

ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
ФИЗИКА-ТЕХНИКАЛЫҚ ФАКУЛЬТЕТІ
ЖЫЛУФИЗИКА ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ФИЗИКА КАФЕДРАСЫ
МАГИСТРАТУРА

Келісілген:
Факультет деканы

_____ Давлетов А.Е.

"27" июнь 2015ж.

**Университет ғылыми-әдістемелік
кеңесінде бекітілді**

Хаттама №6 «27» 06 2015 ж.

Оқу жұмысы жөніндегі проректор

_____ Ахмед-Заки Д.Ж.

"27 " июнь

2015 ж.

ПӘННІҢ ОҚУ-ӘДІСТЕМЕЛІК КЕШЕНІ

«Молекулалық физика» пәні бойынша.

Мамандығы: 5В072300 – «Техникалық физика»

Оқу түрі күндізгі

Алматы. 2016ж.

Пәннің оқу-әдістемелік кешені квалификациялық сипаттаманың «5В072300 – техникалық физика» мамандығының оқу жоспары негізінде жасалған
ПОӘК – ін жасаған Айтқожаев Абдуает Заитович доцент, физ-мат. ғылым. канд.

Факультеттің әдістеме (бюро) кеңесінде ұсынылды.

17 маусым 2016 ж., хаттама № 6

Төрағасы (Төрайымы) _____ Ғабдуллина Г.Л.

(қолы)

ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
ФИЗИКА-ТЕХНИКАЛЫҚ ФАКУЛЬТЕТІ
ЖЫЛУФИЗИКА ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ФИЗИКА КАФЕДРАСЫ

Келісілген:
Факультет деканы

_____ Давлетов А.Е.

"27" июнь 2016ж.

СИЛЛАБУС

«Молекулалық физика» пәні бойынша.

Мамандығы: 5В072300 – «Техникалық физика»

Оқу түрі: күндізгі, семестр 2, кредит саны 3, курс 1
лекциялар 30 сағ. аралық бақылау саны - 2
семинар - 15 сағ. барлық аудит - 65 сағат.
лабораториялар - СӨӨЖ - 20 сағ.
еңбексыйымдылығы - 85 сағ. СӨЖ - 20 сағ.
емтихан 2 семестрде

Лектордың Т.А.Ә: Айтқожаев Абдуапет Заитович физика-математика ғылымдарының кандидаты

Ғылыми зерттулер аясы, оқитын курстары, публикациялары.

Газдарың кинетикалық теориясы.

Публикациялары.

Айтқожаев А.З, и др. Исследование диффузии в газовых смесях, содержащих компоненты синтезе аммиака. // ИФЖ.-2001. – Т.74, №2. – С.133-136.

Айтқожаев А.З, и др. Распределение кластеров по размерам и их влияние на теплофизические свойства газов. // Тезисы докладов на 5- ой Международной научной конференции «Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент» . 15-17 июня 2006. Астана, Казахстан. С. 11.

Телефоны: № 3 оқу корпусы, тел.2925866, қос.2205, үй тел. 2–33–62- 6

e-mail: realgun@rambler.ru

каб.: 104

Оқытушының Т.А.Ә. (семинар. сабақтар): Борибаева Меруерт

Телефоны:

e-mail:

каб.: 341

Пәннің пререквизиттері: «Молекулалық физика» пәнін меңгеруде орта мектептегі физикадан алған білімдері көлеміне сүйенумен қатар, физика мамандығына арналған жалпы физикадағы «Механика» курсына жақсы меңгерген, әртүрлі функцияларды дифференциалдау және интегралдау машығымен қоса векторлар мен тензорлармен жұмыс істеуге дағдыланған болуы тиіс.

Пәннің постреквизиттері. «Физика» пәнін игеру "Жалпы физика" курсының келесі бөлімдерін, теориялық физика курсына, әсіресе, статистикалық физика мен термодинамика бөлімдерін, 050604 - «Физика», 050725 – «Техникалық физика» мамандықтарында оқылатын арнайы пәндерді игеру үшін өте қажетті.

Курстың мақсаты мен талаптары: «Молекулалық физика» курсы университеттерге арналған физиканың жалпы курсының бір бөлігі болып табылады. Курстың ерекшелігі: температура,

ішкі энергия, жылу, энтропия сияқты маңызды шамалардың енгізілумен қатар, осы шамалардың микроскоптық түсініктері кинетикалық теорияның негізінде статистикалық әдіс арқылы сипатталады. Бұл түсініктер физиканың барлық бөлімдерінде пайданылады, сол себепті бұл пән маман дайындаудың маңызды құрамы болып табылады. «Молекулалық физика» жалпы физика курсының бір бөлігін студенттердің меңгеру барысында, молекулалық физика және термодинамика, экспериментальдық және ғылыми зерттеулердің теориялық әдістері салаларындағы кәсіби білімдер мен машықтарды алу.

