, т.б. алмастырылады.

Құйынды токтар **айнымалы ток өтіп тұрған өткізгіште де пайда болады**, осы жайт токтың өткізгіштің көлденең қимасы бойынша бірқалыпты болмай таралуына әкеп соғады. Өткізгіштегі токтың артқан сәтінде индукцияланған құйынды токтар **өткізгіштің бет жағында алғашқы токтың бағытымен, ал өткізгіштің осінде – токқа қарсы бағытта таралады** (3-сызба). Осының нәтижесінде **өткізгіштің ішіндегі ток кемиді, ал сыртқы бетіндегі ток артады**. Жоғары жиілікті ток іс жүзінде **беткі қабаттан өтеді, өткізгіштің ішінде ток болмай-**



3-сызба. Айнымалы тогы бар өткізгіште электрлік скин-эффектінің пайда болуы. Жебе уақыттың белгілі бір сәтіндегі токтың (I) бағытын көрсетеді; үзік сызықты контурлар – құйынды токтар



2-сызба. Электр есептеуіштің дискісіндегі құйынды токтар (үзік тұйық сызықпен көрсетілген). Суреттегі тұтас жебе дискісінің айналу бағытын көрсетеді.

ды. Бұл құбылыс электрлік скин-эффект деп аталған. Құйынды токтың негізгі магнит ағынымен өзараәсерлесуі нәтижесінде осы **ток өтіп тұрған дене қызатын болады**. 1852 жылы француз физигі Жан **Фуко** (1819 – 1868) тұтас металл дененің индукциялық токтың

әсерінен қызатынын анықтаған және оны кеміту тәсілін ұсынған. Сол себепті бұл ток – **Фуко тогы** деп аталып кеткен. Осы құбылыс өлшеуіш техникада, айнымалы ток машиналарында, металдарды балқыту және олардың **беттік қабатын суару** үшін қолданылады, ал оның күштік әсері индукциялық тежеуіштерде пайдаланылған.

ҚҰРҒАҚ АЙДАУ, сублимация (латынша «сублимаре – көкке көтеру») – заттың сұйық фазаға соқпай қатты күйден тікелей газтәрізді күйге ауысуы.

ҚЫРАУ – жұқа біркелкі емес мұз кристалдары. Ауадағы су буының сублимациясынан топырақ бетінде, шөптердің және басқа заттар бетінде ауаның температурасынан төменгі температураға салқындататын **радиациялық салқынның** әсерінен пайда болады. Көбінесе аспан ашық, желсіз түнде қырау түседі.

ҚЫСҚАРУ – кез келген мөлшерлердің, ұзындық өлшемдердің, т.б. кемуі.

Лоренцтік қысқару – масштабтардың қысқаруымен мағыналас.

Масштабтардың қысқаруы – салыстырмалық теориясындағы дененің тыныштықта болатын санақ жүйесімен салыстырғанда денелердің қозғалыс бағытында осы дене өлшемдерінің кемуі.

ҚҰРАМА ЯДРО – ядролық реакцияның өтуі кезінде соққылауыш бөлшектердің нысана-ядромен бірігуі нәтижесінде пайда болатын ядролық жүйе. Құрама ядро тұрақсыз, қысқа мерзімде реакцияның ақтық өніміне айналады. Бөлшектердің қосқан энергиясы денелерді қыздырған кездегідей құрама ядроның барлық еркіндік дәрежелері арасында таралады. Статистикалық кездейсоқ ауытқу (флуктуация) салдарынан бір немесе бірнеше ядролық бөлшектер энергияның орташа мәнінен артық энергияға ие болуы, осының нәтижесінде әлгі **бөлшектер «қызған» ядродан бөлініп шығуы мүмкін.** Осы үрдіс (процесс) **сұйықтың булануына ұқсас, құрама ядроны ыдыратады.** Құрама ядроның «өмір сүруінің» орташа ұзақтығы (10^{-22} – 10^{-21} секунд) ядро орналасқан кеңістік арқылы шапшаң бөлшектер ұшып өтетін уақыттан көптеген есе артады. Құрама ядроның болуы реакцияның резонанстық энергетикалық тәуелділігінің ықтималдығынан білінеді. Бөлшектердің белгілі бір энергияларында құрама ядроның күйлеріне сәйкес кенеттен максимумдар байқалады. Құрама ядро туралы түсінікті алғаш рет 1936 жылы дат физигі Нильс **Бор** (1885 – 1960) ұсынған. Құрама ядроның термодинамикалық теориясын 1936 – 37 жылдары американ физиктері Ханс **Бете** (1906 – 2004) және Виктор **Вайскопф** (1908 – 2002), орыс физигі Лев **Ландау** (1908 – 1968) дамытқан.

«ҚҰРҒАҚ МҰЗ» – көміртектің (CO_2) қатты қос тотығы – $78,5^\circ\text{C}$ -та сұйық күйге ауыспай бірден бұға айналады, сол себепті «құрғақ» мұз деп аталған.

ҚҰРЫЛЫМ, физикада – заттардың микроскопиялық және макроскопиялық түзілімдерінің (құрылыстарының) сипаттамаларының жинақтауыш атауы.

Аса жұқа (нәзік) құрылым – атом электрондарының атом ядросының магниттік моментімен өзараәсерлесуін тудыратын атомдар энергиялары деңгейлерінің жақын орналасқан кіші деңгейлерге ыдырауы.

Баяулатқыш құрылым – фазалық жылдамдығы жарықтың вакуумдағы жылдамдығынан кем (баяу) электрмагниттік толқындарды тудырушы әрі бағыттаушы құрылғы.

Геликоидальдық магниттік құрылым – бірқатар атомдардың магниттік моменттерін бейнелейтін векторларының ұштары винттік сызықтарда жататын магнетиктік құрылым.

Жұқа (нәзік) құрылым – атомдардың, молекулалардың және кристалдың спин-орбиталық өзараәсерлесуі себебіне байланысты энергия деңгейлерінің және спектрлік сызықтардың ыдырауы.

Зоналық құрылым – электрондардың кристалдарда энергетикалық зоналар бойынша үлестірілуі.

Магниттік құрылым – кристалдағы атомдық магниттік моменттердің қайталанбалы (периодты түрде) кеңістіктік орналасуы мен бағдарлануы.

Шашырамалы құрылым – энергияның шашырауы болатын және өздік құрылу үрдісінің (процесінің) өтуі мүмкін тепе-теңсіз термодинамикалық ашық жүйе.

ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ТАЛДАУ, құрылымдық анализ – металдар мен материалдардың кристалдық құрылымын рентген сәулелері, электрондар мен нейтрондардың *дифракциясы* арқылы зерттеу. Осыған орай құрылымдық талдау **рентгендік талдау, электрографиялық талдау және нейтрографиялық талдау** болып ажыратылған. Осы құрылымдық талдаулар рентгендік құрылымдық талдау, нейтрография және электрография деген жеке-жеке мақалаларда баяндалған.

ҚЫЗЫЛ ЫҒЫСУ – эталондық спектрлердің сызықтарымен салыстырғанда электрмагниттік спектр көздері сызықтарының толқын ұзындықтарының (λ) артуы (ұзаруы) (сызықтардың спектрдің қызыл бөлігіне қарай ығысуы). Қызыл ығысу сан жүзінде $z = (\lambda_{\text{каб}} - \lambda_{\text{шығ}}) / \lambda_{\text{шығ}}$ шамасымен сипатталады, мұндағы $\lambda_{\text{шығ}}$ және $\lambda_{\text{каб}}$ – сәйкес түрде көз шығарған сәуле толқыны ұзындығы мен бақылаушы қабылдаған (сәуле қабылдағышы) сәуле толқынының ұзындығы. Қызыл ығысудың шығуына екі жағдай себепші болады. *Доплер эффектісіне* байланысты қызыл ығысу – жарық көзінің бақылаушыға қатысты қозғалысы олардың ара қашықтығының артуына (ұзаруына) әкеп соқтыратын жағдайда пайда бола-

ды. **Релятивтік** жағдайда (яғни жарық жылдамдығындай жылдамдықтарда) сәуле көзінің қозғалыс жылдамдығы (v) сәуле қабылдаушыға қатысты жарық жылдамдығына (c) қарайлас болған кезде қызыл ығысу сәуле көзімен оны қабылдағыштың ара қашықтығы артпайтын (**Доплердің көлденең эффектiсi** деп аталған) жағдайда пайда болуы мүмкін. Осы жағдайда пайда болатын қызыл ығысуды сәуле көзінде қабылдаушыға қатысты **уақыттың релятивтік баяулаудың нәтижесі ретінде** түсіндіруге болады. Шалғайдағы галактикалар мен *квazarларда* байқалатын **космологиялық қызыл ығысу жалпы салыстырмалық теория** негізінде Метагалактикалардың ұлғаюы (галактикалардың өзара бірінен-бірінің қашықтауы) ретінде түсіндіріледі. Метагалактикалардың кеңеюі өткен дәуірлерден сақталып қалған (**реликті**) сәулелердің толқын ұзындығының артуына және оның кванттарының энергиясының (яғни реликті сәулелердің салқындауына) кемуіне әкеп соқтырады.

Гравитациялық қызыл ығысу жарық қабылдағыш сәуле көзіне қарағанда гравитациялық потенциалы аз аймақта болған кезде пайда болады. Бұл жағдайдағы қызыл ығысу – гравитацияға қатысушы массалар маңайында **уақыт ырғағының баяулауының салдары** болып табылады. Гравитациялық қызыл ығысудың мысалына тығыз жұлдыздардың – ақ ергежейлі жұлдыздардың спектрлеріндегі сызықтардың ығысуы жатады. **1959 жылы Мессбауэрдің эффектiсiн пайдалана отырып Жердің гравитациялық өрісінің қызыл ығысуын өлшеу жүзеге асырылған.**

ҚЫЛАУ – тұманды күндері ағаш бұтақтарында, бағанға керілген өткізгіш сымдарға, т.б. заттарға жабыса пайда болатын борпылдақ қар тәрізді ұсақ мұз кристалдары. Тұманды жағдайда қыстыгүні аязды күндері ауадағы су буының температурасы төмендегенде сублимация (құрғақ айдау) нәтижесінде пайда болады. Оның кристалды және ұлпалы түрлері болады. Кристалды қылау (талшықтарының ұзындығы бірнеше см-ге жетеді) негізінен жел өтіндегі заттарға, ауа температурасы – 15°C-тан төмендегенде ұлпалы қылау (қалыңдығы кейде бірнеше см, өте тығыз келеді) ауаның ылғалдығы артқан кезде, ықтасын жақта пайда болады.

ҚЫСҚАША ТҰЙЫҚТАЛУ – әртүрлі потенциалды электр тізбектерінің бір-бірімен өзара немесе өзге бір тізбекке алдын ала қарастырылмаған аз кедергі арқылы кездейсоқ жағдайда қосылуы (жалғасуы). Қысқаша тұйықталу айнымалы ток желісінде фазалар (2 және 3 фазаның) арасында болуы мүмкін. Тұрақты ток желісінде қысқаша тұйықталу полюстер аралығында немесе полюс пен жер арасында болады. Қысқаша тұйықталу электр қондырғыларының бөліктерінің

оқшаулауыштарының (изоляцияларының) істен шығып бұлінуінен пайда болады және тізбектегі ток күшінің кенеттен едәуір шамаға артуымен қабаттасып өтеді, осы жайт электр жабдықтарының зақымданып бұлінуіне әкеп соқтырады. Қысқаша тұйықталу кезінде электр тұтынушыларға қажет электр кернеуі төмендеп кетеді. Қысқаша тұйықталудың қауіпті зардаптарын болдырмас үшін токты шектеуіш реакторлар қолданылады, электр желілерінің бөліктері топталады, қысқаша тұйықталу бола қалған учаскелерді ток желілерінен тез арада ажыратып жіберетін автомат құрылғылар (релелік қорғау, автоматты ажыратқыштар) пайдаланылады.

ҚЫСЫМ – бір дененің екінші дененің бетіне (мысалы, ғимарат іргетасының астындағы жерге, сұйықтың ыдыс қабырғасына, қозғалтқыштың цилиндріндегі газдың поршеньге, т.б.) әсер етуі кезінде пайда болатын нормал (дене бетіне перпендикуляр бағытталған) күштің қарқындылығын сипаттайтын физикалық шама. Егер күш дене беті бойынша біркелкі таралса, онда осы беттің кез келген бөлігіне әсер ететін қысым (p) : $p = F/S$, мұндағы S – дене бетінің ауданы, F – осы бетке перпендикуляр түсірілген күштердің қосындысы. Егер күш біркелкі таралмайтын болса, онда бұл теңдік берілген ауданға түсірілетін орташа қысымды, ал S -тің шамасы нөлге ұмтылған кездегі берілген нүктедегі қысымды анықтайды. Күш біркелкі таралған жағдайда қысым дене бетінің бүкіл нүктесінде бірдей болады. Ал біркелкі таралмаған жағдайда бір нүктеден екінші нүктеге өткенде қысым өзгеретін болады.

Үздіксіз орта үшін сол ортаның әрбір нүктесіне «қысым» туралы ұғым енгізіледі. Тыныштықтағы сұйықтың немесе газдың барлық бағыты бойынша қысым бірдей болады; бұл жағдай қозғалыстағы идеал (үйкеліссіз қозғалатын) сұйық пен газ үшін де тура. Тұтқыр сұйықтың берілген нүктесіндегі қысымы ретінде өзара перпендикуляр үш бағыттағы қысымның орташа мәні қабылданады. *Газдардың кинетикалық теориясы* бойынша газ тәрізді ортадағы қысым жылулық қозғалыстағы газ молекулаларының бір-бірімен немесе газбен шекаралас бетпен соқтығысуы кезінде берілетін импульске байланысты. Газдардағы қысым (оны жылулық қысым деп атауға болады) температураға пропорционал. Атомдарды өзара жақындатқанда тебу күштерінің артуы нәтижесінде пайда болатын қысым «салқын» қысым деп аталған. *Конденсацияланған ортадағы* қысымның, мұнымен қатар, атомдардың (ядролардың) жылулық тербелісіне байланысты «жылулық» құраушысы да болады. Конденсацияланған ортаның көлемі шектелгенде немесе кішірейгенде «жылулық» қысым температураның өсуіне байланысты артады. Қысым *манометр, барометр*, вакуумметрмен және әртүрлі *қысым датчиктері*

арқылы өлшенеді. Халықаралық *бірліктер жүйесіндегі (СИ) қысым бірлігі* – Паскаль (Па), $1 \text{ Па} = \text{Н/м}^2$, бірліктердің МКГСС жүйесінде – кг күш/ см^2 -мен өлшенеді. Қысымның бұдан басқа жүйеден тыс өлшемдері де бар: физикалық атмосфера (*атм*), техникалық атмосфера (*ат*) бар, сондай-ақ мм сынап бағаны және мм су бағаны.

Қысым аса жоғары вакуумнан (төменгі қысым) өте жоғары мәнге дейін кең ауқымды шекте өзгереді. Кейде осы өзгеріс әртүрлі материалдардың қасиеттеріне едәуір әсерін тигізеді.

Заттар үш түрлі: қатты, сұйық және газтәрізді күйлерде болады. Осы күйлердің әрқайсысында заттар әр қилы сығымдалады. Идеал газ кез келген дәрежеде сығымдалады, қалыпты жағдайда қысым **Бойль – Мариотт заңына** бағынышты (осы заң бойынша газдың қысымы оның көлеміне кері пропорционал өзгереді). Сұйық, керісінше, едәуір қиын сығымдалады, оның көлемінің өзгерісі қарапайым заңға бағынышты болмайды.

Қатты денелер ең аз сығымдалады. Олардың ішкі құрылымдары қатаң түзілген, атомдары белгілі қашықтықта өте үлкен күшпен ұсталып тұрады, сыртқы қысымға ең көп кедергі келтіреді. Осы құрылым жеткілікті жоғары қысымда бұрмаланады немесе қирайды, бірақ оның тәртібі ішкі атомдармен немесе молекулалық құрылыммен анықталады.

0°C температурада сұйық сынаптың көлемі қысымның $0-7 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$ ($0-7000 \text{ атм}$) шегінде миллиондық үлеске ғана өзгереді.

Қысымның әсерінен кез келген заттың күйі белгілі бір жағдайларда едәуір өзгереді. Мысалы, қысым кейбір кризистік нүктелерден төменгі температурада газды сұйыққа айналдыра алады.

Шекті жоғары қысымдар өнеркәсіпте кеңінен қолданылады. Металдарды әртүрлі өңдеулер қысым күшімен жүзеге асырылады. Екінші жағынан жеткілікті жоғары қысымдарда металл, керісінше, **пластикалық** қасиетке ие болады.

Қысым диапазонының екінші ұшында вакуум бар, мұнда ауа немесе газдар әр қилы дәрежеде сиретілген. Вакуум шығару (алу) үшін тұйық көлемнен газ сорылып шығарылады. Сол себепті әлгі көлемдегі молекула саны едәуір кемиді, сондықтан сәйкесінше молекулалар арасындағы соқтығысулар саны азаяды, осы жайт газдың ішкі энергиясының және қысымының өзгергенін білдіреді. Бірақ тұйық көлемде вакуум шығарумен аяқталмайды, алғашында осы тұйық көлемде газдан өзге ештеңе болмаған еді. Толық емес вакуум сұйықтың бетіндегі кеңістіктегі буды шуғарудан соң пайда болады. Егер сору арқылы сұйықтың үстіндегі газдың қысымы кемітілсе, онда сұйықтың атмосфералық қысымда қайнау нүктесінен төменгі температурада әлгі сұйық қайнайды.

Қысымның артуы заттардың балқу нүктесін төмендетеді, бұл жайт судың мұз болып қатаю кезіндегі көлемін ұлғайтуына ұқсас. Осы мұз конькидің қысымымен еріп майлау майы секілді әсер етеді, осының нәтижесінде конькишінің сырғанауы жатық әрі жеңіл болады.

Атмосфералық қысым – атмосферадағы денеге осы атмосфера тарапынан әсер ететін қысым шамасы.

Газдағы қысым – газға енгізілген денеге осы газ тарапынан әсер ететін қысымның шамасы.

Гидростатикалық қысым – салыстырмалы түрде тыныштықтағы сұйықта немесе газда тыныш тұрған денеге ауырлық күш тудыратын қысым.

Дыбыс қысымы – тұрақты дыбыс өрісінде тұрған денеге түсетін орташа қысым.

Дыбыстық қысым – дыбыстық толқын таралатын ортадағы периодты (ауық-ауық) өзгермелі қысым.

Жарық қысымы – жарықтың шағылдырғыш және жұтқыш денелерге, бөлшектерге, сонымен қатар жекелеген атомдар мен молекулаларға әсер ететін қысымы.

Кризистік қысым – заттардың кризистік күйлеріне сәйкес болатын қысым.

Қалыпты қысым – қалыпты жағдайдағы атмосфералық қысым.

Лапластық қысым – сұйыққа түсірілетін, осы сұйықтың беттік керілуі мен қисықтығына тәуелді болатын қосымша қысым.

Молекулалық қысым – сұйыққа молекулалық өзараәсерлесу тудыратын беттік қабаттың қысымы.

Осмостық қысым – ерітіндінің жартылай өткізуші мембрана арқылы диффузиялануы кезінде ерітілген заттар тудыратын артық қысым.

Үлестік қысым – газ қоспасының берілген құраушысының ыдыс қабырғасына түсіретін қысымы.

Статикалық қысым – қозғалыстағы сұйықтар мен газдардың ішіндегі толық қысымы.

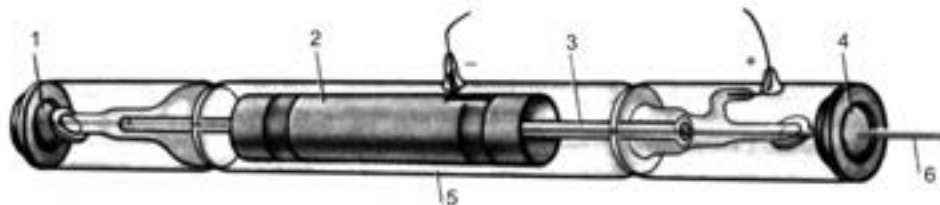


ЛАВАЛЬ СОПЛОСЫ – ағыстың кризистік режимінен кейінгі (газ асқындыбыстық жылдамдықпен ағып шығатын) соплосы; тарылған және кеңейген соплолардан аралас-құралас жасалған сопло болып табылады. Соплонның ең тар көлденең қимасында (F_s) газдың жылдамдығы дыбыстық жылдамдығына тең болып, соплонның кеңейген бөлігінде жылдамдық дыбыстың таралу жылдамдығынан асатын болады.

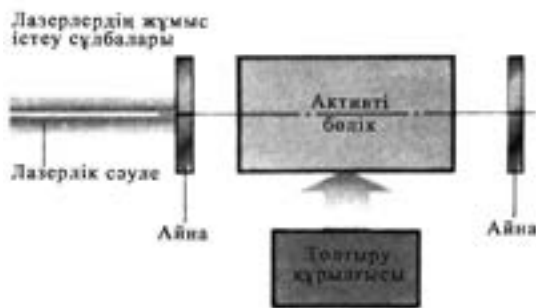
Бұл соплоны швед инженері Карл **Лаваль** (1845 – 1913) ойлап тапқан.

ЛАЗЕР [ағылшынша «LASER Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» – жарықты еріксіз сәуле шығару арқылы күшейту» деген сөйлемдегі сөздердің бас әріптері бойынша қысқартылған атау], **оптикалық кванттық генератор** – оптикалық резонаторда орналасқан *активті ортаның еріксіз сәуле шығару* немесе жарықты еріксіз шашырату есебінен *когерентті электромагниттік толқындар* шығаратын құрылғы. Қазіргі кездегі лазерлер ультракүлгін (УК) сәуледен бастап субмиллиметрлік толқындар ұзындығына (λ) дейінгі диапазондағы кең алқаптағы сәулелерді таратады. Ең алғаш **рубиндік лазер** жасалған. Оны 1960 жылы американ физигі Теодор **Мейман** (1927 – 2007) жасаған. **Лазер сәулесінің негізгі сипаттамасы – когеренттілігі мен бағытталғандығы** сәуле шығаруға әкеп соғатын басты үрдіс (процесс), еріксіз сәуле шығару мен **кері байланыс**. Сонымен қатар сырттан келетін электромагниттік толқындарды кері байланыссыз күшейтуге арналған **лазер-күшейткіштер** де бар.

Лазерлердің жасалуы және одан сәл бұрынырақ 1955 жылы лазерлердің пайда болуы физика мен техникада жаңа бағыттың – *кванттық электрониканың*



1-сызба. Лазер құрылымының жеңілдетілген сұлбасы: 1 – айна; 2 – катод; 3 – капилляр; 4 – резонатордың сәуле шығаратын айнасы; 5 – газ разрядтық түтік; 6 – сәуле

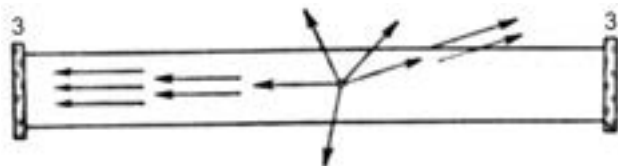


тууының және оның дамытылуының негізі болды. Қазіргі кездегі лазерлер толқын ұзындығы ультракүлгін сәуледен бастап инфрақызыл және субмиллиметрлік сәулелердің кең алқапты диапазондарын қамтыған.