Пәнді меңгерудің арнайы тақырыптары: Молекулалық қозғалыспен және молекулааралық соқтығысулармен анықталатын күйлер мен процестер жүретін жүйелерді зерттеу. Курсты физикалық эксперименттер мен тәжірибелерді негізінде жинақталған физикалық теория ретінде қарастыру. Пәннің арнайы ерекшеліктерін ашу үшін, өте көп бөлшектерден тұратын жүйелердегі молекулалық физика мен термодинамиканың заңдарының статистикалық заңдылықтарын ашуға болады. Қазіргі заманғы ғылым мен физиканың даму тарихының логикасына сәйкес, адамзат әрекетінің әртүрлі саласындағы жүретін процестерге параметр күйлерін тізбекті түрде енгізумен қатар, молекулалық-кинетикалық сипаттау. Қозғалыстың молекулалық түрі экологияда да маңызды, себебі экологияның келелі мәселелері (жылулық ластанулар, технологиялық ластануларды тазарту проблемалары және т.б.) термодинамика мен физикалық кинетиканың заңдары негізінде шешілуі тиіс, себебі бұл заңдар Табиғаттың жалпы заңдылықтарының бөлігі.

Курсты меңгергеннен кейінгі білім мен машықтар

- молекулалық физиканың заңдарын, термодинамиканың негіздерін, белгілі-бір жағдайлардағы белгілі физикалық параметрлердің басқалары өзгергендегі заңдылықтарды білуі тиіс;
- құбылыстың физикалық механизмін, белгілі процестердегі термодинамикалық параметрлердің өзгеруін талдай білуі тиіс;
- молекулалық жүйелердің негізгі макропараметрлерін өлшеу әдістері мен приборларды қолдануға үйрене білу;
- молекулалық жүйелермен физикалық эксперимент жүргізуге машықтану; термодинамикалық параметрлер мен тұрақтыларды өлшеу, өлшеу қателіктерін бағалау, компьютерлерді қолдану арқылы, өлшеу нәтижелерін сенімділік интервалындағы статистикалық өңдеуді қолдану;
- молекулалық физика және термодинамикадан есептер шығару.

Әдістеме

Курстағы материалдарды меңгерудің маңызды бөлігі лекциялар болып табылады.. Курсты меңгеру барысында презентациялар, есептер шығару, жаттығулар (логикалық есептер), ситуациялық есептер, фильмдер, қысқаша баяндамалар мен қателіктерді табу әдістері қолданылады.

Курстың құрылымы:

Апта	Лекциялар (2 сағ/апта.)		Практикалық сабақтар (1 сағ/апта.)	Лабораториялық сабақтар (2 сағ/апта.)
	Тақырыптардың аты және олардың мазмұны	Лекциялық демонстрациялар, ТСО, АЭМ, жаңа инновацияларды қолдану және т.б.	Аудиторияда шешілетін есептер нөмірі (ұсынылатын әдебиеттер тізімі көрсетіледі)	Тақырып бойынша жасалатын лабораториялық жұмыстар
1	Кіріспе. Термодинамика мен молекулалық физика пәні және зерттеу кешендері. Материальдық дененің молекула-кинетикалық шартты үлгісі. Атомдар мен молекулалар массалары. Құрылымдық	Транспоренттер кодоскоп арқылы.	Есептер № 2.2, 2.5, 2.6 Есеп жинағы бойынша [13] негізгі әдебиеттегі.	Физпрактикум лабораториясындағы «Молекулалық физика» пәнінен жүргізілетін кіріспе сабақ. Негізгі әдебиеттер бойынша №1 лабораториялық

	<p>элемент. Зат мөлшері - моль. Феноменолгтық, термодинамикалық, молекула-кинетикалық зерттеу әдістері. Статистикалық және динамикалық заңдылықтар. Заттың құрылыммен, әсерлесу күштерімен, құрылымдық элементтердің арасындағы өзара байланыстары және құрылымдық элементтердің қозғалыс сипатымен байланыстары. Молекулалық физиканың дамуына қысқаша тарихи шолу. Микропроцестердің қайтымдылық қатынастары мен бақыланатын макроқұбылыстардың қайтымсыздық мәселелері. Молекулалық физикада компьютерлерді қолдану. Идеал газ шартты үлгісі.</p>			жұмыс №14 оқу құралы бойынша.
2	<p>Локальдық термодинамикалық тепе-теңдік. Тепе-теңдік және локальдық макропараметрлер. Идеал газдың ішкі энергиясы. Еркіндік дәрежелері бойынша энергияның қалыпты үлестірілуі.</p>	7 - минуттық «Газ заңдары» фильмі	Есептер № 2.10, 2.11 13 нөмірлі есеп жинағы бойынша негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. СӨЖ-ге берілген есептерді талдау.	Физпрактикум лабораториясындағы «Молекулалық физика» пәні бойынша жұмыстар жасау.
3	<p>Математикалық статистиканың негіздері. Молекулалық жүйелердегі кездейсоқ оқиғалар мен кездейсоқ шамалар. Броундық қозғалыс. Оқиғаның болу ықтималдылығы. Ықтималдылықтарды қосу және көбейту. Статистикалық орташалар. Дискреттік және үздіксіз кездейсоқ шамалардың орташа мәндері. Эргодикалық болжам. Флуктуация. Кездесок шамалардың</p>	Кодоскоп	Есептер № 2.13, 2.14, 2.16 [13] есеп жинағы бойынша негізгі әдебиеттер тізімінен.	Бір жұмысты тапсыру және тағы бір жұмыс жасау мұғалімнің тапсырмасы бойынша.

	<p>корреляциясы. Биномдық үлестірім. Пуассон үлестірімі. Гаусс үлестірімі. Микрокүй және макрокүй. Термодинамикалық ықтималдылық.</p>			
4	<p>Газдар кинетикалық теориясының негізгі теңдеуі. Абсолютті тепе-теңдік жағдайындағы молекулалар жылдамдықтарының Максвелл үлестірімі. Газдардағы молекулалардың орташа сипаттамалық жылдамдықтары. Локальдық тепе-теңдік функция. Ауырлық өрістегі газ. Больцман, Больцман-Максвелл үлестірімдері. Теріс температуралар.</p>		<p>Есептер № 2.21, 2.24, 2.33 Негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [13] есеп жинағы. СӨЖ-ге арналған есептер шешімін талдау.</p>	<p>Бір жұмысты тапсыру және тағы бір жұмыс жасау мұғалімнің тапсырмасы бойынша</p>
5	<p>Термодинамиканың зерттеу кешені және оның құрылымы. Күй функциялары. Термодинамиканың нөлдік бастамасы. Температура. Термодинамиканың бірінші бастамасы және оның физикалық мазмұны. Ішкі энергия. Термодинамикадағы жұмыс ішкі энергияның өзгеріс түрі. Жылу - ішкі энергияның өзгеріс түрінің жылулық формасы. Идеал газдың жылу сиымдылығын молекулалардың еркіндік дәрежелерінің санымен берілуі.</p>		<p>Есептер № 2.68, 2.69 Негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [13] есеп жинағы.</p>	<p>Бір жұмысты тапсыру және тағы бір жұмыс жасау мұғалімнің тапсырмасы бойынша</p>
6	<p>Идеал газдардағы процестер. Қайтымды, қайтымсыз процестер. Нақты процестердің қайтымсыздығы және механика заңдарының қайтымдылығы. Термодинамика мен молекулалық физикадағы қайтымсыздық. Идеал газдағы изопараметрлік процестерге термодинамиканың</p>	<p>«Газдардағы процестер» фильмі</p>	<p>Есептер № 2.73, 2.74, 2.79 Негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [13] есеп жинағы.</p>	<p>Бір жұмысты тапсыру және тағы бір жұмыс жасау мұғалімнің тапсырмасы бойынша</p>

	бірінші заңын қолдану.			
7	Циклдік процестер. Карно циклы. Карно циклының пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК). Карно теоремалары. Клаузиус теңсіздігі. Энтропия. Термодинамиканың екінші бастамасы.		Бақылау жұмысы	Жасалынған лабораториялық жұмыстар бойынша аралық аттестайия.
8	Тұйық жүйелердегі энтропияның өсу заңы. Термодинамиканың екінші бастамасының статистикалық сипаты. Температураның термодинамикалық шкаласы.		Есептер № 2.31, 2.32, 2.33 Негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [13] есеп жинағы.	Бір жұмысты тапсыру және тағы бір жұмыс жасау мұғалімнің тапсырмасы бойынша
9	Гиббстің жалпыланған қатынастары. Термодинамикалық функциялар түсініктері және олардың әдістері (термодинамикалық потенциалдар).		Есептер № 2.124, 2.128,, 2.129 Негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [13] есеп жинағы.	Бір жұмысты тапсыру және тағы бір жұмыс жасау мұғалімнің тапсырмасы бойынша
10	Молкулааралық күштердің табиғаты. Молекулааралық әсерлесулердің күштері және қарапайым эмпирикалық потенциалдар. Нақты газдар және олардың идаел газдар қасиетінен ауытқуы. Нақты газ изотермаларын талдау. Эндрюс изотермалары. Нақты газдардың күй теңдеуі. Джоуль-Томсон құбылысы.	«Джоуль-Томсон құбылысы» фильмі	2.200, 2.210, 2.218 Негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [13] есеп жинағы. Методикалық кеңестер 101бет.	Бір жұмысты тапсыру және тағы бір жұмыс жасау мұғалімнің тапсырмасы бойынша
11	Сұйық күйлердің ерекшеліктері. Беттік құбылыстар. Жақыннан және алыстан әсерлесу тәртібі. Жылулық қозғалыс. Сұйықтардың булануы мен қайнауы. Сұйық ертінділер. Рауль, Генри заңдары. Осмостық қысым. Вант – Гофф заңы.	Фильм	Есептер № 2.175, 2.187, 2.196 Негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [13] есеп жинағы. Методикалық кеңестер 98бет	Бір жұмысты тапсыру және тағы бір жұмыс жасау мұғалімнің тапсырмасы бойынша
12	Қатты денелер физикасының негіздері. Заттардың кристалдық және аморфтық күйлері.	Кодоскоп	Есептер № 2.192, 2.193, 2.160 Негізгі	Бір жұмысты тапсыру және тағы бір жұмыс жасау мұғалімнің