Лазер жасалғанға дейін когерентті электрмагниттік толқындар тек іс жүзінде радиодиапазонда ғана

қолданылды, оларды радиотолқын генераторлары шығарды. Оптикалық диапазонда көптеген тәуелсіз микроскопиялық сәуле шығарғыштар тарататын суперпозициялық толқындар ғана болды. Бұл жағдайда қорытқы толқындардың фазалары қалай болса солай хаосты (ретсіз) өзгеретін болды, сол себепті әлгі толқындардың кеңістікте таралуының белгілі бір бағыты болмады.

Лазерлік емес жарық көздерінің сәулесі кванттық көзқарас бойынша жекелеген бөлшектерден тәуелсіз шығарылатын фотондардың қосындысынан құралған, сондықтан олардың шығаратын сәулесі өз еркімен өздігінен шығарылып, кез келген уақытта, кез келген бағытта таралады, осыларға қоса толқындар ұзындықтары қосындысының белгілі бір мәні болмайды, кез келген бағытқа бағытталады және жекелеген сәуле шығарушы микрожүйелердің ретсіз шығарған сәулелеріне тәуелді. **Лазердің әсері сыртқы электрмагниттік өрістің ықпалымен еріксіз түрде фотондар шығаруға негізделген.**



2-сызба. Оптикалық резонатордағы активті орта

Лазерлерде негізгі үш құраушы бөлік: активті орта (активті бөлік) – мұнда толымдылық инверсиясы жасалады; активті ортада инверсия жасауға арналған құрылғы (толтыру жүйесі); оң кері байланысты қамтамасыз етуге арналған құрылғы (оптикалық резонатор) болады. Қарапайым оптикалық резонатор (Фабри-Перо резонаторы) параллель орналасқан екі жазық айнадан құралған. Оптикалық резонаторда әрқайсысы айналар арасында бүтін санды жарты толқын болатын көптеген меншікті тұрғын толқындардың болуы мүмкін.

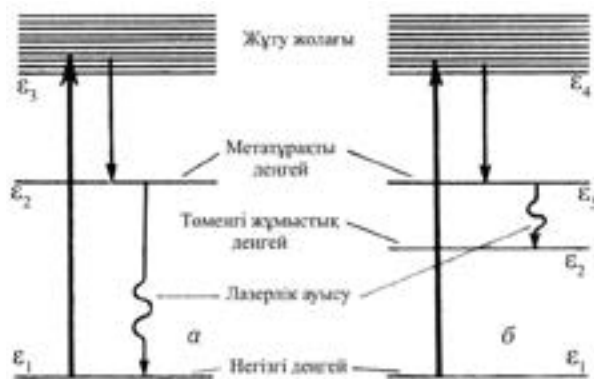
Резонатор ішінде орналасқан активті бөлікте инверсиялық күй орнаған соң, онда көптеген люминесценциялық актілер пайда болады. Фотондар активті ортада асқынлюминесценция тудырады. Алғашында резонатордың осіне перпендикуляр бағытта шығарылған фотондар осы бағыттарда тек

асқынлюминесценциялық қысқа доғалар ғана тудырады. Резонатордың осі бойынша өз еркімен шығарылған фотондар, көптеген рет резонатор айнасынан шағылысып, активті бөлік арқылы қайталап өтіп резонаторда еріксіз сәуле шығару әктісін тудырады (*2-сызба*). Толқынның энергиясы күшейтілу есебінен резонатордан әрбір өтуі кезіндегі шығындалған энергиясынан артатын жағдайда ғана сәуле шығарылады. Сәуле шығарудың басталу шарты (генерация табалдырығы) $\alpha_0 - \beta_0 = 0$ (мұндағы α_0 – активті бөліктің күшейтілу коэффициенті табалдырығының мәні, β_0 – бір өту кезіндегі электрмагниттік энергияның толық шығынының коэффициенті) тендеуімен анықталады.

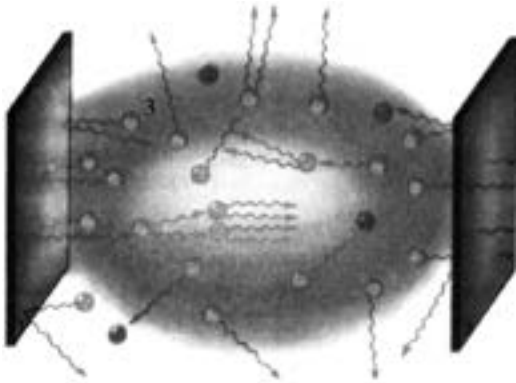
Толымдылық инверсиясын жүзеге асыру тәсіліне тәуелді түрде **үздіксіз және импульстік** сәуле шығаруға болады. Үздіксіз генерациялау кезінде активті ортадағы инверсияны сыртқы энергия көзі есебінен ұзақ уақыт ұсталып тұрады. Инверсияны импульстік генерациялауды жүзеге асыру үшін импульстермен қоздырылады. Үздіксіз генерациялау кезіндегі **еріксіз сәуле шығарудың** қарқындылығы активті заттағы сызықтық емес үрдістермен (процестермен) шектеледі. Осы шектеулер нәтижесінде активті затта қанығу пайда болады – *еріксіз сәуле шығару* әктісінің саны жұтылу әктісінің санына тең болады, себебі жоғары және төменгі энергетикалық деңгейлердегі бөлшектер саны теңгеріледі және толқындар қарқындылықтарының өсуі тоқтатылады.

Лазердегі энергияның шығындары ішкі шығын (мысалы, активті ортадағы, айналардағы және лазердің басқа бөліктеріндегі жарықтың жұтылуы мен шашыратылуынан) және генерацияланатын энергияның бір бөлігінің резонатор айналарының біреуі арқылы шығарылуы есебінен қосылып пайда болады, резонатордың айналарының біреуі осы мақсат үшін жарым-жартылай мөлдір (немесе сәуле шығарылатын саңылауының) болуы қажет.

Әдетте лазерлік сәуле резонатордың жартылай мөлдір айнасы арқылы сыртқа шығарылады. Қоздыру энергиясы лазерді энергетикалық деңгейлердің толымдылық инверсиясымен және активті зонаның күшейтілуімен қамтамасыз етеді. Активті ортада толымдылық инверсиясын тудыру және оны қолдап тұру



3-сызба. Сәуле шығаруды қоздыру: а – үш деңгейлі жүйедегі; б – төрт деңгейлі жүйедегі; $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$ – энергетикалық деңгейлер



Айнаның жазықтығына перпендикуляр бағытта таралатын өз еркімен туған фотондар ортадан тысқары шығып кететін фотондар тасқынын тудырады

ықпалымен \mathcal{E}_1 негізгі күйден \mathcal{E}_3 күйге ауысады. Өте аз уақыт ($\sim 10^{-8}$ секунд) аралығында атомдар сәуле шығарусыз \mathcal{E}_2 күйге ауысады.

Метатұрақты \mathcal{E}_1 күйдегі атомдардың «өмір сүру» уақыты \mathcal{E}_3 күйдегіден ($\sim 10^{-3}$ секунд) едәуір артық. Атомдардың негізгі күйден \mathcal{E}_3 күйге (толтыру көзінің қуаты жоғары болған кезде) жеткілікті түрде тез ауысатын кезде \mathcal{E}_2 деңгейдегі бөлшектердің тығыздық саны \mathcal{E}_1 деңгейдегіден жоғары болады, яғни \mathcal{E}_2 және \mathcal{E}_1 деңгейлердегі толымдылық инверсиясы пайда болады, бөлшектердің осылардың арасында ауысуы кезінде лазерлік сәуле пайда болады (шығарылады).

Төрт деңгейлі сұлба бойынша (3-сызба, б) жұмыс жасайтын активті орталар да бар; бұларға неодимді (Nd) кристалл жатады. Мұндай орталарда метаорнықты \mathcal{E}_3 негізгі \mathcal{E}_1 деңгейлер арасында аралық жұмыстық деңгей \mathcal{E}_2 болады, бұл деңгейдің термодинамикалық тепе-теңдік жағдайлардағы толымдылығы сәл ғана артық болады. $\mathcal{E}_3 \rightarrow \mathcal{E}_2$ ауысуы кезінде лазерлік сәуле туады (шығарылады). \mathcal{E}_2 деңгейдің толымдылығының аз болуы толымдылық инверсиясын тудыруды жеңілдетеді, осы жайт төртдеңгейлі сұлба бойынша жұмыс жасайтын активті



1 – сәуле таратқыш дене; 2 – толтыру шамы; 3 – резонатор айнасы

үшін осы ортаның құрылымына тәуелді болатын арнайы әдістер қолданылады. Мысалы, рубин кристалында қоныстану инверсиясы үшін деңгейлі сұлба бойынша жүзеге асырылады (3-сызба, а). Рубин кристалындағы хром (Gr) атомдарының энергетикалық спектрінде \mathcal{E}_1 тар алқапты деңгей (негізгі күйдегі) мен \mathcal{E}_2 (метатұрақты қоздырылған) деңгейден жоғары үшінші деңгей болатын, салыстырмалы түрде кең алқапты \mathcal{E}_3 күйлер (жұту алқаптары) орналасады.

Хром атомдары оптикалық толтырудың

Хром атомдары оптикалық толтырудың қуаты жоғары болған кезде) жеткілікті түрде тез ауысатын кезде \mathcal{E}_2 деңгейдегі бөлшектердің тығыздық саны \mathcal{E}_1 деңгейдегіден жоғары болады, яғни \mathcal{E}_2 және \mathcal{E}_1 деңгейлердегі толымдылық инверсиясы пайда болады, бөлшектердің осылардың арасында ауысуы кезінде лазерлік сәуле пайда болады (шығарылады). Төрт деңгейлі сұлба бойынша (3-сызба, б) жұмыс жасайтын активті орталар да бар; бұларға неодимді (Nd) кристалл жатады. Мұндай орталарда метаорнықты \mathcal{E}_3 негізгі \mathcal{E}_1 деңгейлер арасында аралық жұмыстық деңгей \mathcal{E}_2 болады, бұл деңгейдің термодинамикалық тепе-теңдік жағдайлардағы толымдылығы сәл ғана артық болады. $\mathcal{E}_3 \rightarrow \mathcal{E}_2$ ауысуы кезінде лазерлік сәуле туады (шығарылады). \mathcal{E}_2 деңгейдің толымдылығының аз болуы толымдылық инверсиясын тудыруды жеңілдетеді, осы жайт төртдеңгейлі сұлба бойынша жұмыс жасайтын активті ортаның негізгі артықшылығы болып табылады. Қатты денелі активті орталы, газ орталы және басқа типті көптеген лазерлер төртдеңгейлі сұлба бойынша жұмыс жасайды.

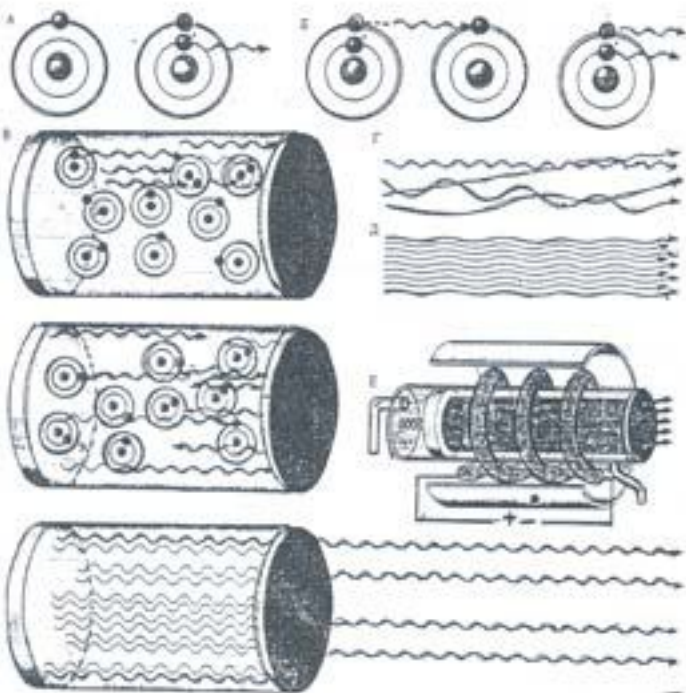
Кез келген лазердің негізі еріксіз сәуле шығару үрдісі (процесі) тікелей өтетін және лазерлік сәуле тудырылатын **активті бөлік** болып табылады. Активті бөлік,

резонатор айналары, қоздыру жүйесі көп жағдайда ортақ құрылымға біріктіріліп жасалады, осы бөлік **сәуле шығарғыш** деп аталған. Сәуле шығарғыштан басқа электрлік қоректендіру және салқындату (қуатты лазерлер үшін) блоктары да болады. Лазерлердің маңызды сипаттамаларының бірі бұл сәуленің шашыратылу бұрышының тым аздығы.

Лазердің пайда болуы физиканың сызықты емес оптика мен *голографияны* тудырды. Термоядролық синтез мәселесін шешуде лазерлерді плазманы қыздыру үшін пайдаланудың болашағы бар.

Импульстік лазер жалпылама қарастырғанда энергия алдын ала жинақталып, соңынан бірден лезде босатылып жіберілетін құрылғы болып табылады, осының нәтижесінде құрылғы өте қарқынды жарық шоғын тудырады. Лазердің ең басты әрі негізгі бөлігі кристалл немесе газ не сұйық толтырылған түтік болып табылады. Энергияны іске қосу сәйкес жарықтың қуатты оталуын тудыратын тетікпен не радиотолқынның немесе электронның қарқынды ағынымен жүзеге асырылады. Энергияны толтыру кезінде лазердің ішіндегі атомдар едәуір жоғарғы энергетикалық күйге ауысады. Содан соң, өздігінен бастапқы күйге қай-

Электрон едәуір жоғары энергия деңгейден едәуір төменгі деңгейге (А) ауысқан кезде әдеттегі жарық сәуле шығарылады. Индукцияланған сәуле (Б) өзге атомның шығаратын сәулесі арқылы шығарылады. Лазерде көпшілік атомдар «толтырулар» арқылы жоғары энергиялы күйге ауыстырылады. Кез келген бір атом әдеттегі тәсіл бойынша жарық шығарады, сол кезде лазердің екі ұшындағы (жағындағы) айналар әлгі жарықты ары-бері шағылдырып, индукцияланған сәуле шығарады. Жарық шоғы айналардың бірі арқылы шығып кетеді. Әдеттегі жарық (Г) әртүрлі ұзындықты толқындардың қоспасынан құралған, осылар әр жаққа таралады; лазер (Д) жарығындағы барлық толқындардың ұзындықтары тең, фазалары бойынша бірдей және барлығы бір бағытта таралады. Ең алғашқы лазер (Е) жасанды рубин кристалынан, осы кристалдың сыртын газразрядты түтіктер («толтыруға» арналған) оралған және шағылдырғыш екі айнадан құралған.



тып оралады, атом жарық бөлшегін (фотонды) шығарады. Осы фотон өзге қозған атомдармен соқтығысады, бұл жаңа фотондарды шығаруға әкеп соғады. Осындай әдіспен тудырылған фотондар саны өте тез молаяды. Кристалдың (немесе түтіктің) екі ұшына айналар орнатылған, осы айналардан кезек-кезек шағылып, фотондар айналар арасында алға-артқа қарай қозғалып, жарықты көбейтеді. Осы жарықтың бір бөлігі жартылай мөлдір айнадан сыртқа шығып кете алады.

Алғашқы импульстік лазерді 1960 жылы американ физигі Теодор **Мейман** (1927 – 2007) жасаған, ол лазерде рубин кристалы қысқа қызыл жарық шығаратын болған. Қазіргі лазерлер үздіксіз әрекетті, олар әртүрлі түсті жарық шығарады, кейбір лазерлер тіптен инфрақызыл немесе ультракүлгін диапазондағы сәулелер таратады.

Лазердегі атомдардың фотондар шығаруына сыртқы жарық көзі «қамтамасыз» ететін өзге фотондар себепші болады. Лазерге сырттан «айдамаланған» жарықта көптеген жиіліктер болуы мүмкін, мұндай емес лазерлер белгілі бір жиілікті едәуір қарқынды жарық ағынын тудырады. Әрбір фотон жаңа фотон шығаруға итермелейді, олардың барлығы бірдей қозғалып фазалары дәл жарық толқындарын шығарады (әдеттегі жарықта барлық толқындар фазалар бойынша үйлеспейді); осы сәуле **когерентті сәулелер** деп аталған. Толқындар бірдей фазалы болуы себепті олар бірін-бірі күшейтетін болады, сондықтан жарық өте күшті жарқырайды. Лазер өте жіңішке жарық шоғын тудырады, бұл шок қашықтағанда да онша кеңейіп жайылмайды; Жерден Айға қарай бағытталған лазер сәулесі онда диаметрі 3 км-дей дақ түсіреді екен.

Лазерлер қашықтық және жылдамдық өлшеулерге пайдаланылады. Лазер арқылы Жер мен Айдың арақашықтығы өлшенген. Лазер сәулесін американдық «Аполлондар» ғарыштық кемесінің бірімен Айға апарылған айнадан шағылысып Жерге қайтып келген.

Лазерлердің когерентті жарығының қолданылуының қызғылықты аймағының бірі үш өлшемді (көлемді) кескін шығаруға мүмкіндік туғызған *голография* болып табылады. Голографияның дамытылуының аяқталу нәтижесі үш өлшемді телевизия мен кино болмақ, бұлар қазіргі кездері әртүрлі қолданыс тапқан. Екі рет экспозицияланған (яғни екі рет суретке түсірілген) *голограмма* заттың экспозициялану аралығындағы кез келген қозғалысты тіркеуге мүмкіндік жасайды. Сол себепті әр қилы беттердің жасайтын тербелістерінің жағдайын анықтайды. Дірілдерді талдау әсіресе үлкен жылдамдықтағы ұшақтардың бөліктерін және қозғалтқыштарды жасау үшін маңызды.

Лазердің төңкеріс жасайтын саласы ядролық энергетика болмақ. Термоядролық реакция (дербес жағдайда сутек бомбасында және жұлдыздарда жүзеге асырыла-

тын) лазерлік сәулемен жүзеге асырыла алады (алдын ала қуатты электр разрядымен жоғары температуралы плазма алынбастан).

Аз қуатты лазер сәулесі көздің қабагталған торлы қабатына шоғырлап тоғыстау (фокустау) арқылы ауыртпай сылып тастай алады. Лазер ауырған тісті ауыртпай бұрғылап тесе алады. Өнеркәсіпте лазерлер металл табактарды және дайындамаларды кесуге және тесуге қолданылады, тіптен алмастарды тесуге де қолданылады.

Газды лазер – активті орта ретінде газ пайдаланылатын лазер.

Газдинамикалық лазер – толымдылық инверсиясы асқындыбыстық жылдамдықпен қозғалатын газдың адиабаттық салқындатылуымен жүзеге асырылатын газды лазер.

Еркін электрондық лазер – еркін релятивті электрондардың кеңістіктік-периодты электрлік немесе магниттік өрістермен өзараәсерлесу негізінде оптикалық диапазондардағы толқын ұзындықты (инфракызыл, көрінетін) сәулелер тарататын когерентті электрмагниттік генератор.

Инжекциялы лазер – толымдылық инверсиясы үшін заряд тасушылардың электрондық-кемтік ауысу арқылы инжекциялануы пайдаланылатын қатты денелі лазер.

Қайтақұру лазері – жиілігін сызықтық емес оптикалық қасиеттері болатын ортадан өткізіп өзгертуге болатын когерентті оптикалық сәуле көзі.

Қатты денелі лазер – активті орта ретінде қатты дене пайдаланылатын лазер.

Химиялық лазер – толымдылық инверсиясы химиялық реакциялар нәтижесінде пайда болатын газды лазер.

Экимерлі лазер – сәуле шығару үшін экимерлі молекулалардың электрондық деңгейлері арасындағы ауысулар пайдаланылатын газды лазер.

ЛАЗЕРЛІК АЖЫРАТУ, изотоптарды лазерлік ажырату – изотоптарды атомдар мен молекулалардың энергия деңгейлерінің изотоптық ығысуына және лазерлік сәулелердің резонанстық ықпалдарын пайдалануға негізделген бірінен-бірін айыру әдісі. Лазердің қарқынды монохроматты сәулесі атомдар мен молекулалардың сәйкес энергетикалық деңгейлері арасында ауысуларды тудыра отырып, таңдалған изотопты немесе оның атомын иондалуға немесе молекулаларды диссоциациялануға дейінгі қоздырылған күйге ауыстырады. Осыдан соң қоздырылған атомдар мен молекулаларды әртүрлі фазаларға (мысалы, иондарды – электр өрісімен) немесе химиялық әдістермен бірінен-бірін айыру мүмкін болады. Изотоптарды лазерлік ажыратуда негізгі екі – көпсатылы және бірсатылы сұлба қалыптасқан. Көпсатылы ажырату сұлбасында атомдар немесе молекулалар лазердің резонанстық сәулесімен қоздырылған күйге ауыстырылады, бұлар өзге бір лазердің әсерімен иондалады немесе молекулалар диссоциацияланады.

Бірсатылы сұлбада изотоптарды лазерлік ажырату қуатты лазерлік сәуле атомдардың немесе молекулалардың ауысуы кезінде қасиеттерін белгілі бір шамада өзгертеді. Осы жағдайларда қоздырылған молекулаларды ажырату үшін энергиясы қоздырылған кванттың шамасына тең өзараәсерлесуді пайдалану қажет.

ЛАЗЕРЛІК ПЛАЗМА – қуатты лазерлік сәулені фокустау (тоғыстау) әсерінен газдардың иондалуының дамытылуы кезінде пайда болатын *плазма*. Атмосфералық қысым кезінде газдарды **жарықтың тесіп өтуі** кезіндегі (лазерлік ұшқында) пайда болатын лазерлік плазманың температурасы $\sim 2 \cdot 10^4$ К-ге тең, яғни ол төменгі температуралы плазма болады. Оптикалық жиілікке тән энергияның кеңістік арқылы емін-еркін таралуының қолданыста маңызы бар. Оптикалық разрядтың әсер ету аймағын шектеп жарықтылығы күшті жарық көзі ретінде пайдалануға болады; үздіксіз плазма ағынын туғызуға болады; қатты нысананы немесе тоғысталған қуатты лазер сәулесімен сығылған газды сәулелендіру кезінде жоғары температуралы ($\sim 10^7$ К) және тығыз плазма пайда болады, мұндай плазмамен термоядролық реакцияларды тудыру мүмкін болады.