	Кристалдардың физикалық түрлері. Қатты денелердің жылусиымдылығы. Дюлонг және Пти заңы. Сұйық кристалдар.		әдебиеттер тізімі бойынша [13] есеп жинағы.	тапсырмасы бойынша
13	Біртекті емес жүйелердегі процестер. Ағындар. Тасымалдау коэффициенттері және феноменологтық конститутивтік қатынастар. Қайтымсыз процестерді термодинамикада жалпылау. Онзагердің сызықтық феноменологтық қатынастары. Айқас құбылыстар. Энтропия өндірілуі.		Есептер № 2.240, 2.666, 2.69 Негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [13] есеп жинағы. Методикалық кеңестер 106 бет.	Бір жұмысты тапсыру және тағы бір жұмыс жасау мұғалімнің тапсырмасы бойынша
14	Газдардағы тасымалдау процестерінің элементар кинетикалық теориясы. Соқтығысулардың орташа жиілігі. Молекулалардың еркін жүру жолының орташа жылдамдығы және орташа уақыты, көлденең газкинетикалық қимасы. Зат, энергия, импульс тасымалдау процестерінің физикалық мағынасы. Жалпы тасымалдау теңдеуі. Өзіндік диффузия, тұтқырлық, жылуөткізгіштік.		Бақылау жұмысы	Бір жұмысты тапсыру және тағы бір жұмыс жасау мұғалімнің тапсырмасы бойынша
15	Бірінші және екінші текті фазалық ауысымдар. Үш фазалық күйдің диаграммасы. Үштік нүкте.		Бақылау жұмысының нәтижелерін талдау. Нәтиже шығару. Аттестациялау.	Лабораториялық жұмыстар бойынша есеп беру. Аттестациялау.

Курстың барлық бөлімі бойынша семестр бойы студент 8 лабораториялық жұмыс міндетті түрде жасауы тиіс. Лабораториялық жұмыстарды жасаудың тізбектілігін мұғалім әр студенттің ерекшелігі бойынша өзі анықтайды.

СӨЖ және СӨЖМ бойынша методикалық кеңестер

Өзіндік жұмыстардың мақсаты әрбір тақырып бойынша, студенттердің білім мен машықтануларды өз сұрақтарына жауапты әдебиеттерден іздеулерімен қоса есептерді өз бетімен шешуге дағдылануы тиіс.

Студенттердің өзіндік жұмыстарына қойылатын негізгі талаптар – әрбір лекцияның материалдарын тізбекті түрде меңгерумен қатар өз бетімен әдебиеттермен жұмыс істеуге дағдылану. Өзі-өзі бақылау үшін төмендегі таблицаны пайдалану қажет.

Апта	СӨЖ-ге арналған оқылатын тақырып (а), шешілетін есептер нөмірі (б), орындалатын лабораториялық жұмыстар (в)	Ұсынылатын әдебиеттер (Тақырыбы, беті және т.б.)	Бақылау түрлері	Тапсыр мерзімі	Макс. баға, %
1	<p>а) (Теориялық материалдардың тақырыбы) молекулалық физикада енгізілген СИ жүйесінің негізгі шамалары: моль, кельвин. Молекулалық физикадағы процестердің сипаттамалары және күйлер параметрлерінің өзгерісч ерекшеліктері. Термодинамикалық шамалар жалпылығы. Процестер мен күйлердің қатынастары. Термодинамикалық тепе-теңдік. Қысым. Температура. Концентрация. Менделеев-Клапейрон теңдеуі. Дальтон заңы.</p> <p>б) (Есеп нөмірлері) Есептер № 2.4, 27, 2.8 негізгі әдебиеттер тізіміне сай [13]. Негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [1] оқулық, 198 бет, есептер № 2.2, 2..3 .</p> <p>в) (Лабораторлық жұмыс) №1 лабораторлық жұмысты жасауға дайындалу ([14] оқулық бойынша негізгі әдебиеттер тізіміне сәйкес). Өлшеу қателіктерін талдау туралы кеңестерді меңгеру.</p>	<p>а) (теория үшін) Негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [1] . (7 - 17беттер, 73-84). Негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [2] (7 - 17 беттер). Негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [3] . (262 - 268 беттер).</p> <p>б) (есептер үшін) Негізгі әдебиеттер тізіміндегі есептер жинағы бойынша [13] № 2.4, 2.7, 2.8, методикалық кеңестер 77 бетте. Негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [1] 198 бет, есептер № 2.2, 2..3.</p> <p>в) (лаб.жұм. үшін) №1 лабораториялық жұмыстың №14 оқу құралы бойынша сипаттамасы.</p>	<p>а)(теория) Тез сұрау.</p> <p>б) (есеп.) есептің шешімі болуын тексеру.</p> <p>в) (лаб.жұм) Жұмыс конспекті сі мен тәжірибе нәтижесін тексеру Негізгі әдебиетте р тізіміне сай [1]. (7 - 17 беттер, 73-84).</p>	<p>а)(теор.) Екінші аптада.</p> <p>б) (есеп) Екінші аптада.</p> <p>в) (лаб) Екінші аптада.</p>	<p>а) (теор) 0,3%</p> <p>б) (есеп) 0,6%</p> <p>в) (лаб) 0,6%</p>
2	<p>а) Идеал газ. Параметрлер арасындағы қасиеттер мен қатынастарды сипаттау үшін күй теңдеулерін қолдану.</p> <p>б) (Есеп нөмірлері) Есептер № 2.9, 2.12 негізгі әдебиеттер тізіміндегі жинақ бойынша [13]. Есептер № 2.12, 2.13 негізгі әдебиеттер тізімі бойынша оқулық [1], 198 бет.</p> <p>в) (Лабораторлық жұмыс)</p>	<p>а) (теория үшін) Оқулық [1] негізгі тізім бойынша. 34, 35 бет. Оқу құралы [2] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. (23, 35-39 беттер). Оқу құралы [3] негізгі тізім бойынша. (273 - 277 беттер).</p> <p>б) (есептер үшін)</p>	<p>а) (теор.) Тез сұрау.</p> <p>б) (есеп) шешімді және оның талдауын тексеру.</p> <p>в) (для лаб.раб) Конспекті мен өлшенген</p>		<p>а) (теор) 0,3%</p> <p>б) (есеп) 0,6%</p> <p>в) (лабор) 0,6%</p>

	<p>лабораторлық жұмысты жасауға дайындалу ([14] оқулық бойынша негізгі әдебиеттер тізіміне сәйкес) және қосымша әдебиеттер тізімі бойынша.</p>	<p>Нөмірі [13] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша жинақ Есептер № 2.4, 2.7, 2.8, методикалық кеңестер 77 бетте.</p> <p>Оқулық [1] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша, 198 бет, есептер № 2.12, 2.13.</p> <p>в) (лаб.жұмыс) [14] оқу құралы бойынша лабораторлық жұмыстың сипаттамасы.</p>	<p>шаманың мәндерін тексеру.</p>		
3	<p>а) Локальдық термодинамикалық тепе-теңдік. Тепе-теңдіктегі және локальдық теңдіктегі макропараметрлер. Барометрлік формула.</p> <p>б) (Есеп нөмірлері) Есептер № 2.15, 2.17, 2.18 по нөмірі [13] негізгі әдебиеттегі.</p> <p>Есеп № 2.11 оқулық [1] негізгі әдебиеттер тізіміне сәкес 198 бет.</p> <p>в) (Лабораторлық жұмыс) Лабораторлық жұмысты жасауға дайындалу(оқу құралы [14] негізгі әдебиеттегі) және қосымша әдебиет тізімі бойынша.</p>	<p>а) (теория үшін) Оқулық [1] негізгі әдебиеттер тізіміне сәйкес. (84-95бет).</p> <p>Оқу құралы [2] негізгі әдебиеттер тізіміне сәйкес. (48-55беттер).</p> <p>Оқу құралы [3] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. (289, 290 бет).</p> <p>б) (есептер үшін) Жинақ бойынша есептер[13] негізгі әдебиеттер тізіміне сай есептер № 2.15, 2.17,2.18, методик. кеңестер. 77 бетте.</p> <p>Есеп № 2.11 оқулық [1] негізгі тізім бойынша, 198бет.</p> <p>в) (лаб.жұм.үшін) Негізгі әдебиеттер тізіміне сай №[14] оқу құралы .</p>	<p>а) (теори) Тез сұрау.</p> <p>б) (есеп) шешімді және талдауды тексеру.</p> <p>в) (лаб.жұм) Конспектi мен есептеу нәтижелерiн тексеру.</p>		<p>а) (теор) 0,3%</p> <p>б) (есеп) 0,6%</p> <p>в) (лаб) 0,6%</p>
4	<p>а) Молярлық жылусиымдылық, идеал газдың меншікті жылу сиымдылығы, байланысы. Жылу сиымдылықты өлшеу әдістері мен қатынастары.</p> <p>б) (Есептің нөмірі) №2.19, 2.20, 2.32 [13] жинақ бойынша негізгі әдебиеттегі.</p> <p>в) (Лабораторлық жұмыс) Лабораторлық жұмысты жасауға дайындалу ([14] оқу</p>	<p>а) (теория үшін) Оқулық [1] негізгі әдебиеттер тізіміне сәйкес. (145 бет).</p> <p>Оқу құралы [2] негізгі әдебиеттер тізіміне сәйкес. (103 - 116 бет).</p> <p>Оқу құралы [3] негізгі әдебиеттер тізіміне сәйкес. (277 - 280 бет).</p>	<p>а) (теория) Тез сұрау.</p> <p>б) (есеп) шешімді және талдауды тексеру.</p> <p>в) (лабор) Өлшейтін шамалар мәндерін</p>		<p>а) (теор) 0,3%</p> <p>б) (есеп) 0,6%</p> <p>в) (лаб) 0,6%</p>