ЛАЗЕРЛІК СӘУЛЕ – лазер шығаратын (тарататын) негізінен оптикалық диапазондағы толқын ұзындықты электромагниттік сәуле; өзгедей жарық көзінен таралатын сәулелерден айырмашылығы жоғары дәрежелі когерентті, шоғының шашыраңқылығы аз, спектрлік жарықтылығы жоғары және монохроматты сәуле. Белгілі бір жағдайда лазер сәулесінен жалғыз ғана спектрлік құраушысын ажыратып алуға (бір ғана жиілікті генерациялық режимді жүзеге асыру) болады. Жалғыз жиілікті режимдегі лазерлік сәуленің спектрлік сызықтарының ені атомдардың өздігінен сәуле шығаруындағыдан әлдеқайда кіші болады.

Лазерлік сәуленің когеренттілігінің ұзындығы бірнеше мың км-ге жетеді, когеренттілік уақыты – секундтық үлестерінен аз; квазимонохроматты сәуленің табиғи көздері үшін әлгі шамаларға ұқсас шамалардан 10^9 есе кем болады.

Лазерлік сәулелерді оптикалық жүйелер арқылы өте шағын өлшемді ауданға фокустау (тоғыстыру) мүмкін болады. Осының нәтижесінде қуаттың тығыздығы үлкен мәнге ие болады: үздіксіз әсерлі лазерлік сәулелерде 10^6 Вт/см²-қа, импульстік режимде – 10^{15} Вт/см-қа дейін артады. Лазерлік сәуленің локалдік әсері электрондық есептеуіш машиналардың оптикалық осындай қуатты сәулемен металдарды балқытуға және буландыруға болады. Қысқа импульсті лазерлік сәулелермен қатты және газтәрізді орталарға әсер ету арқылы оларды иондандыруға, заттар бетінен электрондар эмиссиясын тудыруға, плазманың пайда болуына, қуатты жарқыл – лазерлік ұшқын шығаруды жүзеге асыруға мүмкіндік жасайды. Лазерлік сәулелердің когеренттілігі мен монохроматтығы лазерлік интерферометрлерде, лазерлік спектроскопияда, оптикалық байланыс жүйелерінде пайдаланылған. Қысқа

және асақысқа лазерлік импульстер (ұзақтығы 10^{-14} секундқа тең) оптикалық локацияда және жарықпен қашықтық анықтауыштарда, өте шапшаң өтетін үрдістерді зерттеу кезінде, т.б. кеңінен қолдау тапқан.

Лазерлік сәулелердің резонанстық әсерлері изотоптарды ажыратудың; аралас-құралас және резонанстық шашыратудың, деполяриландырудың, аса таза заттар алудың, т.б. негізіне алынған.

ЛАЗЕРЛІК СПЕКТРСКОПИЯ (латынша «спектрум – көрінетін» + грекше «скопия – қараймын») – оптикалық спектроскопияның әдістері *лазерлік сәулені* пайдалануға негізделген саласы. Лазерлердің монохроматты сәулелерін қолдану атомдар мен молекулалардың белгілі энергия деңгейлері арасындағы кванттық ауысуларды қолдануға жағдай жасауға мүмкіндік береді (лазерлік емес жарық көзін пайдаланушы спектроскопияда атомдар мен молекулалардың аса көп санды кванттық күйлерінің ауысулары нәтижесінде пайда болатын спектрлерді зерттейді). Жиілікті қайта құратын лазерлердің пайда болуымен лазерлік спектроскопияда жана принципті мүмкіндікке ие болды. Жиілігін қайта құра алатын лазерлердің жоғары монохроматтылықты сәуле шығаруы заттардың шын формасының спектрлік сызықтарын бұрмаламай өлшеуге мүмкіндік жасады. Осы жайт инфрақызыл сәуле аймағындағы газдар спектроскопиясы үшін ерекше маңызды.

Лазерлік сәулелердің сызықтық емес лазерлік спектроскопиялық әдістерінің негізіне жатқан уақыттық және кеңістіктік когеренттілік газдағы бөлшектердің жылулық қозғалысы тудырған әдеттегі доплерлік тарылтылумен жасырылған спектрлік сызықтардың құрылымын зерттеуге мүмкіндік береді.

Лазерлік сәуленің жоғары монохроматтылығы мен когеренттілігі негізгі күйдегі бөлшектердің көпшілігін *қоздырылған күйге* ауыстырады. Осы жайт 1 см^3 заттағы атомдар мен молекулаларды тіркеу сезгіштігін арттырады. 10^2 атомдардағы немесе 10^{10} молекулалардағы қоспаларды тіркеуге мүмкін болады.

ЛАЗЕРЛІК ТЕЛЕВИЗИЯ – телевизиялық қабылдағыштың (теледидардың) экранында телевизиялық кескін лазерлік сәуле, түрлі түсті телевизияда – үш сәуле (қызыл, жасыл және көк түсті) арқылы қайта жаңғыртылып көрсетілетін телевизиялық жүйе. Телевизиялық қабылдағышта әдеттігі телевизиялық қабылдағыштағыдай электрондық-сәулелік кинескоптағыдай лазерлік теледидардың экранында лазерлік сәуленің жаймалануы кезінде кескін сигналының қарқындылығы бойынша модуляцияланған кескін пайда болады. Әдетте лазерлік сәулені жаймалау үшін акустикалық немесе электрондық-оптикалық дефлекторлардың айналғыш айналарының жүйелері пайдаланылады. Лазерлік теледидарлардағы шектік ажыратқыштық қасиеті лазерлік сәулені басқару құрылғыларындағы жарықтың *дифракциясымен* анықталады және ол 1000 сызық/

мм-ге дейін жетеді. Лазерлік сәуле көзі ретінде әдетте *ионды лазерлер* (көк және жасыл түстер шығару үшін аргонды, ал қызыл сәуле үшін – криптонды лазерлер) пайдаланылады. Түрлі түсті кескін шығару үшін **үш монохроматты** (қызыл, жасыл және көк түсті) түсті өзара бірінің үстіне бірін қабаттастыру арқылы кескінді ортақ бір экранға үш квантскоптың (активті бөліктерінен ортақ бір экранға) проекциялап түсіру арқылы жыңғыртып көрсетуге болады. Лазерлік телевизияның ерекше артықшылығы кескіндердегі түстердің қанықтылығы жоғары, лазерлік сәуленің монохроматтылығы, түстердің көрсетілу сапасын арттырады.

ЛАЗЕРЛІК ҰШҚЫН, жарықтық тесу – заттардың қарқынды иондалуы нәтижесінде оптикалық жиілікті электромагниттік өрістердің әсерінің нәтижесінде плазмалық күйге ауысуы. Лазерлік ұшқын алғаш рет 1963 жылы модуляцияланған сапалық (төзімділік) режимде жұмыс істейтін рубин кристалындағы қуатты импульстік лазерлік сәулені ауада фокустау (тоғыстау) кезінде байқалған. Лазерлік ұшқын кезінде линзаның фокусында ұшқын пайда болады, бұл эффектін бақылаушы күшті дыбыспен қосақтасқан **жарық жарқыл ретінде** қабылдайды.

Оптикалық жиіліктердегі газдардың тесуі (ұшқынның шығуы) үшін өте күшті $10^6 - 10^7$ В/см шамасындағы электр өрісі қажет, бұл лазер сәулесіндегі $\sim 10^9 - 10^{11}$ Вт/см² жарық ағынына сәйкес келеді (аса жоғары жиілікті-тесу өріс кернеулігі $\sim 10^4$ В/см кезінде жүзеге асады). Лазерлік ұшқынның пайда болуының екі тетігінің болуы мүмкін. Бұлардың біріншісінің табиғаты онша үлкен емес жиілікті өрістердегі газдардың тесуінен айырмашылығы жоқ. Екіншісі кванттық табиғаты оптикалық жиілікке тән. Электрондар атомдардан көпквантты *фотоэффект* нәтижесінде, яғни бірнеше фотонның бірізгіде жұтылуы кезінде бөлініп шығады. Бір кванттық фотоэффект көрінетін сәуле диапазон жағдайында мүмкін емес, оның себебі атомдардың иондалуының потенциалы кванттық энергиясынан бірнеше есе артық. Мысалы, рубин лазерінің фотондарының энергиясы 1,78 эВ-қа тең, ал аргонның иондалу потенциалы 15,8 эВ-қа тең, яғни электронның бөлініп шығуына 9 фотон қажет. Әдетте көпфотонды үрдістің ықтималдығы аз. Лазерлік ұшқын тек жарықтың әсерінен атомдардан электрондардың тікелей жұлынып шығуы есебінен ғана мүмкін болады. Бұл тек өте күшті жарық өрістерінде $> 10^7$ В/см-де ғана мүмкін. Жоғары қысым кезінде лазерлік ұшқын әлдеқайда әлсіз өрістерде байқалады. Лазерлік ұшқынның барлық тетігі күрделі әрі көптүрлі.

Лазерлік ұшқын *конденсацияланған орталарда* да қуатты лазерлік сәулелер таралған кезде байқалады және лазерлік құрылғылардағы оптикалық бөліктердің, материалдардың бүлінуінің (қирауының) себебі болуы да ықтимал.

ЛАМБЕРТ (*Лб*) – *жарықтылықтың* жүйеден тыс бірлігі. Ол негізінен АҚШ-та қолданылады. $1 \text{ Лб} = 3,18 \cdot 10^3 \text{ кд/м}^2 = 0,318 \text{ стильб} = 10^4 \text{ апостильб}$. Неміс физигі, астрономы әрі математигі Иоганн **Ламберттің** (1728–1777) құрметіне аталған.

ЛАМБЕРТ ЗАҢЫ – жарықты шашырататын (диффузиялық) беттің (ΔS) жарықтылығы (L) бүкіл бағытта бірдей болатындығы туралы заң. Бұл заңды 1760 ж. неміс ғалымы Иоганн **Ламберт** (1728 – 1777) тұжырымдаған. Бұл заңның анықтамасынан жарық шамаларының жарқырауы (M) және жарықтылықтың (L) арасында мынадай қарапайым қатынас шығады: $M = \pi L$; жазық беттің оның өзіне перпендикуляр (I_0) бағыттағы шашыратқыш беттің $\theta(I_0)$ бұрыш жасай орналасқан беттердің арасындағы жарық күші: $I_\theta = I_0 \cdot \cos \theta$ -ға тең. Осы соңғы өрнектен әлгіндей беттің жарық күші бетке перпендикуляр бағытта максимал, ал θ бұрыш артқан сайын кемитін, бетке жанама бағытта нөлге тең болады.

Шындығында тек аздаған нақты денелердің шашырататын жарығы сәл ғана ауытқуымен Ламберт заңына бағынады. Мұндай беттерге магний тотығы, күкіртқышқыл барийлі, гипс жалатылған беттер жатады; бұлдыр орталардан – ағартылған әйнек, кейбір бұлттар типі; өздігінен жарқырауық сәуле шығарғыштардан – *абсолют қара дене*, ұнтақ тәрізді *люминофорлар* жатады.

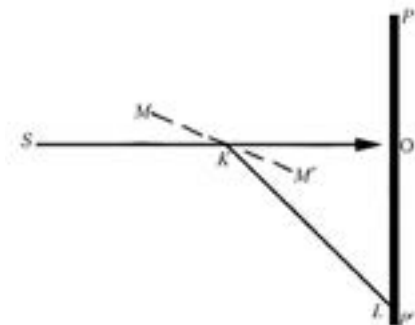
ЛАМЕ ТҰРАҚТЫСЫ – изотропты материалдардың *серпімділік* қасиеттерін сипаттайтын шама. Француз математигі әрі инженері Габриель **Ламениң** (1795–1870) құрметіне аталған.

ЛАМИНАРЛЫҚ АҒЫС (латынша «ламина – пластинка, жазық») – сұйықтың немесе газдың ағыс бағытына параллель қабаттар секілді жылжуы кезіндегі реттелген ағысы. Бұл ағыс өте **тұтқыр сұйықтарда** немесе едәуір **баяу жылдамдық кезінде**, сондай-ақ сұйықтың шағын өлшемді денелерді баяу орағытып ағуы кезінде пайда болады. Дербес жағдайда ламинарлық ағыс жіңішке (капиллярлық) түтіктерде, подшипниктердің майлы қабатында, **денелерді сұйық немесе газ орағытып аққан кезде** дене беті маңайындағы *шекаралық қабатта* байқалады. Сұйықтың жылдамдығы артқанда ламинарлық ағыс белгілі бір кезеңде *турбуленттік ағысқа* айналады. Сол кезде бұл ағыстың барлық қасиеттері, атап айтқанда, ағынның құрылымы, жылдамдық профилі, кедергі заңдары едәуір өзгеріске ұшырайды. Сұйық ағысының режимі *Рейнольдс санымен* (Re) сипатталады. Re -нің шамасы, белгілі бір кризистік мәннен ($Re_{кр}$) кіші ($Re < Re_{кр}$) болса, онда сұйық ағысының режимі ламинарлық ағысқа, ал $Re > Re_{кр}$ болса, онда сұйық ағысының режимі **турбуленттік ағысқа** жатады. $Re_{кр}$ -нің мәні қарастырылып отырған ағыстың түріне тәуелді болады. Дөңгелек құбырлардағы ағыс үшін $Re_{кр} \approx 2300$. Сондықтан $Re < 2300$ болғанда құбырдағы ағыс ламинарлық ағыс болып

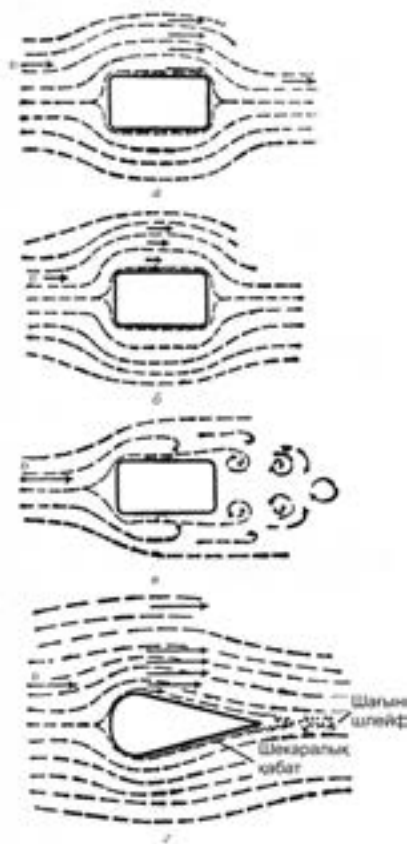
есептеледі. Құбырдағы тұтқыр ламинарлық ағыс Пуазейль заңымен анықталады.

ЛАРИНГОФОН (грекше «ларинкс – көмей» + «фон – дыбыс») – сөйлейтін адамның көмейінің сіңірі мен шеміршегінің механикалық тербелістерін электрлік тербелістерге түрлендіретін арнайы құралымдық микрофон; іс жүзінде ауадағы дыбыстық тербелістерді қабылдамайды. Әдетте ларингофондар көмейдің екі жағына орналастырылады. Қарқынды шуыл кезінде (ұшақта, танкте) радио немесе телефон арқылы сөйлесуде қолданылады.

ЛАУЭ ӘДІСІ – монокристалдарды рентген сәулесінің *дифракциясы* арқылы зерттеу әдісі. 1912 жылы неміс физигі Макс **Лауэ** (1879–1960) кристалдардағы рентген сәулесінің интерференциялық теориясын тұжырымдап, кристалды рентген сәулелері үшін *дифракциялық тор* ретінде пайдаланып тәжірибе жасауды ұсынған. Бұл тәжірибені неміс физиктері Вальтер **Фридрих** (1883 – 1968) және П.**Книппинг** жүзеге асырған. Осы тәжірибеде рентген сәулесінің кристалдағы дифракциясы алғаш рет бақыланған. Тәжірибеде рентген



Лауэ әдісінің сұлбасы. SO – алғашқы реттік сәуле; K – кристалл; MM' – кристаллграфиялық жазықтықтың бағыты; KL – шағылысқан сәуле, PP' – фотопленка



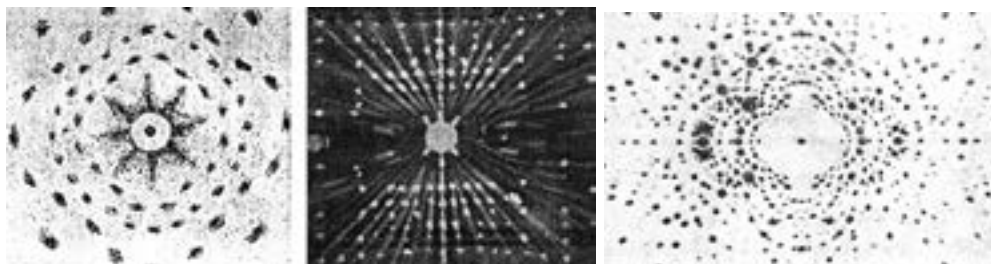
Ламинарлық ағыстар: а – тұтқыр емес идеал сұйықтың ағысы ($F=0$); б – тұтқыр сұйықтағы ламинар ағыс ($F<9$); в – турбулентті ағыс ($F>9^2$); z – шекаралық қабаттағы ағыс

сәулесінің үздіксіз спектрінің жіңішке шоғы қозғалмайтын монокристалға түсірілген. Кристалл шашырататын сәуле **Брэгг-Вульф шарты** анықтайтын бағытта түсетін сәулеге перпендикуляр орнатылған жазық фотопленкаға суретке түсірілетін болған (*сызбаға қараңыз*). Ірі кристалл болған жағдайда фотопленка кристалдың алдыңғы жағына орнатылады, осындай тәсілмен алынған *лауэграмма* эпиграмма деп аталған.

Лауэ әдісі монокристалдарды кеңістіктік бағдарлау, монокристалдың ішкі құрылымын

тексеру, фонндық спектрлерді, ыдырау үрдістерін (процестерін), кристалдық құрылымның «ескіруін» және қайта құрылуын зерттеулерде қолданылады.

ЛАУЭГРАММА – *Лауэ әдісімен* алынған дифракциялық кескін бейнеленген *рентгенграмма*. Лауэграммадағы дифракциялық максимум (суреттегі күңгірт нүктелер) төбесі түзу (шашырамаған) рентген сәулесі шоғы мен фотопленканың қиылысуында жататын конустық қима бойынша орналасқан. Әрбір дифракциялық максимумға бір ғана кристаллграфиялық жазықтықтар жүйелерінің әртүрлі реттілікпен шағылысқан сәулелер үлестерін қосады, осы жайт лауэграмманы кристалдың құрылымын ашу үшін қолдануға тыйым салады. Кристалдың әртүрлі



қалпынан алынған бірнеше лауэграмма бойынша оның тандалып алынған координаттар жүйесіне қатысты кристаллграфиялық осінің бағытын анықтауға болады.

Лауэграмманың негізгі қолданылу аймағы: монокристалдарды бағдарлау (әсіресе қырланбаған), симметрияның нүктелік тобын, кристалдың ішкі «құрылымының кемелденуінің» бүлінуін, т.б.), жылулық диффузиялық және когеренттік шашырауын, т.б. анықтау болып табылады.

ЛЕНГМЮРЛІК ТОЛҚЫНДАР – плазмалық жиілік пен плазманың көлденең тербелістері. Американ физиктері **И.Ленгмюр** мен **Л.Тонкс** 1929 жылы зерттеген. Плазма үшін кулондық күштердің алыс әсері тән, осының нәтижесінде мұны серпімді орта ретінде қарастыруға болады. Егер плазмадағы электрондар тобы олардың тепе-тең қалпынан жылжытылатын болса, онда оларға электр-статикалық қайтатын күш әсер ететін болады, осы күш тербеліске түсіреді.

Тыныштықтағы салқын плазмада (электрондардың температурасы $T_e \rightarrow 0$) плазмалық жиілікті таралмаған тербелістер (тұрғын толқындар) болады; ыстық плазмада осы тербелістер топтық аз жылдамдықпен таралады.

ЛЕНЦ ЕРЕЖЕСІ – электрмагниттік индукцияның нәтижесінде пайда болатын **индукциялық токтардың бағытын анықтайды**; энергияның сақталу заңының салдары болып табылады. Қозғалмайтын контурдағы индукциялық ток оның өзі тудырған магниттік индукциялық ағын контуры шектеген бет арқылы берілген ток тудыратын ағынның өзгерісіне бөгет (кедергі) болуға ұмтылатын

бағыт бойынша бағытталады. Өткізгіштің тұрақты магнит өрісінде қозғалыс кезінде онда пайда болатын индукциялық ток магнит өрісінің механикалық күштері өткізгіштің қозғалысына бөгет болатын бағыт бойынша бағытталады. Контурдағы индукциялық токтың бағытын анықтауға арналған осы ережені 1833 жылы орыс физигі Эмилий Ленц (1804 – 1865) тұжырымдаған.

ЛЕПТОНДАР (грекше «лептос – жұқа, жеңіл») – *күшті өзараәсерлесу* тән болмайтын *қарапайым бөлшектер* тобы. Бұл бөлшектер тек **электрмагниттік, әлсіз және гравитациялық** өзара әсерлесулерге ғана қатысады. Лептондарға *электрон, мюон*, 1975 жылы ашылған ауыр лептондар және **электрондық, мюондық нейтрино**, сондай-ақ олардың *антибөлшектері* жатады. Барлық лептондардың спині $1/2$ -ге тең, яғни олар *фермиондар* болып табылады. 1975 жылға дейін белгілі болған лептондардың массалары өзге қарапайым бөлшектердің (тек фотондардан өзгелерінің) массаларынан кіші болған. Лептондар зарядталған (электрон, мюон (μ), τ -лептон) және бейтарап (нейтрино) лептондарға ажыратылған. *Бейтарап лептондар* тек *әлсіз өзараәсерлесуге* ғана қатысады.

ЛЕПТОНДЫҚ ЗАРЯД, лептондық сан (L) – лептондарды сипаттайтын ерекше *кванттық сан*. Лептондар саны мен олардың антибөлшектерінің сандарының айырымы барлық үрдістер (процестер) кезінде тұрақты болатыны анықталған. Мысалы, *электрондық қармау* үрдісінде протонның электронды жұтуы электрондық нейтриноның ұшып шығуымен қабаттас өтеді $e^- + p \rightarrow n + \nu_e$, ал теріс мюонды жұту – мюондық нейтриноның ұшып шығуымен қабаттасады $\mu^- + p \rightarrow n + \nu_\mu$; нейтронның бета-ыдырау үрдісі кезінде электронмен бірге электрондық антинейтрино туады, т.б. Осы заңдылық лептондарда ерекше «заряд» – лептондық заряд болады деп түсіндіруге болады. Әдетте e^- , ν_e үшін $L_e = +1$, e^+ , $\bar{\nu}_e$ үшін $L_e = -1$; μ^- , ν_μ үшін $L_\mu = +1$, μ^+ , $\bar{\nu}_\mu$ үшін $L_\mu = -1$; τ^- , ν_τ үшін $L_\tau = +1$, τ^+ , $\bar{\nu}_\tau$ үшін $L_\tau = -1$. Бұлардан басқа барлық қарапайым бөлшектер үшін $L = 0$. Бөлшектер жүйесінің лептондық заряды – жүйе құрамындағы бөлшектердің лептондық зарядтарының алгебралық қосындысына тең. Сондықтан лептондар сандарының сақталу заңы лептондық зарядтардың сақталу заңына ұласады.