	кұралын қараңыз).	б) (есептер үшін) Нөмірі [13] есептер жинағы бойынша № 2.20, 2.22, 2.23 , методикалық кеңестер 77, 80 бет. в) (лаб.жұм.үшін) Негізгі әдебиеттер тізіміне сәйкес [14] оқу құралы бойынша дайындық.	тексеру.		
5	а) Ықтималдылықтың жиіліктік анықтамасы. Күрделі оқиғалардың ықтималдылығы. Максвелл үлестірімі. Молекулалардың орташа жылдамдықтары мен арасындағы қатынастар. б) (Есептер нөмірлері) №2.66, 2.67, 2.72 [13] есептер жинағы бойынша негізгі тізімге сәйкес. Есептер № 1.4, 1.6 негізгі тізімдегі [1] оқулық бойынша. 131 бет. в) (Лабораторлық жұмыс) Лабораторлық жұмысты жасауға дайындалу(оқу құралы [14] негізгі әдебиеттегі) және қосымша әдебиет тізімі бойынша.	а) (теория үшін) Оқулық [1] негізгі тізім бойынша. (17 - 654 беттер). Оқу құралы [2] негізгі тізімге сәйкес. (55 - 83 беттер). Оқу құралы [3] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. (291 - 300 беттер). б) (есептер үшін) Нөмірі [13] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. Есептер № 2.4, 2.7, 2.8, методикалық кеңестер. 85 бетте. Есеп № 1.4, 1.6 [1] негізгі әдебиеттер тізіміндегі оқулық. 131бет. в) (лаб.жұм.үшін) Негізгі әдебиеттер тізіміне сай №[14] оқу құралымен лаб.жұмысқа дайындалу.	а) (теор) Тез сұрау. б) (есеп) шешімді және талдауды тексеру. в) (для лаб.раб) Өлшейтін шамалар мәндерін тексеру.		а) (теор) 0,3% б) (есеп) 0,6% в) (лаб) 0,6%
6	а) Жұмыс және жылудың эквиваленттігі. Жылу машиналарының жұмыс жасау термодинамикалық принциптері. Термодинамиканың бірінші бастамасы мәңгілік бірінші текті қозғалтқыштарға тиым салуына негіз. б) (Есептердің нөмірлері) Есептер №2.75, 2.76, 2.77 нөмірі [13] негізгі тізімдегі есептер жинағы бойынша. Есептер № 1.18, 1.19 негізгі тізімдегі [1] оқулық бойынша, 131 бет. в) (Лабораторлық жұмыс)	а) (теория үшін) Оқулық [1] негізгі тізім бойынша. (134 -143, 161-174 бет). Оқу құралы [2] негізгі тізімге сәйкес. (97 - 103, 254-264 беттер). Оқу құралы [3] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. (268 - 274 беттер). б) (есептер үшін) Нөмірі [13] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. Есептер № 2.4, 2.7, 2.8,	а) (теор) Коллоквиум б) (есеп) аралық аттестацияға арналған бақылау жұмысы. в) (лаб.) Өлшейтін шамалар мәндерін тексеру.		а) (теор) 0,3% б) (есеп) 0,6% в) (лаб) 0,6%

	Лабораторлық жұмысты жасауға дайындалу(оқу құралы [14] негізгі әдебиеттегі) және қосымша әдебиет тізімі бойынша.	методикалық кеңестер. 77 бетте. в) (лаб.жұм.үшін) Негізгі әдебиеттер тізіміне сай №[14] оқу құралымен лаб.жұмысқа дайындалу.			
7	а) Изобарлық, изохоралық, адиабаталық процестер. Политроптық процесс және оның жылусиымдылығы. Политроптық процестің жылусиымдылығының политропа көрсеткішіне тәуелділігі. б) (Есептер нөмірлері) 2.83, 2.84, 2.85 негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [13] есептер жинағынан. в) (Лабораторлық жұмыс) Лабораторлық жұмысты жасауға дайындалу(оқу құралы [14] негізгі әдебиеттегі) және қосымша әдебиет тізімі бойынша.	а) а) (теория үшін) Оқулық [1] негізгі тізім бойынша. (151 -157 бет). Оқу құралы [2] негізгі тізімге сәйкес. (116 - 130 беттер). Оқу құралы [3] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. (280 - 286 беттер). б) (есептер үшін) Нөмірі [13] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. методикалық кеңестер. 80 бетте. в) (лаб.жұм.үшін) Негізгі әдебиеттер тізіміне сай №[14] оқу құралымен лаб.жұмысқа дайындалу.	а) (теор) Тез сұрау б) (есеп) шешімдер мен талдауды тексеру. в) (лаб.) Өлшейтін шамалар мәндерін тексеру.		а) (теор) 0,3% б) (есеп) 0,6% в) (лаб) 0,6%
8	а) Термодинамиканың екінші бастамасы. Қайтымсыз процестердегі энтропияның өзгерісі. Изопараметрлік процестердегі энтропияның өсімшесі. Жылу берудің қайтымсыздығы. б) (Есептер нөмірлері) 2.25, 2.26, негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [13] есептер жинағынан, ал № 2.9 негізгі тізім бойынша [1] . в) (Лабораторлық жұмыс) Лабораторлық жұмысты жасауға дайындалу(оқу құралы [14] негізгі әдебиеттегі) және қосымша әдебиет тізімі бойынша.	а) (теория үшін) Оқулық [1] негізгі тізім бойынша. (176 -189 бет). Оқу құралы [2] негізгі тізімге сәйкес. (176 - 189 беттер). Оқу құралы [3] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. (286 - 306 беттер). б) (есептер үшін) Нөмірі [13] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. методикалық кеңестер. 80 бетте. в) (лаб.жұм.үшін) Негізгі әдебиеттер тізіміне сай №[14] оқу құралымен лаб.жұмысқа дайындалу.	а) (теор) Тез сұрау б) (есеп) шешімдер мен талдауды тексеру. в) (лаб.) Өлшейтін шамалар мәндерін тексеру.		а) (теор) 0,3% б) (есеп) 0,6% в) (лаб) 0,6%
9	а) Лежандр түрлендірулері. Максвелл қатынастары.	а) (теория үшін) Оқулық [1] негізгі	а) (теор) Тез сұрау		а) (теор) 0,3%