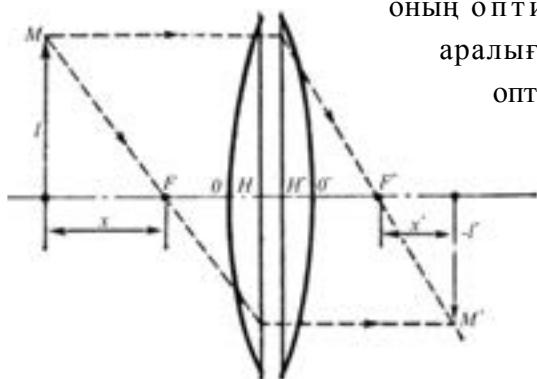
ЛИДАР (ағылшынша «Lidar – Light detection and ranging – жарық арқылы іздеп табу және қашықтықты анықтау» деген сөздердің бас әріптері бойынша қысқартылған атау) – ауа және су орталарын қашықтан *зондтауға* арналған оптикалық локатор. Локатор құрамында оптикалық сәуле көзі (әртүрлі лазерлер) зондтау нәтижесін тіркейтін және өңдейтін жүйелі фотоқабылдағыш телескоп, ақпараттарды бейнелеуге және басқаруға арналған құрылғылар, қоректендіру блогы болады.

ЛИНЗА (латынша «ленз – жасымық») – өзінің немесе шағылысқан сәулемен жарықталатын заттардың оптикалық кескіндерін тудыру, жарық сәулені сындыратын қасиеті болатын екі бетпен шектелген мөлдір дене. Ол – *оптикалық жүйенің* негізгі бөліктерінің бірі. Шектелетін беттерінің пішіндеріне сәйкес линза **сфералық, цилиндрлік** не басқа пішінді болуы мүмкін. Екі бетінің ортақ симметрия осі болатын линза (әсіресе жасалуы оңай сфералық линза) көбірек қолданылады. Линза көбінесе оптикалық немесе органикалық әйнектен жасалады. Спектрдің **ультрақұлгін** аймағында жұмыс істеуге арналған линза кварц, флюорит, фторлы литий, т.б. заттардың кристалынан, ал инфрақызыл аймақтағы зерттеулерде қолданылатын линза әйнек, кремний, германий, флюорит, фторлы литий, иодты цезийдің ерекше сұрыптарынан (сорттарынан) дайындалады.

Осыке симметриялы линзаның оптикалық қасиетін сипаттағанда, негізінен оның осіне өте кіші бұрышпен түскен сәулелер (сәулелердің параксиалды (осьпен бағытас) шоқтар) қарастырылады. Линзаның осы сәулелерге тигізетін әсері оның **бас жазықтықтарының осьпен қиылысушы бас нүктелерінің** (H және H'), сондай-ақ алдыңғы және артқы **бас фокустары (тоғыстары)** (F және F') бойынша анықталады (*сызбаға қараңыз*). $HF=f$ және $H'F'=f'$ кесінділері линзаның фокустар қашықтығы деп аталған (линзаның екі жағындағы ортаның сыну көрсеткіштері бірдей болса, онда әрқашан $f=f'$). Линза бетінің оның осімен қиылысатын нүктелері линзаның төбесі деп аталған. Параллель сәулелерді бір нүктеге тоғыстыратын линза жинақтауыш линза деп аталған. Жинақтауыш линзаның осіне параллель түскен сәулелер, линзаның бас фокусында қиылысады. Мұндай линза үшін f' әрқашан оң болады. Шашыратқыш линзаның осіне түскен сәулелер сынып өткен соң бір-бірімен қиылыспайды. Ал сынған сәулелердің созындысы қиылысатын нүкте линзаның жалған фокусы деп аталған. Мұндай линза үшін $f'<0$. Линзаның осіне түскен сәулелерді сындыру әсерінің өлшеуіші

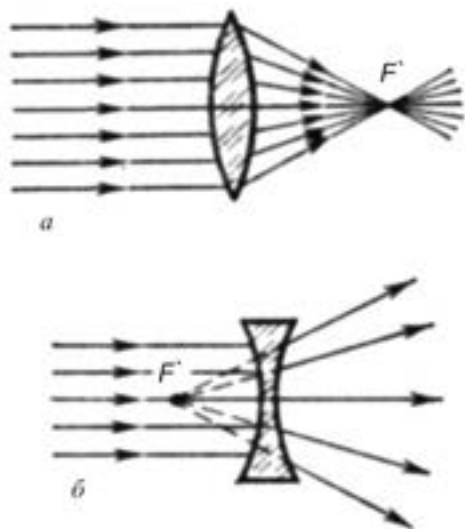
оның оптикалық күші (Φ) болады. Ол фокус аралығына кері шама – $\Phi=1/f'$. Линзаның оптикалық күші *диоптриямен* (m^{-1}) өлшенеді.

Жинақтауыш линзаның оптикалық күші оң ($\Phi>0$), ал шашыратқыш линзаның оптикалық күші теріс ($\Phi<0$) болады. Сондықтан **жинақтауыш линза оң, ал шашыратқыш линза теріс линза** деп аталған. $\Phi=0$ болатын линза да қолданылады. Ол афокальді линза



1-сызба. Линзаның жалты көрінісі

делінген (оның фокустық қашықтығы шексіздікке тең). Бұл линзалар сәулелерді жинақтамайды және шашыратпайды, бірақ та *аберрация* тудырады және айналы-линзалы объективтерде абберацияның есесін қайтару (компенсациялау) үшін пайдаланылады. Сфералық беттермен шектелген линзаның оптикалық қасиетін анықтайтын параметрлер линза беттерінің кисықтық радиусы (r_1 және r_2), линзаның осі бойынша алынған қалыңдығы (d) және линза жасалған материалдың сыну көрсеткіші (n) арқылы өрнектеледі. Мысалы, линзаның фокус аралығы мен оптикалық осі арасындағы байланыс:



$$\Phi = \frac{1}{f'} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{(n-1)^2 d}{nr_1 r_2}. \quad (1)$$

Егер линзаның қалыңдығы оны шектеуші беттердің кисықтық радиустарынан әлдеқайда кіші ($d \ll r_1, d \ll r_2$) болса, ондай линза жұқа линза деп аталады. Егер (1) қатынастың 2-жартысы ескерілмейтін болса, онда жұқа линзаның оптикалық күшінің өрнегі шығады.

Негізгі (кардиналды) нүктелердің қалпы белгілі болғанда линза шығаратын нүктенің оптикалық кескінінің (*l-сызба*) қалпы мына формула бойынша анықталады:

$$xx' = f \cdot f' = -f'^2; \quad \frac{l'}{l} = -\frac{f}{x} = -\frac{x'}{f'} = V, \quad (2)$$

мұндағы V – линзаның сызықтық ұлғаюы, l және l' – нүкте мен оның кескінінің оське

2-сызба. Линзадағы сәуле жолдары: а – жинақтағыш; б – шашыратқыш линза

дейінгі қашықтығы (егер ол осьтен жоғары орналасса оң болады), x – алдыңғы фокустан нүктеге дейінгі қашықтық, x' – артқы фокустан кескінге дейінгі қашықтық.

Егер t және t' – бас нүктеден зат пен кескіннің жазықтығына дейінгі қашықтық болса, онда

$$(x = t - f, x' = t' - f'); \quad f'/t' + f/t = 1 \text{ немесе } 1/t' - 1/t = 1/f'. \quad (3)$$

Жұқа линзада t және t' -ты линзаның сәйкес беттерінен бастап есептеуге болады.

(2) және (3) теңдіктерден нүкте (нақты көзден) линзаның фокусіне жақындаған сайын кескіннен линзаға дейінгі қашықтық ұзара түседі; егер нүкте фокустың алдыңғы жағында орналасқан болса жинақтауыш линза нүктенің нақты кескінін береді; егер нүкте фокустар аралығында орналасса, оның кескіні – жорымал кескін болады; шашыратқыш линза әрқашан жорымал кескін шығарады.

Акустикалық линза – дыбыстық толқындарды фокустауға арналған құрылғы.

Жинақтағыш линза – параллель жарық шоғын фокусталатын (тоғысталатын)

шоққа түрлендіретін оптикалық линза.

Жіңішке линза – қалыңдығы сфералық беттерді шектейтін қисықтық радиустармен салыстырғанда кіші болатын сфералық линза.

Қалың линза – қалыңдығы сфералық беттерді шектейтін қисықтық радиустармен салыстырғанда өлшемдес болатын сфералық линза.

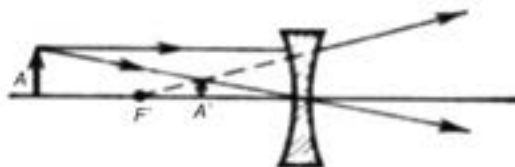
Магниттік линза – зарядталған бөлшектерді магниттік өрістер арқылы фокустауға арналған құрылғы.

Оптикалық линза – заттардың оптикалық кескіндерін түзе алатын, жарық сәулелерін сындыра алатын екі бетпен шектелген мөлдір дене.

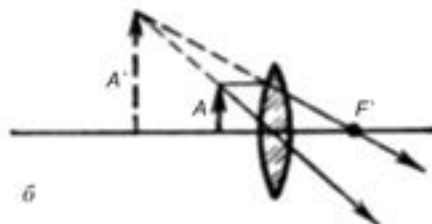
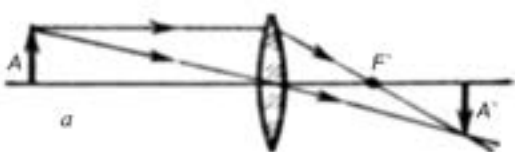
Шашыратқыш линза – жарықтың параллель шоқтарын шашыраған шоқтарға түрлендіретін оптикалық линза.

Сфералық линза – сфералық беттермен шектелген оптикалық линза.

Ұжымдық линза – көлбеу жарық шоқтарының таралуын азайтуға арналған жазық-дөңес жинақтағыш оптикалық линза.



3-сызба. Шашыратқыш линзадағы кескіндерді салу



4-сызба. Жинақтағыш линза шығаратын кескіндерді салу: а – шын кескін; б – жорымал кескін



Айналық (тегіс) беттен және кедір-бұдыр беттен шағылу

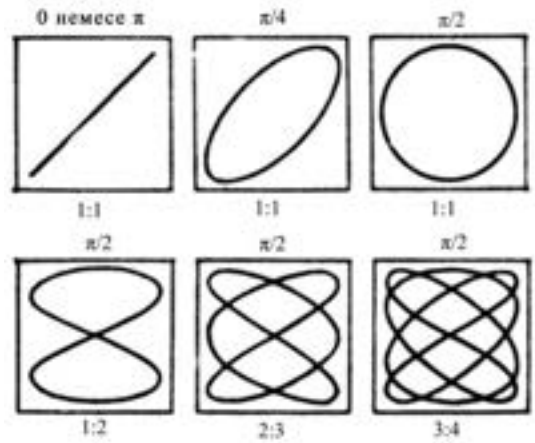
Электрстатикалық линза – зарядталған бөлшектер шоғын электрстатикалық өріс арқылы фокустауға арналған құрылғы.

ЛИССАЖУ ПІШІНДЕРІ –

нүктенің бір мезгілде өзара пер-

пендикуляр бағыттарда екі гармониялық тербеліс жасауы кезінде сызылатын тұйық траектория. Бұл сызықты 1855 жылы алғаш рет француз физигі Жюль Лиссажу (1822–1880) зерттеген. Бұл пішіндердің түрлері екі тербелістің периодтарының (жиіліктерінің), фазаларының және амплитудаларының арасындағы қатынастарға тәуелді. Қарапайым жағдайда екі период тең болса, Лиссажу пішіні фазасы $\varphi=0$ тең немесе $\varphi=\pi$ болған кезде түзу сызық кесіндісі, ал $\varphi=\pi/2$ болған кезде және

амплитудалары өзара тең болғанда шеңберге айналады (*сызбаға қараңыз*). Егер де екі тербелістің периодтары дәл үйлеспейтін болса, онда φ ылғи өзгерісте болады, осының салдарынан эллипс үздіксіз түрде деформацияланатын болады. Тербелістердің периодтары әртүрлі болған кезде Лиссажу пішіндері тұйық қисықтар болмайды, бірақ егер периодтар бүтін сандар ретіндегі қатынас болса, онда уақыт аралығы ең кіші ортақ еселікке тең болса, қозғалыстағы нүкте қайтадан едәуір күрделі Лиссажу пішіндерін сыза бастайды.



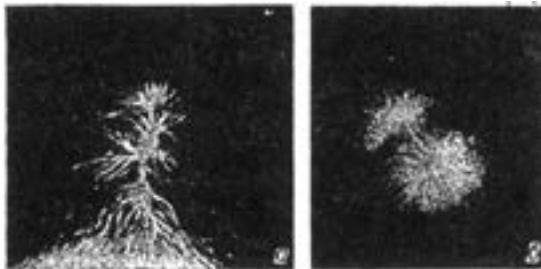
Периодтары әр қилы қатынастар (1:1, 1:2, т.б.) және әртүрлі фазалар кезіндегі Лиссажу пішіндерінің (фигураларының) түрлері

Егер екі жұп бұру пластинкаларына бірдей немесе периодқа еселік болатын айнымалы кернеу түсірілсе Лиссажу пішіндерін, мысалы, электронды-сәулелік осциллографтың экранынан байқауға болады.

Лиссажу пішіндерін байқау – тербелістердің периодтарының және фазаларының арасындағы қатынастарды, сондай-ақ тербелістер пішіндерін зерттеудің ыңғайлы әдісі болады.

ЛИТР (грекше «литра – салмақ бірлігі») (l, l) – метрлік жүйедегі көлемнің және сыйымдылықтың өлшеуіші; $1 \text{ л} = 1 \text{ дм}^3 = 0,001 \text{ м}^3 = 1000 \text{ см}^3$, яғни 1000 мл.

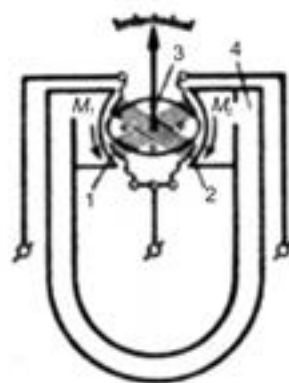
ЛИХТЕНБЕРГ ПІШІНДЕРІ – диэлектриктің және газдың разрядтық аралығындағы ажыратылу шекарасында пайда болатын сырғымалы ұшқындық разряд кезінде қатты диэлектриктің бетінде жайылып жататын **ұшқындық арналардың** таралу суреттері. 1777 жылы неміс физигі Г.К.Лихтенберг алғаш рет байқаған. Күшті разрядтағы ұшқындық разрядтық арналарда жоғары қысым мен температура диэлектриктің бетінде Лихтенберг пішіндерін түсіріп **деформациялайды**. Лихтенберг пішіндерін әлсіз разряд кезінде диэлектриктің бетіне арнайы ұнтақ сеуіп немесе разряд кезінде диэлектрик қабаттың астына салынған фотопластинканы айғақтап көрінетін кескін шығаруға



Лихтенберг пішіндері: а – оң сырғымалы разряд кезіндегі; б – теріс сырғымалы разряд кезіндегі

болады. Лихтенберг пішіндері *анод* пен *катод* аймағында жақсы көрінеді, сол себепті ұшқындық арнаның (разрядтың полярлығын) бұлардың қай электродынан таралып тұрғанын анықтауға болады. Лихтенберг пішіндері арнайы құрылғыларда *найзағай* разрядының полярлығын және күшін анықтау үшін пайдаланылады.

ЛОГОМЕТР [грекше «логос – сөз», мұнда бұл сөз «ара қатынас» мағынасында + «метрео – өлшеймін»] – қозғалмалы (бұрылу бұрышы) бөлігі салыстырылатын екі электр ток күшінің қатынасына пропорционал электрөлшегіш механизм. Магнитэлектрлік, электрдинамикалық, ферродинамикалық, электрмагниттік жүйелі логометрлер қолданылады. Сызбада магнитэлектрлік логометрдің құрылысы көрсетілген; көрсеткіш стрелка бекітілген қозғалмалы бөлікке (3) айналдырғыш момент әсер етеді, оның шамасы M_1 және M_2 моменттерінің айырымына тең, бұл момент қозғалмалы бөлікке қатаң бекітілген жақтаулар (1 мен 2) арқылы өтетін токтардың өзара әсерлесуінен пайда болады, 1 және 2 жақтауларға тұрақты магниттің (4) өрісі әсер етеді. Жақтаулар (1 және 2) сыртқы электр тізбегімен моментсіз ток әкелушімен байланысқан. Жақтаулар бұрылған кезде моменттердің біреуі кемитін, екіншісі артатын болады. $M_1 = M_2$ болған кезде тепе-теңдік орнайды, қозғалмалы бөліктің бұрылу бұрышы бойынша логометрдің жоқтауларынан өтетін токтардың қатынасы туралы пікір айтуға болады.



Логометр электр тогы күштерінің қатынасын тікелей өлшеу аспабы ретінде пайдаланылумен қатар электр тізбектерінің әрекетсіз (пассивті) параметрлерін (кедергіні, сыйымдылықты, индуктивтілікті) өлшеуге арналған аспаптардың негізгі құрама бөлігі ретінде де, сондай-ақ электрлік емес шамаларды электрлік әдістермен (деңгей өлшегіш, шығын өлшегіш, т.б.) өлшеу үшін де қолданыс тапқан.

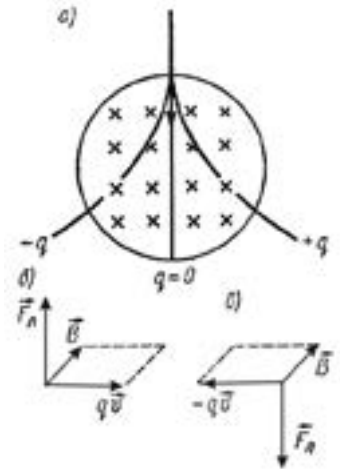
ЛОКАЛДАУ [(латынша «локилис - жергілікті») – белгілі бір орынға тән ету, әсер аймағын шектеу, кез келген құбылысты немесе үрдісті (процесті) тарату (мысалы, өртті локалдау – өртті сөндіру)].

ЛОКАЛДЫ ӨЗАРАӘСЕРЛЕСУ – бір өрістің (v) кеңістіктік – уақыттың x нүктесіндегі тәртібін әлгі нүктенің өзге өрісінің (u) (оның туындысының шекті санымен) мәнімен анықталуы кезіндегі өрістер арасындағы өзараәсерлесу. Локалды өзараәсерлесудің мысалына x нүктесіндегі электронның тәртібі әлгі нүктедегі электрмагниттік өрістің потенциалымен анықталатын электрдинамиканы жатқызуға болады.

ЛОКАТОР (латынша «локаре – кедергі келтіру, орналастыру») – оптикалық, дыбыстық немесе радио арқылы нысанның орнын анықтауды жүзеге асыратын құрылғы.

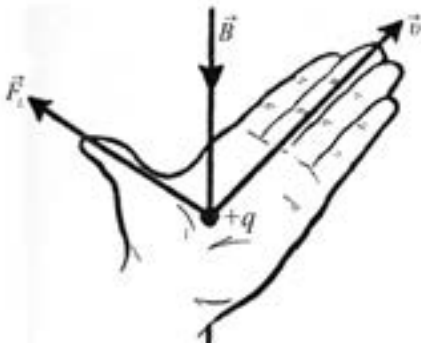
ЛОКАЦИЯ (латынша «локацио – орналастыру», «локус – орын»), дыбыстық – нысан (объект) тудыратын дыбыстық өріс (пассивті локация) немесе арнайы құрылғы тудыратын (активті локация) нысаннан шағылысқан дыбыс бойынша нысан орналасқан бағытты және оған дейінгі ара қашықтықты анықтау.

ЛОРЕНЦ КҮШІ – электрмагниттік өрісте қозғалатын зарядты бөлшекке әсер ететін күш. Оң және теріс зарядталған бөлшектер магнит өрісінде қозғалатын болса, олар бірінен-бірі қарама-қарсы жаққа ауытқитын болады (*сызбаға қараңыз*). Егер бөлшектер сызба жазықтығында жоғарыдан төмен қарай қозғалатын болса (*a*-жағдай) және сызбадағы сызылған дөңгелектің жазықтығына перпендикуляр бізден қарама-қарсы бағытқа бағытталған магнит өрісінде қозғалатын болса, оң зарядталған бөлшек оңға қарай, теріс зарядталған бөлшек – сол жаққа қарай бұрылады, ал бейтарап (зарядталмаған) бөлшек ешқайда бұрылмастан түзу бағытта өтетін болады. Сондықтан бөлшектердің магнит өрісіндегі ауытқулары бойынша олардың зарядтарының таңбасын анықтау мүмкін болады. Ғарыштық сәулелерді осындай әдіспен зерттеу бойынша 1932 жылы массасы электронның массасына тең, бірақ электронның зарядына тең оң зарядталған бөлшек – *позитрон* ашылған.



Лоренц күші

Магнит өрісінде қозғалатын зарядталған бөлшекке әсер ететін күш **Лоренц күші** деп аталған. Сызбадағы *b*- және *в*-жағдайларда *+q* және *-q* зарядталған әсер ететін



Сол қол ережесі арқылы Лоренц күшін анықтау

Лоренц күштерінің бағыттары (F_n) көрсетілген. Осы күшке арналатын формуланы алғаш рет голланд физигі Хендрик **Лоренц** (1853 – 1928) ғылыми-тәжірибелердің нәтижелері бойынша қорытып шығарған: $\mathbf{F} = e\mathbf{E} + e/c [\mathbf{v} \times \mathbf{B}]$, мұндағы e – бөлшек заряды, \mathbf{E} – электр өрісінің кернеулігі, \mathbf{B} – магниттік индукция, \mathbf{v} – координат жүйесіне қатысты бөлшектің жылдамдығы. Бұл формула зарядталған бөлшектің кез келген мәндеріне тура болады;

бұл формула электрдинамиканың электромагниттік өріс формуласын зарядты бөлшектің формуласымен байланыстыратын маңызды қатынасы болып табылады.

Формуладағы бірінші мүше ($e\mathbf{E}$) (оң жақтағы) электр өрісіндегі зарядты бөлшекке әсер етуші күш, екінші мүше – магниттің әсер етуші күші. Лоренц күшінің магниттік бөлігі ($\sim [\mathbf{v}\mathbf{B}]$) $\mathbf{v}\perp\mathbf{B}$ болғандықтан жұмыс істемейді, тек бөлшектің траекториясын қисайтатын болады (бөлшектің энергиясын өзгертпейді).

Магнит өрісінің қозғалыстағы зарядты бөлшекке тигізетін ықпалы тоқты өткізгіштің көлденең қимасы бойынша қайтадан үлестіруге әкеп соғады, бұл жайт әртүрлі **термомагниттік** және **гальванимагниттік** құбылыстарда білінетін болады.

Лоренц күші векторының F_L бағыты *сол қол ережесі* бойынша анықталады. Ток бағыты ретінде оң зарядтың ($+q$) жылдамдық векторының (\mathbf{v}) бағытын алу керек (F_L – Лоренц күшінің векторы, \mathbf{B} – магниттік индукция векторы) теріс зарядтың қозғалысы жағдайында төрт саусақты жылдамдық векторының бағытына қарама-қарсы ұстау керек.

ЛОРЕНЦ – МАКСВЕЛЛ ТЕНДЕУЛЕРІ, Лоренц теңдеулері – жекелеген зарядты бөлшектер тудыратын классикалық электрдинамиканың іргелі теңдеулері. Бұл теңдеулерді XIX ғасырдың соңында XX ғасырдың басында нидерланд физигі Хендрик **Лоренц** (1853 – 1928) тұжырымдаған электрондық теорияның (микроскопиялық электрдинамиканың) негізіне алынған. Осы теорияда зат (орта) электрлік вакуумда қозғалатын зарядты бөлшектердің (электрондардың және атом ядроларының) жиынтығы ретінде қарастырылған. Лоренц-Максвелл теңдеулерінде электромагниттік өріс екі вектормен: микроскопиялық өрістердің кернеуліктерімен – электрлік (\mathbf{e}) және магниттік (\mathbf{h}) кернеуліктермен сипатталады. Электрондық теориядағы бүкіл электр токтары *конвекциялы токтар*, яғни зарядты бөлшектердің қозғалысынан туындаған. Токтың тығыздығы $\mathbf{j}=\rho\mathbf{v}$, мұндағы ρ – зарядтың тығыздығы, \mathbf{v} – зарядтың жылдамдығы.

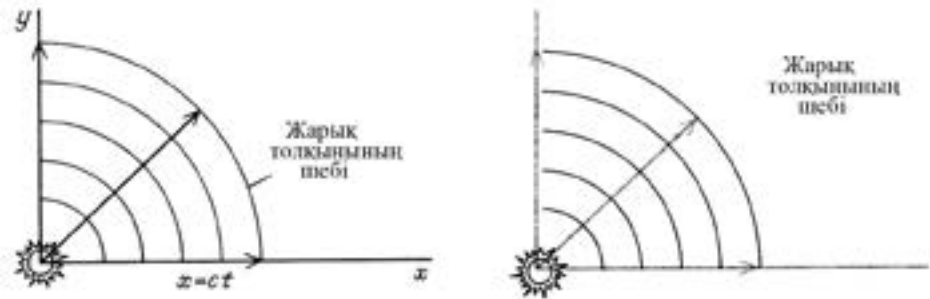
Лоренц-Максвелл теңдеулері классикалық макроскопиялық Максвелл теңдеулерін жалпылау нәтижесінде шығарылған. Электрондық теория бойынша Лоренц-Максвелл теңдеулері кеңістіктің (оның ішінде атомаралық және атомішілік өрістер, қарапайым бөлшектер ішіндегі өрістер де бар) кез келген нүктесінде өрісті кез келген уақыт (t) сәтінде дәл сипаттайды. Вакуумда бұл теңдеулер Максвелл теңдеулерімен дәл үйлеседі.

Классикалық электрондық теорияның заңдары өте кіші кеңістіктік-уақыттық аралықтарда орындалмайтын болады. Бұл жағдайда электромагниттік үрдістердің (процестердің) кванттық теориясы – кванттық электрдинамика заңдары тура

болады. Электрмагниттік үрдістер теориясын кванттық жалпылауға арналған негіз – Лоренц-Максвелл теңдеулері болып табылады.

ЛОРЕНЦ ТҮРЛЕНДІРУЛЕРІ, дербес салыстырмалық теориясындағы –инерциялық санақ жүйесінен өзге инерциялық санақ жүйесіне ауысу кезінде кез келген оқиғаның координаттары мен уақытты түрлендіру. Бұл формуланы 1904 жылы алғаш болып голланд физигі Хендрик **Лоренц** (1853 – 1928) классикалық макрокопиялық электрдинамика теңдеулері түрлерін сақтайтын түрлендірулері ретінде қорытып шығарған. Бұл теңдеулерді 1905 жылы көрнекті теорияшыл физик Альберт **Эйнштейн** (1879 – 1955) дербес салыстырмалық теорияның негізін құрайтын: бүкіл инерциялық санақ жүйелерінің бірдей болатыны және вакуумда жарықтың таралу жылдамдығының жарық көзінің қозғалысына тәуелсіз екені жайындағы постулаттар негізінде қорытып шығарған.

Лоренцтің түрлендірулері біріне-бірі қатысты салыстырмалы ϑ жылдамдықпен қозғалатын екі бақылаушы өлшеген уақыт пен координаттар арасындағы байланысты анықтайды. Бұл байланыс теңдеу түрінде былай өрнектелген:



$$x' = \gamma(x - vt) = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}},$$

$$t' = \gamma\left(t - \frac{v}{c^2}x\right) = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}},$$

$$x = \gamma(x' + vt') = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}},$$

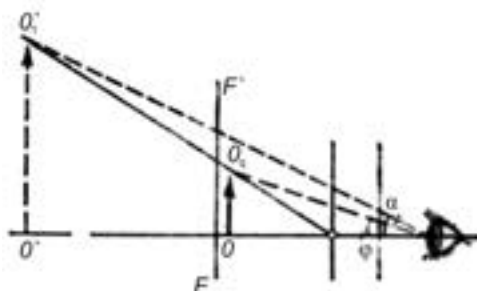
$$t = \gamma\left(t' - \frac{v}{c^2}x'\right) = \frac{t' - vx'/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}},$$

мұндағы x' және x ; және y' және y , z' және z координаттар осьтері, c – вакуумдағы жарық жылдамдығы. Штрихпен белгіленген координаттар бір бақылаушыға, ал штрихсыз координаттар екінші бақылаушыға тән. Осы жоғарыдағы түрлендірулердің классикалық түрлендіруінің түрі мыналарға сәйкес болады: $x' = x + \vartheta t$, $t' = t$. Егер дененің штрихсыз санақ жүйесіндегі координаты $x = x_0$ болса, онда штрихталған санақ жүйесіндегі координаты $x' = x_0 + \vartheta t$, яғни оңға қарай ϑ жылдамдықпен қозғалатын жүйені өрнектейтін болады. Жоғарыда жазылған формулалар, егер екі бақылаушы үшін жарық жылдамдығы бірдей болатын жағдайда ғана тұрса болады. Жарық жылдамдығынан әлдеқайда аз жылдамдықпен ($\vartheta \ll c$)

козғалған дене үшін, Лоренц түрлендірулері Ньютонның классикалық механикасында тура болатын *Галилей түрлендірулеріне* ауысады.

ЛОШМИДТ ТҰРАҚТЫСЫ, Лошмидт саны – қалыпты жағдайлар кезіндегі *идеал газ* күйіндегі заттың 1 см^3 (1 текше см) көлемдегі молекулалар саны. Лошмидт тұрақтысы $N_A = N_A/V_m$, мұндағы N_A – *Авогадро тұрақтысы*, V_m – қалыпты жағдайлардағы 1 моль идеал газдың көлемі, ол $(22413,83 \pm 0,70) \text{ см}^3$ -ге тең. Австриялық физик Иоганн **Лошмидтің** (1821 – 1895) құрметіне аталған. Іс жүзінде қолданбалық есептеулерде $N_A = 2,68 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Шетел әдебиеттерінде **Лошмид тұрақтысы** деп кейде **1 моль заттағы молекула саны** айтылады, яғни **Авогадро тұрақтысы Лошмид саны** деп аталған.

ЛУПА (француз сөзі) – көзбен айқын көрінбейтін ұсақ нысандарды (объектілерді) бақылауға арналған оптикалық линза (құрылғы). Бақыланатын нәрсе (OO_1) (сызба) лупаның фокус аралығынан сәл ғана кем қашықтыққа (FF' – фокустық жазықтыққа) орналастырылады. Бұл жағдайда линза нәрсенің тура ұлғайтылған және жорымал кескінін көрсетеді. Нәрседен шыққан сәулелер линзадан өткен соң, көздің қарашығынан сынып өтіп көздің жарық сезгіш қабатына түседі. Сәулелер көзге лупа жоқ кездегіге (φ бұрышқа) қарағанда үлкен бұрышпен (α) түседі. Лупа осылайша кіші нәрселерді ұлғайтып көрсетеді.



Лупаның оптикалық жүйесінің сұлбасы

ЛЮКС (латынша «луks – жарық») ($лк, lk$) – жарықталудың Халықаралық бірліктер жүйесіндегі бірлігі: $1лк$ – 1 м^2 аудан бетіне 1 люменге тең жарық ағыны түсетін жарықталуға тең. $1лк = 10^{-4} \text{ фот}$.

ЛЮКСМЕТР (латынша «луks – жарық» + грекше «метрео – өлшеймін») – жарықталуды өлшеуге арналған аспап, *фотометрлердің* бір түрі. Қарапайым люксметр фотоқабылдағыштан, фототок тіркеуіштен және қоректендіру көзінен құралған.

ЛЮМЕН (латынша «лумен – жарық») ($лм, lm$) – жарық ағынының Халықаралық бірліктер жүйесіндегі бірлігі. $лм$ (орысша) не lm . 1 люмен – жарық күші 1 канделаға тең нүктелік жарық көзінің 1 стерадиан денелік бұрыш ішінде тарататын жарық ағыны.

ЛЮМИНЕСЦЕНТТІК ТАЛДАУ (латынша «лумен (луминис) – жарық» + «ескент – әлсіз») – әртүрлі нысандарды (объектілерді) олардың *люминесценция-*

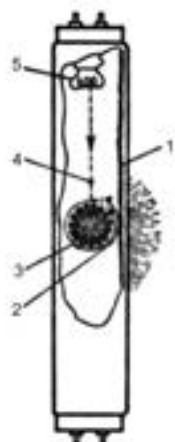
сын бақылай отырып зерттеу әдісі. Люминесценттік талдау кезінде зерттелетін нысандардың меншікті жарқырауы (мысалы, зерттелетін газдың буы) не зерттелетін нысанды өңдейтін арнайы люминофорлардың жарқырауы бақыланады. Көбінесе нысанның фотолюминесценциясы қоздырылады, бірақ кейбір жағдайларда люминесценттік талдау үшін *катодтық люминесценция*, **радиолюминесценция** және **хемилюминесценция** қолданылады. Фотоқоздыру әдетте кварцты-сынапты, ксенонды шамдар, электрлік ұшқындар, *лазерлік сәулелер* арқылы жүзеге асырылады. Люминесценция әдетте визуальды түрде не фотоэлектрондық аспаптар арқылы тіркеледі.

Сан жүзіндегі және сапалық химиялық талдау кезінде, көбінесе заттың дербес жарқырауы тіркеледі. Сан жүзіндегі талдаудың сезгіштігі өте жоғары болады, 10^{-10} г/см³-ге дейін жетеді. Осы жайт бұл талдауды заттардың тазалығын бақылауға мүмкіндік береді. Газды лазердің сәулесімен жекелеген изотоптардың люминесценциясын қоздырып изотоптық люминесценциялық талдау жасауға болады.

Сорттылық (сұрыптылық) люминесценциялық талдау люминесценциялық сипаты бойынша бірдей болып көрінетін заттарды ажырата алады. Бұл талдау ауру түрлеріне диагноз қоюға (айғақтауға) (мысалы, адам ағзасының ұлпасы бойынша, микроспоруммен зақымдалуды ультракүлгін сәуленің жарқырау әсері бойынша айғақтайды), т.б. мақсаттарға қолданылады.

Люминесценциялық талдау криминалистикада (құжаттардың түпнұсқалығын анықтау, улы заттардың іздерін табуға, т.т.с.), қайта қалпына келтіру жұмыстарда, дефектоскопияда және гигиенада (азық-түліктердің, ауыз судың, ауадағы қауіпті заттардың қоспаларын, сапасын анықтауда) қолдау тапқан.

ЛЮМИНЕСЦЕНТТІК ШАМ – доғалық разрядтың ультракүлгін сәулесін люминофорлар арқылы ұзын толқында (көрінетін) сәулеге түрлендірілетін төменгі қысымды газ-разрядтық жарық көзі. Разряд пайда болған кезде буланатын біраз мөлшерлі сынапты және оның атомдарын қоздыруды жақсартатын инертті газ (мысалы, аргон) қосылған люминесценттік шам көп таралған. Бұл шамдар көбінесе цилиндр пішінді әйнек қабатпен қоршалып жасалады. Әйнек қабаттың ішкі бетіне люминофор қабаты жалатылған. Ұзын әйнек қоршама қабаттың ішкі жағындағы



Люминесценттік шамның сұлбалық кескіні: 1 – люминофор қабаты; 2 – ультракүлгін сәуле; 3 – сынап атомдары; 4 – электрод; 5 – электрод

екі ұшына вольфрам электродтар дәнекерленген. Шамды айнымалы ток көзіне қосқанда электродтар аралығында сынап атомдарын қоздырып сәуле шығаратын электр разряды (ток күші А-дің ондық үлесіндей шамада болады) пайда болады.

ЛЮМИНЕСЦЕНТТІК ЭКРАН (французша «экран – керме, шымылдық, қалқа») – люминофорлар пайдаланылған, электромагниттік сәулелерді немесе корпускулалық шоқтарды көрінетін кескінге түрлендіретін, соңынан оны тіркеп (жазып) (әдетте 10^{-3} – 10^3 секунд) алуға арналған құрылғы. 10^2 – 10^5 эВ энергиялы электрондық шоқтармен қоздырылатын люминесценттік экрандар жарық көздерінде, индикаторлық, осциллографиялық, жадқа сақтауыш, т.б. электрондық-сәулелік аспаптарда (мұнымен қатар электрондық-сәулелік аспаптардың экрандары ретінде де) қолданылады. Бұл экрандар қабатталған конденсатор түрінде жасалған, жиілігі 50 – 10^4 Гц тұрақты немесе айнымалы электр тогының әсері арқылы сәуле шығарады және қатты денелі индикаторлық құрылғы (рентгендік және гамма-сәулелік индикаторлық құрылғы) болып табылады. Рентгендік және гамма-сәулемен сәулелендіру кезінде кескіннің айқындылығын арттыру үшін күшейткіш рентгендік люминесценттік экран пайдаланылады. Инфрақызыл және аса жоғары жиілікті өрістерді тіркеу үшін термосезгіштік люминесценттік экран қолданылады.

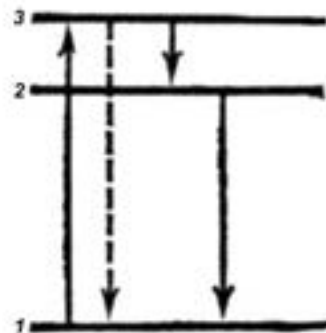
ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ (латынша «лумен, луминис – жарық» + «есцент – әлсіз әсер») – дененің жылулық сәуле шығаруынан артық болып табылатын және жарық тербелістерінің периодынан едәуір ұзақ уақытқа созылатын сәуле шығару. Анықтаманың алғашқы бөлігі люминесценцияны жылулық тепе-теңдік сәуле шығарудан ажыратқан және «люминесценция» ұғымының тек тепе-теңдік күйдің маңындағы атомдар (молекулалар) жиынтығына ғана қолданылады, себебі тепе-теңдіктен едәуір ауытқыған күйде **жылулық сәуле шығару** туралы, яғни люминесценция туралы сөз етудің мағынасы болмайды. Спектрдің көрінетін аймағындағы жылулық сәуле шығару дененің температурасы бірнеше жүз немесе мыңдаған градусқа жеткенде ғана байқалады, ал **дене кез келген температурада люминесценттік сәуле шығара алады**, сондықтан люминесценцияны көбіне салқын (суық) сәуле шығару деп атайды.

Анықтаманың екінші бөлігін (ұзақтық белгісін) кеңес физигі Сергей **Вавилов** (1891 – 1951) енгізген. Ондағы мақсат люминесценцияны өзгедей жарықтың шашырауынан, жарықтың шағылысуынан, жарықтың параметрлік түрлендірулерінен, **тежеулік сәуле шығару** және *Черенков-Вавилов сәуле* шығаруынан ажырату болған. Люминесценцияның өзгедей шашыратылулардан айырмашылығы онда сәуленің жұтылуы мен сәуле шығаруының арасында аралық үрдістер (про-

цестер) өтеді, бұлардың ұзақтығы жарық толқынының периодынан артық. Осының нәтижесінде люминесценция кезінде жарықтың жұтылу және шығарылу тербелістерінің фазаларының арасындағы корреляция (өзара байланыс) жойылады. Люминесценциялық сәуле шығару жақын, ультракүлгін және инфрақызыл сәулелер диапазондарында жатады. Табиғи люминесценциялық құбылыстар – *поляр шұғыласы*, кейбір жәндіктердің, минералдардың, ағаш шіріктерінің жарық ы ежелден-ақ белгілі болған, бұл құбылысты жүйелі түрде зерттеу ХІХ ғасырдан басталған.

Люминесценцияны қоздырылу типіне, энергияны түрлендіру әдісіне, жарқыраудың уақытша сипаты бойынша топтауға болады. Қоздырылу түрі бойынша люминесценция фотолюминесценцияға (жарықпен қоздырылу), радиолюминесценцияға [өтімді радиациямен қоздыруға [бұған рентген-люминесценция, катодтық люминесценция, ионлюминесценция, α -люминесценция (электр өрісімен қоздыру), электрлюминесценция, триболлюминесценция (механикалық әдіспен қоздыру), хемилюминесценцияларға (химиялық реакция кезінде пайда болады) жатады] ажыратылған. Жарқырау ұзақтығы бойынша флуоресценцияға (тез сөнетін люминесценция) және фосфоресценцияға (ұзақ уақыт жарқырайтын люминесценция) топталған. Пайда болу ерекшелігі бойынша резонанстық, өздік, еріксіз және рекомбинациялық люминесценцияға бөлінген. Осы топтау шартты түрдегі топтау, себебі қатаң түрде белгілі бір уақытша шекараны көрсетуге болмайды. Ол тіркеуші аспаптардың ажыратқыштық қасиетіне тәуелді.

Люминесценцияның қарапайым актісі атомның (молекуланың) негізгі энергия деңгейінен (1) (1-сызба) қозған деңгейге (3) ауысуына байланысты энергияның жұтылуынан, сәуле шығарусыз ауысудан $3 \rightarrow 2$ және сәуле шығару $2 \rightarrow 1$ ауысуынан түзілген. Атомдық жұптарда (Hg, Cg, Na т.б.) люминесценциялық сәуленің тікелей $3 \rightarrow 1$ ауысуы кезінде (резонанстық, люминесценция) шығуы мүмкін. $3 \rightarrow 2$ ауысу ықтималдығы тура ауысумен $3 \rightarrow 1$ салыстырғанда жиірек болады. 2-деңгей әдетте жұту деңгейінен (3) төмен орналасады, **қоздыру энергиясының** бір бөлігі атомдар тербелісінің энергиясына (жылуға ауысады) жұмсалып кемиді және люминесценцияның жарық кванты стокстық люминесценцияның жарықты



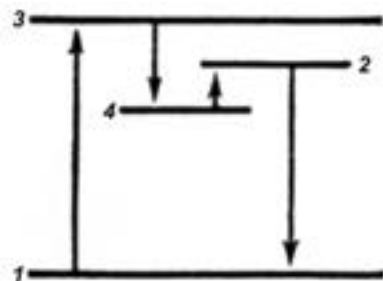
1-сызба. Қарапайым люминесценция кезіндегі кванттық ауысулардың сұлбасы: 1 – энергияның негізгі деңгейі; 2 – сәуле шығару деңгейі; 3 – қоздыру деңгейі. Үзік сызықпен резонанстық люминесценцияға сәйкес келетін кванттық ауысу көрсетілген.

қоздырушы квантымен салыстырғанда аз энергиялы болады. Бірақ та көптеген жағдайларда антистокстық люминесценция сырттан молекуланың тербелмелі энергиясын жұту есебінен сәуле шығарушы (2) деңгейден салыстырмалы едәуір жоғары деңгейге (3) ауысады. Антистокстық люминесценция кезіндегі квант шығаратын энергия квантты қоздыратын энергиядан артық, оның қарқындылығы аз.

2-деңгей қоздыру энергиясын жұтқан атомға (молекулаға) да өзге атомға да жатады, тиесілі болуы мүмкін (мұндай атом люминесценцияның орталығы, ал ауысу орталық ішілік ауысуы деп аталған). Алғашқы жағдайда люминесценция **өздік люминесценция** деп аталған.

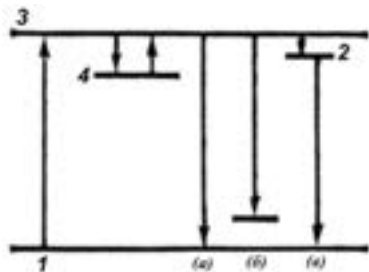
Люминесценцияның осы түрі **резонанстық** люминесценция ретінде будың және ерітінділердің атомдары мен молекулалары, сондай-ақ кристалдардағы қоспаланған атомдар үшін тән сипат. Кейбір жағдайларда атом (молекула) сәуле шығарудың 2-деңгейіне ауысудың алдында аралық **метатұрақты деңгейде** (4) және 2-деңгейге ауысу үшін оған қосымша энергия, мысалы, жылулық қозғалыстың немесе жарықтың энергиясын беру керек. Осындай үрдіс (процесс) кезінде пайда болатын люминесценция – **метатұрақты люминесценция** деп аталған.

Әртүрлі заттардағы люминесценциялар бірінен-бірі бөлшектердің жұту деңгейінен (3) сәуле шығару деңгейіне (2) ауысу ерекшеліктері бойынша өзгешеленген. Энергияның өзге атомдарға (молекулаларға) берілуі электрондардың электрондық-иондық соқтығысулары кезінде, қоздырылған атомның қоздырылмаған атомға тікелей соқтығысулары, иондалу үрдістері (процестері) кезіндегі **рекомбинация** немесе алмасу тәсілімен жүзеге асырылады. Газдардағы атомдардың шоғырлануының (концентрациясының) аз болуы себепті энергияның **резонанстық** және алмасу арқылы берілуінің маңызы аз. Қоздыру энергиясы ядролардың тербелістері арқылы берілуі мүмкін **конденсацияланған орталарда** болады. Ең соңында, кристалдағы энергияның **өткізгіштік электрондар, кемтік** пен электрондық-кемтіктік жұптар (**экситондар**) арқылы берілуінің маңызы зор. Егер энергияның берілуінің соңғы актісі рекомбинация (бөлшектердің қалпына келуі, мысалы, электрондар мен иондардың немесе электрондар мен кемтіктердің) болса, онда осы үрдісті сүйемелдеуші люминесценция – **рекомбинациялық люминесценция** деп аталған.



2-сызба. Метатұрақты люминесценция кезіндегі кванттық-ауысулар сұлбасы: 1, 2, 3 – деңгейлер; 4 – метатұрақты деңгей

Люминесценциялық сәуле шығару қасиеті бар заттар *люминофорлар* деп аталған, бұлардың дискретті энергетикалық спектрлері болуы қажет. Үздіксіз энергетикалық спектрі болатын (мысалы, металдар) заттар люминесценцияланбайды: оларды қоздыру энергиясы үздіксіз түрде жылуға айналатын (ауысатын) болады.



3-сызба. Кристаллфосфорлы люминесценция кезіндегі кванттық ауысулардың сызбасы: 1 – валенттік зона; 3 – өткізгіштік зона. 1→3 ауысу қоздыру энергиясының жұтылуына сәйкес келеді; 3→4 және 4→3 метатұрақты деңгейдің (4-тұтқышпен) электронды қармау және босату ауысуларына сәйкес болады, а – ауысу зонааралық люминесценцияға, б – орталықтың люминесценциясына, в – ауысу экситондық люминесценцияға (2-экситон энергиясының деңгейі) сәйкес келеді

Люминесценцияның екінші қажетті шарты – сәуле шығару ауысуының ықтималдығы сәуле шығарусыз ауысу ықтималдығынан артық болуы керек. Сәуле шығарусыз ауысу ықтималдығының артуы люминесценцияны сөндіруге әкеп соқтырады. Осы ықтималдық көптеген факторларға тәуелді мысалы, температура жоғарылаған кезде (температуралық сөндіру), люминесценцияланушы молекулалардың (концентрациялық сөндіру) немесе қоспалардың (қоспалық сөндіру шоғырлануларының концентрациялары) артқанда байқалады. Сонымен, люминесценцияның сөндірілуі люминесценцияланатын заттың табиғатына және оның фазалық күйіне, сыртқы жағдайларға тәуелді. Төменгі қысым кезінде жарықтың газ-разрядтық көздерінде, люминесценциялық шамдарда және газдық лазерлерде пайдаланылатын металдардың

және газдардың булары люминесценцияланады. Сұйық орталардағы люминесценция негізінен органикалық заттардың ерітінділеріне тән.

Люминесценцияланатын кристалдар – кристаллфосфорлар деп аталған, бұлардың люминесценциясының жарықтылығы олардың құрамындағы қоспаларға (активаторлар деп аталған), жұтылу деңгейлері болатын энергия деңгейлеріне, аралық немесе сәуле шығару деңгейлеріне тәуелді. Осы деңгейлер ретінде валенттік зона мен өткізгіштік зона пайдаланылған.

Кристаллфосфорлардағы жүйелерді жарықпен, электр тогымен немесе бөлшектер шоқтарымен қоздыру еркін электрондарды, кемтіктер мен экситондарды тудыра алады (3-сызба). Электрондар торлар бойынша орын ауыстыра жүріп «қақпанға» (4) шөгеді. Кемтігі бар еркін электрондардың рекомбинациясы (қайта комбинациясы) кезінде пайда болатын люминесценция – зонааралық немесе шеткері люминесценция деп аталған (3-сызба, а-жағдай). Егер жарықталу

орталығы ұстаған (қоспа атомымен немесе торлар ақауымен) кемтігі бар электрон рекомбинацияланатын болса, орталық люминесценцияланады (3-сызба, б-жағдай). Экситондардың рекомбинациясы кезінде экситондық люминесценция пайда болады (3-сызба, в-жағдай). Полярлану люминесценциясы сәуле шығарушылық және жұтушылық атомдық жүйелердің бағдарлануына және мультиполдігіне байланысты.

Люминесценцияның физикалық параметрлерін зерттей отырып заттардың энергетикалық күйлері, молекулалардың кеңістіктік құрылымы, энергиялардың орын ауыстыру үрдістері (процестері) туралы мәліметтер алынады. Люминесценциялық әдістер **қатты денелер физикасының** маңызды әдістерінің бірі болып табылады. Люминесценция *лазерлердің* әсерлерінің негізіне алынған. *Биолюминесценция* аз деңгейлі клеткаларда өтетін үрдістер туралы ақпараттар алуға мүмкіндік туғызды. Катодлюминесценция осциллографтардың, теледидарлардың, локаторлардың т.б. экрандарының жарықталуының негізіне жатады. Радиолюминесценцияның ядролық физикада маңызы бар (сцинтилляциялық санауыш). Люминесценция дефектоскопияда, **люминесценциялық сырлар өндіруде, жол белгілерін бояу үшін** пайдаланылады.

Адамдарға өте ерте кездерден кейбір жәндіктердің, шіріген ағаштардың және минералдардың жарқырайтыны белгілі болған. Бұл құбылыстар ұзақ уақыт құпия болып келді. Осы құбылыстың люминесценция екендігі белгілі болды. Люминесценциялық сәулені заттардың атомдары, молекулалары және иондары белгілі бір сыртқы ықпалдардың себептерінен өздерінің негізгі энергетикалық төменгі (ВВ) күйлерінен қозып (яғни, қосымша энергия алып) жоғарғы күйге (АА) ауысып, 10^8 секунд уақытта қайтадан бастапқы энергетикалық төменгі күйіне ауысқанда жарық көзі – фотондар шығарады.

Осы люминесценциялық құбылысты сырттай кәдімгі селге ұқсатуға болады. Таулы аймақтағы қар мен мұздықтардың еруінен пайда болатын шағын көл болатынын білеміз. Жаз айларындағы аптап ыстық кезінде (немесе қатты нөсерлі жаңбыр жауғанда) әлгі көлдер суға толып бөгеттерді бұзып төмен қарай лап беріп ағатыны белгілі. Осы мысалдағы көлдің қар мен мұздықтың кенеттен көп еруіне дейінгі су деңгейін атомдардың, молекулалардың энергетикалық негізгі деңгейі, ал көлдің бөгеттің ернеуіне дейін су толған деңгейін атомның, т.б. қозған жоғары деңгей деп қарастыруға болмақ.

ЛЮМИНОФОРЛАР (латынша «лумен – жарық» және грек. «форос – тасушы») – әртүрлі қоздыру әсерлерінің салдарынан люминесценцияланатын қатты және сұйық заттар. Люминофорлар – жұтқан энергиясын жарық энергиясына

түрлендіретін (люминесценциялайтын) қасиеті болатын заттар. Қоздыру типі бойынша люминофорлар **фотолюминофор, рентгенлюминофор, катодлюминофор, электрлюминофорларға** ажыратылады; Химиялық табиғаты бойынша люминофорлар органикалық люминофорлар (органлюминофорлар) және анорганикалық (бейорганикалық) люминофорлар (фосфорлар) болып бөлінеді. Кристалдық құрылымы болатын фосфорлар кристаллфосфорлар деп аталған. Люминофордың жарқырауы оның негізгі затының қасиетіне, сондай-ақ қоспасына (активаторға) да байланысты болады. Активатор негізгі затта (негізде) жарқырау орталықтарын түзеді.

Люминофорлар **әртүрлі энергия түрлерін жарыққа түрлендіру үшін** қолданылады. Қолданылу шарттарына тәуелді люминофорлардың параметрлеріне, қоздыру типіне, қоздыру спектріне (фотолюминофорлар үшін), сәуле шығару спектріне, сәуленің энергетикалық шығуына, уақыттық сипаттамасына (қоздыру уақытына және **соңыра шығатын сәуленің бірден сөнбей біраз уақыттан соң сөну ұзақтығына** белгілі бір талаптар қойылады. Кристаллфосфорларда әр алуан параметрлі люминофор алуға болады.

Әртүрлі фотолюминофордың козу спектрлері ультракүлгін сәуле толқынынан бастап инфрақызыл сәуле толқынына дейінгі аралықты қамтиды. Сәуле шығару спектрі көрінетін, инфрақызыл және ультракүлгін сәуле аймақтарында жатады. Жекеленген люминофорлардың шығаратын сәулесінің **спектрлік жолағының ені мыңдаған ангстремнен бірнеше ангстремге дейін өзгереді** және ол люминофорлар мен активаторлардың шоғырлануына, температураға тәуелді болады.

Люминофорлар сәулесінің шығымы (сәуленің шығуының қоздырылуға қатынасы) қоздыру түріне, оның спектріне (фотолюминесценция кезінде) энергияның жарық энергиясына түрлену тетігіне тәуелді. Ол люминофорлар мен активаторлардың шоғырлануы мен температурасы жоғарылаған кезде күрт төмендейді (люминесценцияның өшуі). Әртүрлі люминофорлар сөндірілген соң жарқырауын кенет тоқтатпай белгілі бір уақыт өткенде сөнуі (яғни соңыра өшуі) **10^{-9} секундтан бірнеше сағатқа дейінгі аралығына созылады.** Соңыра жарқырауы ең қысқа болатын люминофорлар органикалық люминофорлар, ал ең ұзақ жарқырайтын кристаллфосфорлар. Қолданылатын люминофорлардың арасындағы негізгі типтері: кристаллфосфорлар, органикалық люминофорлар, **люминесценцияланатын әйнектер.** Мұның ішінде бәрінен көп таралғаны – кристаллфосфорлар. Люминесценттік шамдарда кристаллфосфорлардың қоспасы немесе бір компоненті ғана қолданылады. Люминофорлар құрамындағы **заттардың жарқырауы күндізгі жарықтың құрамына жақындау бо-**

лып таңдалады. Катодлюминофорлар электрондықсәулелік түтіктердің, осциллографтың, ақ-қара жай және түрлі түсті кинескоптардың, т.б. экрандарын жасау үшін қолданылады.

Органикалық люминофорлар ерітінділерде (флуоресцин, родамин) және қатты күйдегі (пластикалық масса, антрацен, стильбен, т.б.) денелерде люминесценцияланады яғни жарық шығарады. Олар өте күшті жарқырайды әрі шапшаң іске қосылады. Олардың шығаратын люминесценциялық сәулесінің түсі жарықтың көрінетін аймағының бүкіл түстерін шығара алатындай дәрежеде таңдалады. Органикалық люминофорлар сұйық лазерлердің активті бөлігі ретінде де пайдаланылады. Органикалық люминофорлар кристалдары γ -сәулесі мен шапшаң бөлшектерді тіркейтін сцинтилляторлар ретінде қолданылады.

Люминесценцияланушы әйнек әртүрлі құрамды әйнек матрицалар негізінде дайындалады. Әйнекті қайнату кезінде шихтағы (қоспаға) активатор көбінесе сирек кездесетін химиялық элементтердің немесе актиноид қатарының элементтерінің тұздары араластырылады. Бұл әйнектердің мөлдірлігі жоғары, сол себепті олар лазерлік материалдар ретінде де және ультракүлгін сәулелер арқылы алынған кескіндерді көрінетін кескінге айналдыруда пайдаланылады.

ЛЮММЕР-ГЕРКЕ ПЛАСТИНКАСЫ (орысша «пластина – қатты денеден жасалған ені тар жұқа жолақ») – өте жоғары дәрежеде өңделген әйнектен немесе кварцтен жазық-параллель пластина түрінде жасалған көп сәулелі оптикалық *интерферометр*. Пластинканың бетінен тізбектеліп шағылған кезде сәуленің бір бөлігі одан сыртқа шығып кетеді (*сызбаға қараңыз*). Сол себепті параллель сәулелердің шоғының жолына қойылған жинақтаушы линзаның фокустық (тоғысу) жазықтығында интерференцияланатын, біріне-бірі қатысты жүріс айырмашылығы тұрақты болатын әлгі параллель сәулелер шоғы пайда болады. Мұны неміс физиктері **О.Люммер** және **Э.Герке** ойлап тапқан.



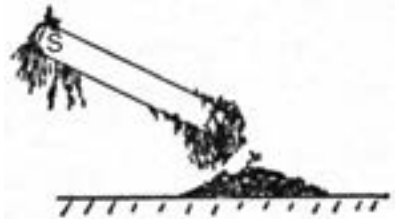
МАГНЕТИЗМ (грекше «магнетис – магнит») – 1) электр токтары арасындағы, электр тогы мен магниттер (магниттік моменті болатын денелер) және магниттер мен магниттер арасындағы өзараәсерлесудің ерекше түрі; 2) физиканың



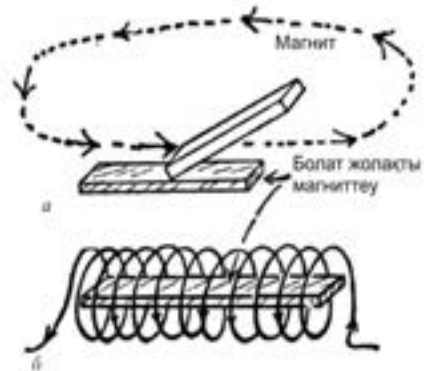
Компас тілі арқылы магнит полюстерін анықтау

осы өзара әсерлесулерін және осы қасиеттер білінетін заттарды (магнетиктерді) зерттейтін саласы. Магнетизмді жалпылама түрде электрлік зарядты қозғалмалы бөлшектер арасында пайда болатын материалдық

өзараәсерлесулердің ерекше түрі ретінде қарастыруға болады. Кеңістіктік-бөлінген денелер арасындағы байланысты іске асыратын магниттік өзараәсерлесудің берілуі магниттік өріс арқылы жүзеге асырылады. Осы өріс электр өрісімен қатар материя қозғалыстарының электрмагниттік түрінің білінуінің біреуі болып табылады. Магниттік және электрлік өрістер арасында толық симметрия жоқ. **Электр өрістерінің көздері электр зарядтары болып табылады**, бірақ табиғаттан осыған ұқсас магниттік зарядтар әзірше байқалған жоқ, солай бола тұрса да ондай зарядтың болатыны туралы болжалдар айтылған-ды. **Магниттік өрістің көзі – қозғалыстағы электр заряды**, яғни электр тогы. Электрондар



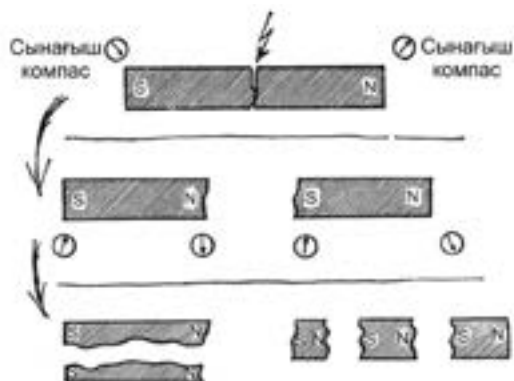
Магнит темір ұнтақтарын тартады



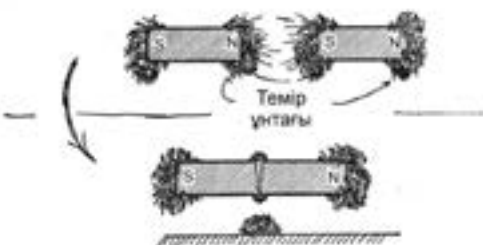
Болат жолақты магниттеу. а – болат жолақтың үстінен магнитті жанастырып өту керек; б – болат жолақты ток өтіп тұрған катушканың ішінде біраз уақыт ұстау шарт

мен нуклондар (протондар, нейтрондар) үшін екі типті микроскопиялық токтар – орбиталық (осы бөлшектердің атомдардағы ауырлық орталықтарының ауысуына байланысты) және спиндік (элігердің ішкері қозғалыстарына байланысты) токтар болады.

Магнитті бөліп жаңа екі магнит жасау

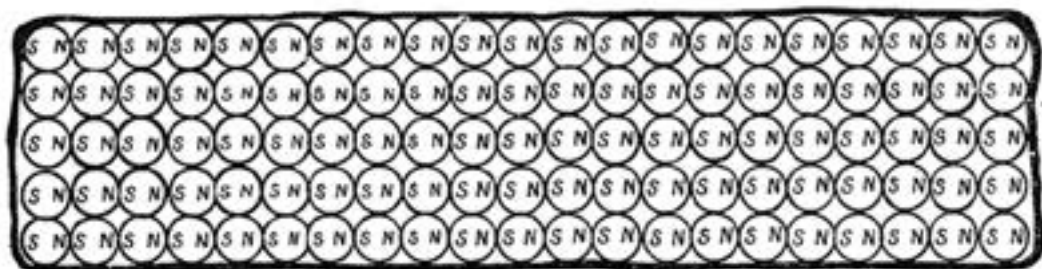


Жаңа екі полюсті бір-біріне түйістіргенде олардан жаңадан тұтас бір магнит пайда болады

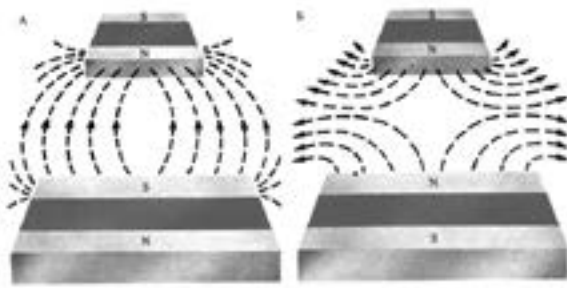


Домендер магниттік бүкіл көлемінде болатындықтан, кез келген магнитті бірнеше бөлікке бөлгенде, осы бөліктердің әрқайсысы «тұтас» магнит болып шығады.

Бөлшектер магнетизмнің мөлшерлік сипаттамасы – олардың орбиталық және спиндік магниттік моменттер болып табылады. Заттардың бүкіл микроқұрылымдық бөліктері – электрондар, протондар және нейтрондар – магниттік моменттерге ие, сол себепті олардың кез келген комбинациясы – атомдардың ядролары және электрондық қабықшалары, сондай-ақ олардың комбинацияларының комбинациялары, яғни атомдар, молекулалар және макроскопиялық денелер магнетизмнің көздері бола алады. Сондықтан барлық заттардың магниттік қасиеттері болады.



Қарапайым магнетиктер туралы болжамдарды көрнекі түсіндіру моделі. Магнитті суретте көрсетілгендей өте ұсақ «қарапайым магнетиктерден» құралған деп елестетуге болады. Магниттік шеткі екі жағындағы магнетиктердің полюстерінен көршілес магнетиктердің полюстері бір-бірін өзара бейтараптандырады. Сол себепті магниттің екі полюсі болады



Магниттелген зат өріс тудырады. Оның күш сызықтары бірлік солтүстік магнит полюсі қозғалатын жол іздерін белгілейтін болады. Екі магниттің арасындағы қағаз параққа себілген темір ұнтақтар магниттердің тартылысы кезіндегі (А) және тебілуі кезіндегі (Б) күш сызықтарын байқатады. Күш сызықтардың бойымен орналастырылған кішкентай компастардың солтүстік полюстері өрістің бағытын (В) көрсетеді.

бағдарлауға әрекеттенеді. Осының нәтижесінде өріске параллел парамагниттік деп аталған *магниттік момент* пайда болады.

Заттардың магниттік қасиеттеріне микробөлшектер мен магниттік моментті тасушылар арасындағы ішкі өзара әсерлесулерде (электрлік және магниттік табиғатты) айтарлықтай ықпал ете алады. Атомдық магниттік моменттері біріне-бірі параллел бағдарланған заттар ферромагнетиктер деп, сәйкес түрде көрші атомдық моменттері антипараллел орналасқан заттар *антиферромагнетиктер* деп аталған. Осындай коллинеарлық ферро- және антиферромагнетиктерден өзгедей атомдық құрылымдар және коллинеарлық емес (винттік, үшбұрышты т.б.) құрылымдар да байқалады.

Көптеген атомдардан құралған заттардың атомдық құрылымдарының күрделілігі бұлардың магниттік қасиеттерінің іс жүзінде шексіз көптігіне әкеп соқтырады. Заттардың магниттік қасиеттерін қарастырған кезде олар үшін жалпылама «магнетиктер» деген атау қолданылған. Заттардың магниттік қасиеттері мен олардың магниттік емес қасиеттерінің (электрлік, механикалық, оптикалық т.б.) өзара байланысын микробөлшектер мен макроскопиялық өлшемді денелердің ішкі құрылымдары туралы ақпараттар көзі ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Қарапайым бөлшектердің магнетизмінен бастап ғарыштық денелердің (Жердің, Күннің және жұлдыздардың) магнетизміне дейін созылып жатқан магниттік құбылыстардың диапазондары магнетизмге өзгедей көптеген ғылымдардың

Сыртқы магнит өрісінің заттарға әсер етуші екі негізгі эффектiсi белгiлi. Бiрiншiден, Фарадейдiң электрмагниттiк индукциясына сәйкес сыртқы магнит өрiсi әрқашан бастапқы өрiске қарсы бағытталған **индукциялық ток** тудырады.

Сондықтан заттардың сыртқы өрiс тудыратын магниттiк моментi әрқашан сыртқы өрiске қарама-қарсы бағытталады. Екiншiден, егер атомның нөлден өзге магниттiк өрiсi болатын болса (спиндiк, орбиталық немесе және басқа), онда сыртқа өрiс оны өзiнiң бағыты бойынша

(физиканың, астрофизиканың, химияның, биологияның т.б.) тарапынан және оның техникада кең қолдау табуы жан-жақты қызығушылық тудыруда.

Заттардың магниттік қасиеттерінің макроскопиялық сипаттамасы әдетте өрістің электрмагниттік теориясында (мысалы, *Максвелл теңдеулерінде*) тұжырымдалған.

Классикалық статистикалық физиканың жалпылама ережелерінен электрондық жүйенің *термодинамикалық* тұрақты магниттік моменті болмақ емес, бұл жайт тәжірибелерге қайшы келеді. Атомның орнықтылығын түсіндірген кванттық механика атомдар мен макроскопиялық денелердің магнетизміне де түсініктеме тұжырымдады. Атомдар мен молекулалардың магнетизмі бұлардың электрондарының **спиндік магниттік моменттеріне** және электрондардың атомдар мен молекулалардың атомдық қабықшаларындағы (орбиталық магнетизм деп аталған) қозғалыстарына, ядро нуклондарының спиндік және орбиталық магнетизмдеріне тәуелді пайда болған. *Инертті газдардың* (гелий, аргон, неон т.б.) атомдарының электрондық қабықшалары магниттік бейтарап (олардың магниттік моменттерінің қосындысы нөлге тең). Инертті газдар сыртқы магнит өрісінде **ди а м а г н и т т і к** қасиетке ие. Сілтілік металдардың (литий, натрий, калий т.б.) электрондық қабықшалары тек валенттік электронның спиндік магниттік моментіне ие, бұл атомдардың орбиталық магниттік моменттері нөлге тең. Осының нәтижесінде сілтілік металдардың атомдары **парамагнитті** болады.

Заттардың магниттік қасиеттері атомдық магнетизмнің тасушыларының табиғатымен және олардың өзараәсерлерінің сипатымен анықталады. Тіптен бір химиялық құрам сыртқы жағдайларға тәуелді түрде кристалдық немесе фазалық құрылымды (мысалы, қорытпалардағы атомдардың реттілігінің дәрежесі) бола тұра әртүрлі магниттік қасиетке ие болады. Мысалы, кристалдық күйдегі Fe, Co және Ni белгілі бір температурадан төменгі (Кюри нүктесінен) температурада ферромагнетик қасиетке ие, Кюри нүктесінен жоғары температурада олар парамагнетиктік қасиетті болады. Осындай қасиет антиферромагнетиктерде де байқалады, бұлардың кризистік температурасы Неель нүктесі деп аталған. Кейбір сирек металдарда ферро- және парамагнетиктік температуралы аймақтарда антиферромагнетиктік аймақ болады.

Кванттық механика бойынша зарядты бөлшектердің **кулондық электрстатикалық өзараәсерлесуімен** қатар электрондардың магниттік моменттерінің өзара бағдарлануына тәуелді болатын таза кванттық электрстатикалық өзараәсерлесу алмасулары болады. Өзінің табиғаты бойынша электрстатикалық өзараәсерлесудің осы бөлігі электрондық жүйелердің магниттік күйлеріне едәуір ықпал етеді. Дербес жағдайда осы өзараәсерлесу магнетизмнің

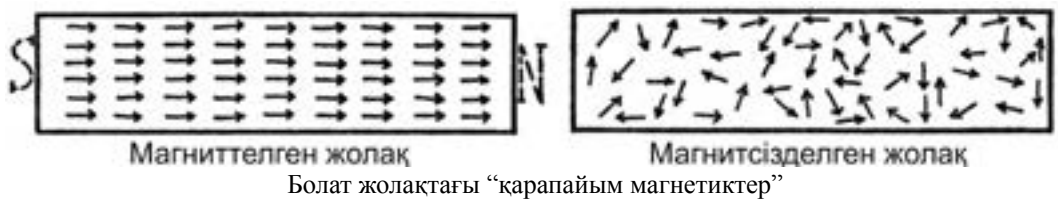
атомдық тасушыларының реттелген бағдарлануына оң әсерін тигізеді. Заттардың магниттік қасиеттерін мынадай топтастыруларға ажыратуға болады.

I. Өлсіз өзараәсерлесуші бөлшектердің магнетизмі. Бұл топта диамагнетизм басым болады. Бұларға бүкіл инертті газдар; полярлық емес байланысты органикалық қосылыстар; сұйық және кристалдық заттар (Zn, Au, Hg т.б.), химиялық қосылыстардың ерітінділер (галогендер), ерітінділер, қорытпалар жатады.

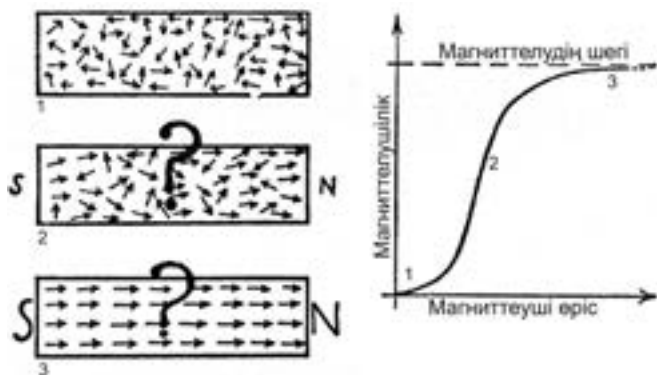
II. Металдардағы және жартылайөткізгіштердегі электрондық өткізгіштіктердің магнетизмі. Бұл топқа электрондық өткізгіштіктердің парамагнетизмі, металдардағы электрондық өткізгіштіктің диамагнетизмі, жартылай өткізгіштердің пара- және диамагнетизмі, асқын өткізгіштіктің магнетизмі байқалады.

III. Атомдық магниттік реттілікті заттар магнетизмі. Оңалмасу энергиялы ферромагнетизм, теріс алмасу энергиялы антиферромагнетизм байқалады.

Тарихи анықтама. Магнетизм туралы алғашқы жазба деректер Қытайда біздің заманымыздан бұрынғы (б.з.б.) кездері кездескен. Ол деректерде табиғи магниттің к о м п а с т а қолданылғаны туралы айтылған. Б.з.б. I ғасыр шегінде римдік ақын



әрі философ Тит **Лукреций** «Заттар табиғаты туралы» деген поэмасында, ежелгі грек ғалымдарының ғылыми еңбектерінде магниттердің тартуы және тебуі және темір ұнтақтарының магниттелуі туралы мәліметтер кездескен. Орта ғасырлық Еуропалық елдерде XII ғасырдан бастап магниттік компастар қолданылған. Француз ғылымы 1269 жылы Пьер де **Марикур** әртүрлі пішінді магниттің қасиеттерін зерттеген. Қайта өркендеу дәуірінде 1600 жылы ағылшын физигі Уильям **Гильберттің** (1544–1603) «Магнит, магниттік денелер және үлкен магнит – Жер туралы» деген еңбегінде Жердің магниттік дипол екені және магниттің эраттас полюстерін бірінен-бірі ажыратып бөлуге мүмкін еместігін дәлелдеген. Одан кейінгі кездері француз философы әрі математигі Рене **Декарттың** (1596–1650), магнетизм туралы метафизикалық теориясы шыққан. 1759 жылы орыс физигі Франц **Эпинус**



Темір жолақтың магниттелу кезеңдері

(1724–1802) «Электр және магнетизм теорияларының тәжірибесі» деген трактатында магниттік құбылыстардың математикалық теориясын тұжырымдаған. Француз физигі Шарль **Кулон** (1736–1806) магнетизм туралы болжал ұсынған. Ол болжалда **магнетизм магниттік сұйық арқылы** түсіндірілген. 1820

жылы дат физигі Ханс **Эрстед** (1777–1851) **электр тогының магниттік өрісін** ашқан. Сол жылы француз физигі Андре **Ампер** (1775–1836) **токтардың магниттік өзараәсерлесу заңын** тұжырымдаған, дөңгелек токтың магниттік қасиеті мен жұқа жазық магниттің эквивалентті екенін анықтаған; ол молекулалық токтың болатынын түсіндірген. XIX ғасырдың 30-жылдары неміс математигі Карл **Гаусс** (1777–1855) және оның отандасы физик Вильгельм **Вебер** (1804 – 1891) геомагнетизмнің математикалық теориясын дамытқан және магниттік өлшеулер әдістерін ұсынған.

Магнетизмді зерттеудің жаңа кезеңі ағылшын физигі Майкл **Фарадейдің** (1791–1867) магнетизм құбылысын электрмагниттік өрістің нақтылығы туралы түсініктері негізінде түсініктемелерінің маңызы зор болды. Электрмагнетизм саласындағы бірқатар маңызды жаңалықтар [1831 жылғы Фарадейдің ашқан электрмагниттік индукциясы; 1833 жылғы орыс физигі Эмилий **Ленцтің** (1804–1865) ашқан Ленц ережесі; 1872 жылғы ағылшын физигі Джеймс **Максвеллдің** (1831–1879) ашқан электрмагниттік құбылыстарды жалпылау туралы ғылыми еңбегі; 1872 жылғы орыс физигі Александр **Столетовтың** (1839–1896) ферромагнетиктердің қасиеттерін зерттеулері; 1895 жылғы француз физигі Пьер **Кюридің** (1859–1906) парамагнетиктер туралы зерттеулері] осы заманғы магнетизмнің макроскопиялық теориясының негізін қалады.

Магнетизмді микроскопиялық деңгейде зерттеу атомдардың электрондық-ядролық құрылымдары ашылған соң мүмкін болды. Голланд физигі Хендрик **Лоренцтің** (1853–1928) классикалық электрондық теориясы негізінде 1905 жылы француз физигі Поль **Ланжеван** (1872–1946) диамагнетизм теориясын тұжырымдады. 1892 жылы кенес (орыс) ғалымы Борис **Розинг** (1869–1933) және

француз физигі Пьер **Вейс** (1865–1940) молекулалық ішкі өрістің болатынын болжаған. **Электрон спинінің** және оның магнетизмнің ашылуы [1925 жылы американ физиктері Сэмюэл **Гаудсмит** (1902–1979), Джордж **Уленбек** (1900–?)], кванттық механиканың тұжырымдалуы диа-, пара- және ферромагнетизмнің кванттық теориясының дамытылуына әкелді. Кванттық-механикалық түсініктердің негізінде (кеңістіктік кванттау) 1926 жылы француз физигі Леон **Бриллюэн** (1889–1969) парамагнетиктердің сыртқы магниттік өріс пен температураға тәуелдігін ашқан. XIX ғасырдың 30-жылдары еркін электрондардың магниттік қасиеттерінің кванттық-механикалық теориясы тұжырымдалды (1927 жылы – **Паулидің парамагнетизмі**; 1930 жылы – **Ландау диамагнетизмі**). Кеңес физиктері: 1923 жылы Яков **Дорфман** (1898–1974) алдын ала болжаған, 1944 жылы Евгений **Завойский** (1907–1976) ашқан электрондық парамагниттік резонанстық парамагнетизмнің әрі қарай дамытылуына қосылған елеулі үлес болды. 1926 жылы неміс физигі Вернер **Гейзенберг** (1901 – 1976) гелий атомының кванттық-механикалық есеп-қисабын жасаған.

Ядролық магниттік резонансқа [1946 жылы – американ физиктері: Эдуард **Парселл** (1912–?), оған тәуелсіз Феликс **Блох** (1905–?)] және 1958 жылы ашылған *Мёссбауэр эффектiсiне* негізделген зерттеулердің физикалық әдістері заттардағы спиндік тығыздықтың таралуы туралы ілімдерді едәуір тереңдете түсті. Магниттік құбылыстардың табиғатын зерттеу саласындағы жетістіктер болашағы бар магниттік материалдарды синтездеуді жүзеге асыруға мүмкіндік жасады.

МАГНЕТИК – заттардың магниттік қасиеттерін қарастырған кезде бүкіл заттарға қолданылатын ғылыми атау (термин). Магнетиктердің әртүрлілігі заттарды құраушы микробөлшектердің магниттік қасиеттерінің өзгешеліктеріне, сондай-ақ олардың арасындағы өзараәсерлесудің сипатына байланысты. Магнетик шамалары бойынша және олардың магниттік алғырлығының (χ ; $\chi < 0$ заттар диамагнетиктер, ал $\chi > 0$ – парамагнетиктер, $\chi \gg 1$ – ферромагнетиктер деп аталған) таңбалары бойынша топталған. Магнетиктерді физикалық тұрғыдан терең топтау *магниттік моменті* болатын микробөлшектердің табиғатын, олардың өзараәсерлесуін, заттардың атомдық магнетиктерге ықпалын қарастыруға негізделген.

МАГНЕТ-КЕДЕРГІ, магнит-резистивтік эффект – магниттік өрістегі (H) өткізгіштің меншікті кедергісінің (ρ) өріс жоқ кездегі меншікті кедергісіне (ρ_0) қатысты өзгеруі. Бұл кедергі көлденең және бойлық магнет-кедергілер болып бөлінеді. Электр тогы көлденең магнет-кедергіде магнит өрісіне перпендикуляр, ал бойлық магнет-кедергіде магнит өрісіне параллель бағытталады. Магнет-кедергі

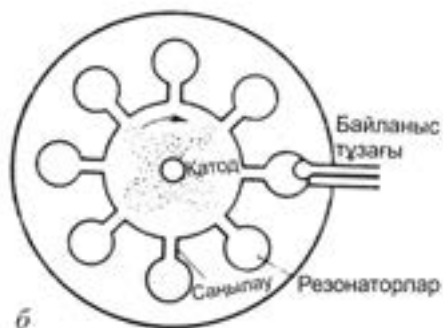
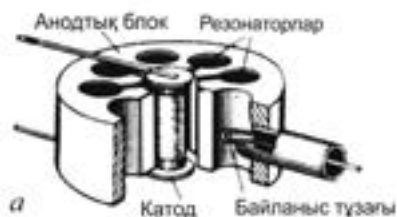
магнит өрісіндегі ток тасушы бөлшектер траекторияларының қисықталуы салдарынан пайда болады. Көлденең магнет-кедергі $\Delta\rho \perp \rho_0 = (\rho \perp - \rho_0)/\rho_0$, ал бойлық магнет-кедергі $\Delta\rho_{||}/\rho_0 = (\rho_{||} - \rho_0)/\rho_0$.

МАГНЕТОН – атомдық және ядролық физикада, қатты денелер физикасында, қарапайым бөлшектерде т.б. қабылданған *магниттік моменттің* бірлігі. Атомдық жүйелердің негізінен орбиталық қозғалысының және электрондардың спинінің болуы себепті Бор магнетондарымен өлшенеді: $\mu_B = \frac{e\hbar}{2mc} \approx 9,274 \cdot 10^{-21}$ эрг/Гс, (эрг/Гаусс) (мұндағы e – электр зарядының абсолют шамасы, m – электронның массасы, \hbar – Планк тұрақтысы, c – жарық жылдамдығы). Ядролық физикада магниттік момент ядролық магнетондармен өлшенеді, Бор магнетонынан (μ_B) айырмашылығы электронның массасы (m) протон массасы (M) ауыстырылған: $\mu_y = \frac{e\hbar}{2Mc} \approx 5,051 \cdot 10^{-24}$ эрг / Гс, (эрг/Гаусс).

Бор магнетоны – атомдық жүйенің магниттік моментінің бірлігі.

Ядролық магнетон – ядролық физикада магниттік моменттің бірлігі.

МАГНЕТРОН [грекше «магнетис – магнит» + (элек)трон] – магнит өрісінде қоздырылған электрмагниттік өрісті қисық сызықты траектория бойынша магнит өрісінде қозғалатын электрондардың өзараәсерлесуіне негізделген аса жоғары жиілікті электрмагниттік тербелістер тудыруға арналған көп *резонаторлы* аспап. Цилиндрдің ішкі бетіне қарай шығатын саңылаулары бар ішкі бөлігінде көлемдік резонатор ойылған массалы (ауыр) қуыс цилиндр – магнетронның аноды (сызба, *a*). Цилиндрдің өсі бойынша катод орналасқан. Бағытталған магнит өрісінің (**H**) әсерінен катодтан ұшып шығатын электрондардың траекториялары қисықталатын болады. Резонаторларда тербелістер қоздырылғанда, саңылаулар маңында айнымалы электр өрісі пайда болады. Өрістің аса жоғары жиілікті және тоғысқан статикалық электр және магнит өрістерінің әсерінен катодтан ұшып шыққан электрондар ұйысатын болады («шабақтар», сызба, *b*). Ұйысқан электрондар тежеуіштік аса жоғары жиілікті өріспен өзараәсерлескен кезінде өріске потенциалдық энергиясын беріп, анодқа қарай жақындайды. Олар электрмагниттік энергиясын өріске түгелдей беріп анодқа құлап түседі, бұл



жайт пайдалы эсер коэффициентін жоғарылатады (90%-ға дейін). Резонаторлары алшақ орналасқан күшейткіш магнетрондар – амплитрондар да бар. Магнетрон электрмагниттік толқындардың миллиметрлік диапазондарына дейінгі тербелістерді тудыра алады әрі мың кВт-қа дейінгі қуат (импульстік режимде) бере алады. «Магнетрон» атауын 1921 ж. америка физигі А.Халл енгізген.

МАГНЕТЭЛЕКТРЛІК ЭФФЕКТ – кристалдарды электр өрісіне (E) орналастырған кезде оларда магниттелушіліктің (J) пайда болуы. ($J = \alpha E$) мұндағы α – кристалдың табиғатына байланысты коэффициент). Магнетэлектрлік эффект тек магниттік реттелген кристалдарда (антиферро-, ферри-және ферро-магнетиктерде) ғана пайда болуы мүмкін. Магнетэлектрлік эффектiнiң болатындығын алғаш рет 1957 жылы кеңес физиктері Лев Ландау (1908–1968) мен Евгений Лифшиц (1915–1985) болжаған. Оны 1960 жылы ғылыми тәжірибеде жүзінде Д.Н.Астров ашты. Магнетэлектрлік эффектiнiң шамасы аз болады. Магнит өрісінде (H) орналасқан кристалда магнетэлектрлік эффектiге кері эффект – электрлік полярлану (P) пайда болатын ($P = \alpha H$) эффектi де байқалады.

МАГНИТ [грекше «Магнетис Литос – Магнесианың тасы», Кіші Азиядағы Магнесия қаласының атынан қалыптасқан] – темір рудасының кесегі немесе темірді, болатты, кобальтті тартқыш қасиеті ерекше болатын арнайы қорытпалардан жасалған дене.

МАГНИТ, а с қ ы н ө т к і з г і ш м а г н и т – асқынөткізгіш материалдан жасалған орамды *соленоид* немесе электрмагнит. Асқынөткізгіштік күйдегі орамның **омдық кедергісі** нөлге тең болады. Егер орам қысқаша тұйықталған болса, онда оған берілген (жіберілген) **ток іс жүзінде ұзақ уақыт өзгермей** айналатын және магнит өрісі тұрақты болады. Асқынөткізгіш магнит 150–200 кГ күш өріс алуға мүмкіндік жасайды.

Асқынөткізгіш магниттік орамы температура кризистік температурадан (T_k) артқан кезде орамдағы кризистік ток (I_k) немесе кризистік магнит өрісіне (H_k) жеткенде асқынөткізгіштігін жояды. Асқынөткізгіш магнит заттардың магниттік, электрлік және оптикалық қасиеттерін зерттеу (плазманы, атом ядросын және қарапайым бөлшектерді) үшін пайдаланылады. Асқынөткізгіш магнит энергияны іс жүзінде шексіз уақыт сақтауға арналған индуктивті жинақтағыштар жасау мүмкіндігін ашпақ.

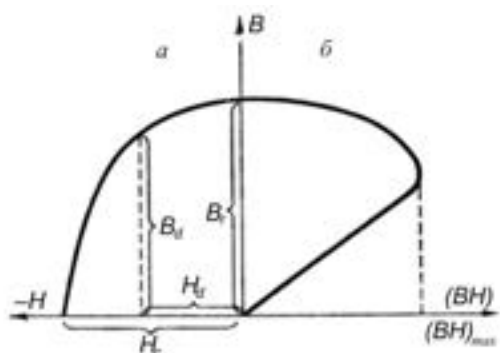
МАГНИТ, тұрақты – меншікті магниттік өрісі болатын дене; магниттеуші өрістің ықпалы тоқтатылғаннан кейін де күшті магниттік индукцияны сақтай алатын, алдын ала магниттелген ферромагниттік немесе ферромагниттік мате-

риалдардан белгілі бір пішінді (таға тәрізді, жолақ т.б.) болып жасалған бұйым. Тұрақты магнит – автономды тұрақты магниттік өрістің көзі ретінде электртехникада, радиотехникада және автоматикада кеңінен қолданылады. Тұрақты магниттің қасиеттері магнит жасалған материалдың магниттік гистерезисінің тұзағының магнитсіздендіру тармағының сипатымен анықталады.

Коэрцитивті күш (H_k) және материалдың қалдық магниттік индукциясы (B_r) қаншалықты үлкен болса (сызбаға қараңыз), ол соншалықты магнит үшін жарамды болады. Егер магнит тұйық магнитөткізгіш болса ғана магниттегі индукция

ең үлкен қалдық индукцияға (B_r) тең бола алады.

Әдетте магнит полюстерінің аралығындағы ауалық саңылауда магниттік ағын тудыру үшін қолданылады (мысалы тағатәрізді магниттің полюстерінің арасында) ауа саңылауында (мысалы, доға тәрізді магниттің полюстерінің аралығында магниттік ағын тудырады). Ауалық саңылау магниттік индукцияны (және магниттелуді) кемітеді; саңылаудың ықпалы сыртқы магнитсіздендіруші



Ферромагнетиктердің магнитсіздендіру (а) және магниттік энергия (б) қисық сызықтары: B_r – қалдық магниттік индукция; H_k – коэрцитивтік күш; H_d – магнитсіздендіруші өріс; B_d – H_d өрістегі индукция

өріс (H_d) әсеріне ұқсас. Қалдық индукцияны (B_z) B_d мәніне дейін кемітетін H_d өрісінің мәні (сызбаға қараңыз) магниттің сырт пішіні бойынша анықталады. Сонымен, магнит арқылы индукциясы $B \leq B_r$ болатын магниттік өріс тудыруға болады. Егер магниттің күйі магнитсіздендіру қисығының $(BH)_{\max}$ максимал мәнді нүктесіне, яғни материалдық бірлік көлемінің максимал магниттік энергиясы сәйкес келсе, магниттің әсері барынша эффектілі болады.

Магнит Fe, Co, Ni, Al негізді қорытпалардан, гексагональдық ферриттерден т.б. жасалады. Магнит үшін ең эффектілі материалдарға ферримагнитті металаралық сирек кездесетін металдардың қоспалары Sm және Co қоспалы Nd ($SmCo_5$) жатады. Осы қоспалардың $(BH)_{\max}$ шамалары рекордтық жоғары шамалар болды.

Магнит жасауға қолданылатын материалдар магниттік темір тас, магниттелуші магниттік қатты-материалдар (тұрақты магнит үшін). Магнит темірді, никельді т.б. металдарды өзіне тарта алады. Еркін ілінген магнит (мысалы, компастың магниттік тілі) Жердің магнит өрісінде компастың полюстерін қосатын тұзу

сызықтың бойымен бағытталады; сонда магниттің солтүстікке қарай бағытталған ұшы **солтүстік полюсі**, ал оңтүстікке қарай бағытталғаны – **оңтүстік полюсі** деп аталған. Магниттелушілігі электр тогымен жүзеге асырылатын электрмагниттер кеңінен қолданылады. Магниттер техникада автономды тұрақты магнит ретінде қолдау тапқан.

Екінші дүниежүзілік соғыс кезінде магниттік миналар көптеген жүк кемелерінің опат болуына себеп болған. Кемелер көп жүретін теңіз жолдарына көптеп қойылған миналар күшті магниттермен жарақталған болған, сол себепті олар кемелердің металл корпусына тартылып кемелерді жаратын болған. Магниттік миналарға тосқауыл жасау мақсатында кемелердің магнит өрісін кеміту үшін электр кабельдері пайдаланылған.

МАГНИТДИНАМИКА – магнетизмнің магниттік өрістердегі өзгерістер кезіндегі магниттелу үрдістерін зерттейтін бөлімі.

МАГНИТДИЭЛЕКТРИКТЕР – әртекті магниттік ұнтақтар (ферро-және ферримагнетиктерден құралған) мен диэлектриктің (бакалиттің, полистиролдың, резинаның) механикалық қоспалары болып табылатын магниттік материалдар; макроқөлемдерде мөлшерлері мен әрқилы қоспаларға тәуелді, **электрлік кедергісі жоғары** болады. Магнитдиэлектриктер **магниттік-қатты** материалдар ретінде де және **магниттік-жұмсақ** материалдар түрінде де бола алады. Магниттік-жұмсақ магнитдиэлектриктер негізінен карбонильдік темірдің, молибден пермалойы мен алсиферасының майда ұнтақтарының қоспалары түрінде алынады; олар индуктивтік орамдардың өзекшелерін, сүзгілердің, дроссельдердің және басқа $10^4 - 10^8$ Гц жиіліктерде жұмыс жасайтын радиотехникалық құрылғыларда қолданылады. Магниттік-қатты магнит-диэлектриктер ални (Fe– Ni– Al– Cu), алнико (Fe – Ni – Al –Co) қорытпаларының, ферриттердің ұнтақтарынан жасалады. Осы магнит-диэлектриктердің *коэрцитивтік күші* массивті материалдарға қарағанда бірнеше ондаған % аз, ал қалдық индукциясы екі есеге жуық аз. Магнитдиэлектриктер аспаптар (тұрақты магниттер, алмалы-салмалы қосылыстарға арналған ауа жібермейтін эластикалық герметизаторлар т.б.) жасауда қолданылады.

МАГНИТ ЗАРЯДЫ – статикалық магнит өрістерін (электрстатикалық өріс тудыратын электр зарядына ұқсастық бойынша) есептеу кезінде енгізілетін магнит өрісінің мүмкін болатын көзін белгілейтін теориялық ұғым. **Магнит зарядының электр зарядынан айырмашылығы ол нақты жағдайда жоқ заряд**, оның себебі магнетизмнің классикалық теориясына сәйкес **магнит өрісінің – электр тогынан өзге ерекше көзі жоқ**. 1931 жылы ағылшын физигі Поль Дирак (1902–1984)

табиғатта магнит зарядының – магниттік монополдердің болатыны туралы болжал ұсынған, бірақ бүгінге дейін ғылыми тәжірибе жүзінде дәлелденбеген, бірақ оны анықтау жөніндегі іс жалғасуда.

Магнит заряды жеке микробөлшек (магниттік монопол) түрінде бола алмайды. Солай бола тұрса да зарядталған микробөлшектердің бір мезгілде электр және магнит зарядтарының (екіжақты электрдинамика) болу мүмкіндігі осы заманғы физикалық принциптерге толықтай сәйкес келеді. Магниттік зарядты ғылыми тәжірибе жүзінде байқау қиындығы электрдің және магниттің қарапайым зарядтарының қатынасы бүкіл микробөлшектерге ешқандай ерекшелік тудырмастан бірдей болуымен түсіндіріледі. **Магнит өрісінің нақты көзі қозғалыстағы электр заряды** (макро-немесе микротоктар) және қарапайым магнит диполі (микробөлшектердің спиндік магниттік моменті) болып табылады. Іс жүзінде магниттелушілігі болатын денелер үшін магнитстатиканың есептерін шешу үшін пайдаланылатын есептеу шамасы – жалған (фиктивті) **магнит заряды** енгізіледі. Мысалы, бірқалыпсыз магниттелушілігі болатын ферромагнетик денелердегі өрістерді есептеу кезінде магнит зарядының көлемдік және беттік тығыздық ұғымы енгізіледі. Мұның алғашқысы магниттелушіліктің дененің көлемі бойынша біртекті болмай үлестірілуіне байланысты болса, екіншісі – магниттелушіліктің магнетиктің бетінде нормал құраушының секірісті үлестірілуіне байланысты. Магнит заряд нормал құраушының магниттелушілігінің секірісті өтетін беттерде қос қабатты болып орналасады делінеді, сонымен қарама-қарсы таңбалы қарапайым магнит заряды магниттік диполдермен байланысқан.

МАГНИТМЕТР (*магнит* + *метр*) – магнит өрісінің сипаттамаларын және физикалық нысандардың магниттік қасиеттерін өлшеуге арналған аспап. Магнитметр арналу мақсатына, құрылыс принципіне және пайдалану шарттарына сәйкес бірнеше түрге ажыратылған. Арналу мақсатына орай магнитметр екі топқа бөлінген. Бірінші топқа магнит өрісінің негізгі сипаттамаларын: кернеулігін (***H***) (А/м (Ампер/метр) немесе Э (Эрстед) бірлігімен), индукциясы (***B***) (*Tл* немесе *Gc*), магниттік ағынын (***Φ***) (Вб (Вебер) немесе Мкс (Максвелл)); өлшеуге арналған аспаптар топталған; екінші топқа материалдар мен кен жыныстарының магниттік қасиеттерін зерттеуге арналған аспаптар жатқызылған.

1-топтағы магнитметр өлшейтін магнит өрісінің негізгі сипаттамасына: өрістер векторларының (***H*** немесе ***B***) абсолюттік мәндері, өріс векторларын құраушы абсолюттік мәндер т.б. жатқызылған (аспаптар, компас, буссоль, магниттік теодолит, инклинатор, деклинатор, векторлық магнитметр).

Магнитметрдің 2-тобы кен жыныстарының және магниттік материалдардың магниттік қасиеттерін зерттейді: магниттік момент (***M***) ($A \cdot m^2$), магниттелу ***J*** (А/м),

магниттік алғырлық (κ) (каппаметр), магниттік өтімділік (μ) (мюметр), $J(H)$ және $B(H)$ тәуелділіктерді өлшейді. Магнитметрлер әсер ету принципі бойынша бірнеше типке ажыратылады.

Асқынөткізгіштік магнитметр – әсері Джозефсон эффектiсiне негiзделген асқынсезiмтал магнитметр.

Магнитстатикалық магнитметр аспабы өлшенетiн магниттiк өрiстiң ($H_{\text{өлш}}$) магниттiк моментi M тұрақты магнитпен әсерлесуiне негiзделген.

Электрлiк магнитметр өлшенетiн магниттiк өрiстi ($H_{\text{өлш}}$) эталондық орамның өрiсiмен салыстыруға негiзделген $H=ki$, мұндағы k – орамның тұрақтысы, i – өлшенетiн ток. $H_{\text{өлш}}$ -ты эталондық соленоидтың өрiсiмен (H) салыстыруға негiзделген прибор: $H=ki$, мұндағы k – соленоид тұрақтысы, i – өлшенетiн ток негiзiнен геомагнит өрiсiнiң құраушылары өлшенедi.

Индукциялық магнитметр – *электрмагниттiк индукция* құбылысына, өлшеуiш орамның контуры арқылы өтетiн магниттiк ағынды (Φ) өлшеу кезiндегi өлшенетiн орамда *электрқозғаушы күшiнiң* пайда болуына негiзделген.

Кванттық магнитметр – *ядролық магниттiк резонансқа, электрондық парамагниттiк резонансқа*, сыртқы магнит өрiсiндегi ядролардың не электрондардың магниттiк моменттерiнiң еркiн прецессиясына *Мейснер эффектiсiне, Джозефсон эффектiсiне* т.б. эффектiлерге негiзделген аспап. Мұнымен әлсiз магнит өрiсiнiң кернеулiгi өлшенедi, сондай-ақ олар геологиялық барлауда, магнет-химияда кеңiнен пайдаланылады.

Гальванимагниттiк магнитметр – магнит өрiсiнде ($H_{\text{өлш}}$) қозғалған электр зарядтың траекториясының *Лоренц күшi* әсерiнен ауытқу (қисаю) құбылысына негiзделген аспап. Мұндай магнитметрлер *Холл эффектiсiне, Гаусс эффектiсiне* негiзделген.

МАГНИТ-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАТЫНАС, гиромагниттiк қатынас – қарапайым бөлшектердiң (және әлгi бөлшектерден құралған атомдар, молекулалар, атомдық ядролар жүйелердiң) *магниттiк моментiнiң* оның қозғалыс мөлшерiнiң моментiне (механикалық моментiне) қатынасы. Нөлден өзге механикалық моментi – спинi болатын әрбiр қарапайым бөлшек үшiн магнит-механикалық қатынастың белгiлi бiр мәнi болады. Атомдық жүйенiң әртүрлi күйлерiне арналған магнит-механикалық қатынас мына формуламен анықталады: $\gamma = g \gamma_0$, мұндағы γ_0 – магнит-механикалық қатынастың бiрлiгi, g – **Ланде көбейткiшi**. Бұл жағдайда магнит-механикалық қатынастың бiрлiгi ретiнде оның атомдағы электронның орбиталық қозғалысы үшiн: $e/2m_e c$, ал ядродағы протон үшiн $e/2m_p c$ шамасы

қабылданған, мұндағы e – электронның заряды, m_e – электронның массасы, c – жарық жылдамдығы, m_p – протонның массасы. Магнит-механикалық қатынас магнит өрісінің магниттік моменті болатын жүйеге тигізетін әсерін анықтайды.

МАГНИТ-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАР, **гироманниттік құбылыстар** – магнетизмді тасымалдаушы микробөлшектердің магниттік және механикалық моменттерінің өзара байланысы себепші болатын құбылыстар тобы. Кез келген микробөлшектің (электрон, протон, нейтрон, атом ядросы, атом) белгілі бір қозғалыс мөлшерінің моментімен қатар магниттік моменті де болады. Сондықтан физикалық денені (үлгіні) құраушы микробөлшектер жүйесінің (физ. денелер, үлгілер) қозғалыс мөлшерінің қосынды моментінің артуы үлгіде қосымша магниттік моменттің пайда болуына себепші болады; керісінше, үлгі магниттелу кезінде қосымша магниттік моментке ие болады.

Ферромагниттік үлгілердегі (магниттелушілік) магниттік моменттердің артуын үлгілердің өсінен айналуы кезінде 1909 жылы американи физигі Сэмюел **Барнетт** (1873–1956) байқаған. Кері эффектін еркін ілінген ферромагнит үлгіні сыртқы магниттік өрісте магниттеу кезінде 1915 жылы Альберт **Эйнштейн** (1879–1955) мен В. де **Хааза** тәжірибе жүзінде ашқан (*Эйнштейн – де Хааза эффектісі*).

Магнит-механикалық құбылыстар атомның магниттік моментінің оның толық механикалық моментіне қатынасын (магнит-механикалық немесе *гироманниттік қатынас*) анықтауға және әртүрлі заттардағы магнетизмді тасымалдаушылардың табиғаты туралы қорытынды жасауға мүмкіндік берді. Ауыспалы 3d-металдардағы (Fe, Co, Ni) магниттік момент электронның спиндік моменттерінің себебінен болатындығы анықталған. Өзге заттардағы магниттік моменттер электрондардың спиндік және орбиталық моменттерінен туындайды.

МАГНИТОПТИКА, магнет-оптика, физиканың магнит өрісінің әсерінен заттардың оптикалық қасиеттерінің өзгеруін зерттейтін саласы. Магнитоптикалық құбылыстардың көпшілігі **атом энергиясы деңгейлерінің бөлшектенуіне байланысты**. Осы бөлшектену *Зеeman эффектісінен* тікелей білінеді. Өзге магнитоптикалық эффектiлер Зеeman эффектісінің нағыз салдары болып табылады және зеемандық оптикалық ауысудың полярланушылық сипатының ерекшеліктеріне және *дисперсия* байқалатын ортадағы жарықтың полярлануының үлестірілу заңдылықтарына байланысты.

Магнитоптикалық эффектiлердің ерекшелігі магниттік өрісте әдеттегі сызықтық оптикалық анизотропиясымен қатар электр өрісінің немесе деформацияның әсерінен ортада циркулярлық *анизотропия* пайда болады, бұл жайт өріске

перпендикуляр жазықтықтағы екі айналу бағытының парапар (эквивалент) болуына байланысты туады. Осы маңызды жағдай магнит өрісінің аксиальдылығының (өстілігінің) салдары болып табылады.

Магнитооптикалық құбылыстар негізінен магниттік өрістің бағытына тәуелді болады. Осыған байланысты екі жағдай: 1) жарық сәуленің толқындық векторы (k) магнит өрісіне (H) параллел және 2) жарықтың толқындық векторы магнит өрісіне перпендикуляр болатын жағдайлар қарастырылған. Осы екі жағдайда да Зеeman эффектiсi байқалады. **Монохромат сәуле** өріс бойымен таралған кезде (бойлық Зеeman эффектiсiнде) оның оң- және сол циркулярлық полярлану құраушысы әртүрлі жұтылады (магниттік циркулярлық дихроизм), ал жарықтың өріске көлденең бағытта таралған кезде (көлденең Зеемандық эффектiсiнде) магниттік сыйзықтық дихроизм орын алады, яғни құраушылар әртүрлі жұтылады.

Спектрлік сызықтардың бөлшектенуіне сәйкес түрде ортаның **сыну көрсеткішінің** сәуленің толқындар ұзындығына тәуелділігін сипаттайтын дисперсиялық қисықтар тудырады. Жарыққа арналған сыну көрсеткішінің бойлық таралуы кезінде оң және сол дөңгелек полярланулар әртүрлі болады (сәуленің магниттік циркулярлық қосарланып сынуы), ал сызықтық полярланған монохроматты жарық ортадан өткенде полярлану жазықтығы айналатын болады, бұл құбылыс *Фарадей эффектiсi* деп аталған.

Оптикалық анизотропиялық орта магниттік өрісте жарықтың әлгі ортадан шағылысуы кезіндегідей білінеді. Орта магниттелген кезде шағылысқан сәуленің полярлануы өзгереді, осы өзгерістің сипаты мен дәрежесі беттердің өзара орналасуына, бетке түсетін жарықтың полярлануына және магниттелу векторына тәуелді. Бұл эффект ферромагнетиктерде байқалады және магнитооптикалық Керр эффектiсi деп аталған.

Лазерлердің жасалуы жарық ағынының жоғары қарқындылығы кезінде білінетін жаңа магнитооптикалық эффектiлерді анықтауға әкеп соқтырды. Дөңгелек бойынша полярланған жарық *мәлдір ортадан* өткенде магниттік өрістің эффектiсi ретінде әсер етеді және ортаның магниттелуін тудырады (кері Фарадей эффектiсi деп аталған).

Магнитооптикалық әдістер оптикалық ауысулардың, атомдағы *электрондық парамагниттік резонанстық* спектрлерді және *концентрацияланған орталардағы*, заттардың физикалық-химиялық құрылымдарын, металдардың және жартылайөткізгіштердің электрондық құрылымдарын, фазалық ауысулардың т.б. кванттық күйлерін зерттеу кезінде пайдаланылады.

МЕТРЛІК ЖҮЙЕДЕН ТЫС ӨЛШЕМ БІРЛІКТЕРІ
(ағылшын тілді елдерде қолданылады)

Өлшем бірлігі	СИ өлшем бірлігіндегі мәні
	Ұзындық
Теңіз милясы (Ұлыбританиялық)	1,853 18 км
Теңіз милясы (халықаралық)	1,852 км
Миля (АҚШ)	1,60934 км
Кабельтов (халықаралық)	185,2 м
Ярд	914,4 мм
Фут	304,8 мм
Дюйм	25,4 мм
Калибр (дюймнің $\frac{1}{100}$ үлесі)	254 мкм
	Аудан
Акр	4046,86 м ² =0,404686 га
	Көлем, сыйымдылық
Мұнай баррелі (АҚШ)	158,987 дм ³
Құрғақ баррель (АҚШ)	115,627 дм ³
Галлон (Ұлыбритания)	4,54609 дм ³
Сұйықтық галлон (АҚШ)	3,78541 дм ³
Құрғақ галлон (АҚШ)	4,40488 дм ³
Сұйықтық унция (Ұлыбритания)	28,4130 дм ³
Сұйықтық унция (АҚШ)	29,5735 дм ³
	Масса
Тонна (Ұлыбритания)	1016,05 кг
Тонна (АҚШ)	907,185 кг
Центнер (Ұлыбритания)	50,8028 кг
Центнер (АҚШ)	45,3592 кг
Центнер (Ресей)	100 кг
Сауда фунты	0,453592 кг
Унция	28,3495 кг
Драхма (Ұлыбритания)	1,77185 г
Гран	64,7989 г
	Қуат
Ат күші	0,736 кВт
	Температура
Ренкин градусы (°R) (T_k – Кельвин межесі бойынша)	$T_k = T_R / 1,8$
t_c – Цельсий межесі бойынша	$t_c = T_R / 1,8 - 273,15$ $T_k = (t_F + 459,67) / 1,8$
Фаренгейт градусы (°F)	$t_c = (t_F - 32) / 1,8$

Жүйеден тыс өлшем бірліктері

Шама	Өлшем бірлігі	Белгіленуі	СИ-мен салыстырылған мәні
Ұзындық	Астрономиялық бірлік	<i>a.б.</i>	$1,49598 \cdot 10^{11} \text{ м}$
	Жарық жылы	<i>ж.ж.</i>	$9,4606 \cdot 10^{15} \text{ м} = 9460\ 600\ 000\ 000\ 000 \text{ м}$
	Парсек	<i>пс</i>	$3,0857 \cdot 10^{16} \text{ м}$
Аудан	Гектар	<i>га</i>	$10^4 \text{ м}^2 = 10\ 000 \text{ м}^2$
	Ар	<i>а</i>	$10^2 \text{ м}^2 = 100 \text{ м}^2$

Сутек атомының диаметрі	$0,000\ 000\ 000\ 03 \text{ м}$
ДНК молекуласының диаметрі	$0,000\ 000\ 002 \text{ м}$
Жер шарының диаметрі	$12\ 750\ 000 \text{ м}$
Жер мен Күннің арақашықтығы	$149\ 598\ 000\ 000 \text{ м}$
Проксима жұлдызына дейінгі арақашықтық	$40\ 200\ 000\ 000\ 000\ 000 \text{ м}$
Біздің Галактиканың – Құс жолының диаметрі	$946\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 \text{ м}$
Ядролық реакцияның өту уақыты	$0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 \text{ с}$
Жарық сәуленің Күннен Жерге жету уақыты	498 с
Жердің өз осінен толық бір рет айналу уақыты	86164 с
Жердің Күнді толық бір рет айналу уақыты	$31\ 472\ 009 \text{ с}$
^{14}C – көміртегінің жартылай ыдырау кезеңі	$179\ 000\ 000\ 000 \text{ с}$
Күннің Галактиканың ортасынан толық бір рет айналып шығу уақыты (225 млн жыл)	$7\ 080\ 000\ 000\ 000\ 000 \text{ с}$
Космос кемесінің Жердің төңірегіндегі орбитамен ұшу жылдамдығы	$7,8 \text{ м/с}$
Жердің Күн орбитасымен қозғалу жылдамдығы	30 м/с
Күннің Галактика ортасына қатысты қозғалу жылдамдығы	250 м/с

Электронның массасы	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Сутек атомының массасы	$1,7 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Уран атомының массасы	$4 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$
Су молекуласының массасы	$3 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$
Уранның тоқырау (кризистік) массасы	$\sim 48 \text{ кг}$
Жер атмосферасының массасы	$5,1 \cdot 10^{18} \text{ кг}$
Жердің гидросферасының массасы	$1,4 \cdot 10^{21} \text{ кг}$
Айдың массасы	$7,4 \cdot 10^{22} \text{ кг}$
Жер шарының массасы	$6,0 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Күннің массасы	$2,0 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
Галактиканың массасы	$2,2 \cdot 10^{41} \text{ кг}$
Абсолюттік нөл температурасы	$-273,15^\circ\text{C}$
Зертханада қол жеткізілген төменгі температура	$-273,14^\circ\text{C}$
Гелийдің қайнау температурасы	$-268,93^\circ\text{C}$
Айдың Жерді айналу жылдамдығы	1 м/с
Айдан ұшып шығу кезіндегі космостық 2-жылдамдық	$2,4 \text{ м/с}$
Жерден ұшып шығу кезіндегі космостық 2-жылдамдық	$11,2 \text{ м/с}$

Біздің Галактика – Құс Жолы жұлдыздық жүйесі

Диаметрі	120 000 <i>жарық жылы (ж.ж.)</i>
Қалыңдығы	6500 <i>жарық жылы</i>
Массасы	$1,4 \cdot 10^{11}$ <i>Күн массасы</i>
Ортасынан шетіне дейінгі арақашықтығы	30 000 – 40 000 <i>жарық жылы</i>
Көршісі	Андромеда тұмандығы (M31)
Серіктері	Магеллан бұлттары (Үлкен және Кіші)
Магеланның Үлкен Бұлтына дейінгі қашықтық	0,15 млн <i>жарық жылы</i>
Магеланның Кіші Бұлтаны дейінгі қашықтық	0,18 млн <i>жарық жылы</i>
Андромеда тұмандығына дейінгі қашықтық	2,5 млн <i>жарық жылы</i>
Темірқазық жұлдызына дейінгі қашықтық	8,6 млн <i>жарық жылы</i>
Әлемнің көзге көрінетін бөлігіндегі Галактикалар саны	$10^{11} = 10\,000\,000\,000$
Астрономиялық өлшем (Күн мен Жердің арақашықтығы)	150 млн км = $1,49598 \cdot 10^{11}$ м
Жарық жылы	$9,4605 \cdot 10^{12}$ км = 0,30660 <i>парсек</i>
Парсек	$3,0857 \cdot 10^{16}$ км = 3,26161 <i>жарық жылы</i>
Күннің массасы	$1,9891 \cdot 10^{30}$ кг = 333 000 <i>Жер массасы</i>
Күннің радиусы	$6,960 \cdot 10^3$ км = 109 <i>Жер радиусы</i>
Күннің көлемі	$1,4122 \cdot 10^{27}$ м ³
Күн бетінің ауданы	$6,087 \cdot 10^{18}$ м ²
Жарық сәуле жылдамдығы	299792,458 км/с
Жердің массасы	$5,976 \cdot 10^{24}$ кг = 81,3 <i>Ай массасы</i>
Жердің экваторлық радиусы	6378 км
Күн мен Ай тұтылуының қайталану кезеңі	18 <i>жыл</i> 11,3 <i>күн</i>
Күннің Галактиканың ортасын толық бір рет айналу уақыты	шамамен 200 млн <i>жыл</i>
Күннің Галактика ортасынан қашықтығы	28 000 <i>жарық жылы</i>
Күннің Галактика ортасынан айналу жылдамдығы	250 км/с
Күннің химиялық құрамы (массасы бойынша)	сутек (H) – 71% гелий (He) – 26,5% өзгелері – 2,5%
Күн бетіндегі ауырлық үдеуі	273,98 м/с ²
Күн желінің Жер маңайындағы жылдамдығы	450 км/с
Күннен таралатын бөлшектердің Жерге жету уақыты	5,8 <i>тәулік</i>

“Қазақ энциклопедиясы” ЖШС-ның Бас директоры
Жадыра **ТОЙБАЕВА**

Құрастырушылар және авторлар:

Нұрқанат **КӨБЕНҚҰЛҰЛЫ**
Қырғызбай **БАҚТЫБАЕВ**
Әділхан **ӘБІЛДАЕВ**

ФИЗИКА ӘЛЕМІ
пәндік энциклопедия

Суреттерін әрлеген және беттеген
М.Байленова

ISBN 978-601-7472-41-2



Басуға 09.12.2015 ж. қол қойылды. Пішімі 70x100^{1/16}.
Офсеттік қағаз. Қаріп түрі «Times New Roman».
Офсеттік басылыс. Шартты б.т. 40.
Таралымы 2000. Тапсырыс №

Қазақстан Республикасы Мәдениет және спорт
министрлігі
«Қазақ энциклопедиясы» ЖШС,
050035, Алматы қаласы, 8-ықшамауданы, 19а-үй
www.kazenc.kz, E-mail: kazenc@mail.ru