	<p>б) (Есептер нөмірлері) 2.38, 2.42, негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [13] есептер жинағынан.</p> <p>в) (Лабораторлық жұмыс) Лабораторлық жұмысты жасауға дайындалу(оқу құралы [14] негізгі әдебиеттегі) және қосымша әдебиет тізімі бойынша.</p>	<p>тізім бойынша. (189 -197 бет).</p> <p>Оқу құралы [2] негізгі тізімге сәйкес. (276 - 280 беттер).</p> <p>Оқу құралы [3] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. (356 - 360 беттер).</p> <p>б) (есептер үшін) Нөмірі [13] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша 82 бетте. методикалық кеңестер. 80 бетте.</p> <p>в) (лаб.жұм.үшін) Негізгі әдебиеттер тізіміне сай №[14] оқу құралымен лаб.жұмысқа дайындалу.</p>	<p>б) (есеп) шешімдер мен талдауды тексеру.</p> <p>в) (лаб.) Өлшейтін шамалар мәндерін тексеру.</p>	<p>б) (есеп) 0,6%</p> <p>в) (лаб) 0,6%</p>
10	<p>а) Ван-дер-Ваальс изотермалары. Метастабильдік күйлер және оларды практика жүзінде Вильсон, көпіршіктік камераларында қолдану. Шалаөткізгіштердің метастабильдік күйлері. Сындық құбылыстар. Вириальдық күй теңдеуі және сығылымдылық факторы бар күй теңдеуі. Нақты газдардың ішкі энергиясы.</p> <p>б) (Есептер нөмірлері) 2.123, 2.122, 2.125 негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [13] есептер жинағынан. Есептер № 2.5, 2.6 нөмірі [1] оқулығы бойынша, 198 б.</p> <p>в) (Лабораторлық жұмыс) Лабораторлық жұмысты жасауға дайындалу(оқу құралы [14] негізгі әдебиеттегі) және қосымша әдебиет тізімі бойынша.</p>	<p>а) (теория үшін) Оқулық [1] негізгі тізім бойынша. (199 -224, 231-236 бет).</p> <p>Оқу құралы [2] негізгі тізімге сәйкес. (208 - 240 , 386-389 беттер).</p> <p>Оқу құралы [3] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. (286 - 289 беттер).</p> <p>б) (есептер үшін) Нөмірі [13] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша № 2.4, 2.7, 2.8, есептер, методикалық кеңестер. 92 бетте.</p> <p>в) (лаб.жұм.үшін) Негізгі әдебиеттер тізіміне сай №[14] оқу құралымен лаб.жұмысқа дайындалу. (для задач)</p>	<p>а) (теор) Тез сұрау</p> <p>б) (есеп) шешімдер мен талдауды тексеру.</p> <p>в) (лаб.) Өлшейтін шамалар мәндерін тексеру.</p>	<p>а) (теор) 0,3%</p> <p>б) (есеп) 0,6%</p> <p>в) (лаб) 0,6%</p>
11	<p>а) Беттік керілу. Лаплас формуласы. Жұғу және жүкпау. Капиллярлық құбылыстардың практикалық қолданулары.</p> <p>б) (Есептер нөмірлері) 2.22, 2.23, 2.155 негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [13] есептер жинағынан.</p>	<p>а) (теория үшін) Оқулық [1] негізгі тізім бойынша. (236 - 245 бет).</p> <p>Оқу құралы [2] негізгі тізімге сәйкес. (331 - 343 беттер).</p> <p>Оқу құралы [3]</p>	<p>а) (теор) Тез сұрау</p> <p>б) (есеп) шешімдер мен талдауды тексеру.</p> <p>в) (лаб.) Өлшейтін</p>	<p>а) (теор) 0,3%</p> <p>б) (есеп) 0,6%</p> <p>в) (лаб) 0,6%</p>

	<p>Есептер № 2.11 нөмірі [1] оқулығы бойынша, 198 б.</p> <p>в) (Лабораторлық жұмыс) Лабораторлық жұмысты жасауға дайындалу(оқу құралы [14] негізгі әдебиеттегі) және қосымша әдебиет тізімі бойынша.</p>	<p>негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. (371 - 382 беттер).</p> <p>б) (есептер үшін) Нөмірі [13] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша есептер, методикалық кеңестер 77 бетте.</p> <p>в) (лаб.жұм.үшін) Негізгі әдебиеттер тізіміне сай №[14] оқу құралымен лаб.жұмысқа дайындалу. (для задач)</p>	<p>шамалар мәндерін тексеру.</p> <p>.</p>		
12	<p>а) Кристалдар симметриясының элементтері. Кристалдар классификациясы және кристографиялық жүйелер. Элементар ұяшық. Браве торлары. Кристалдардағы ақаулар. Дислокациялар. Сұйық кристалдардың қолданылуы.</p> <p>б) (Есептер нөмірлері) 2.172, 2.171, 2.174 негізгі әдебиеттер тізімі бойынша [13] есептер жинағынан. Есептер № 3.8, 3.21 нөмірі [1] оқулығы бойынша, 270 б.</p> <p>в) (Лабораторлық жұмыс) Лабораторлық жұмысты жасауға дайындалу(оқу құралы [14] негізгі әдебиеттегі) және қосымша әдебиет тізімі бойынша.</p>	<p>а) (теория үшін) Оқулық [1] негізгі тізім бойынша. (271 - 289 бет).</p> <p>Оқу құралы [2] негізгі тізімге сәйкес. (7 -17, 35-39 беттер).</p> <p>Оқу құралы [3] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. (399 - 437 беттер).</p> <p>б) (есептер үшін) Нөмірі [13] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша есептер, методикалық кеңестер 77 бетте.</p> <p>в) (лаб.жұм.үшін) Негізгі әдебиеттер тізіміне сай №[14] оқу құралымен лаб.жұмысқа дайындалу. (для задач)</p>	<p>а) (теор) Тез сұрау</p> <p>б) (есеп) шешімдер мен талдауды тексеру.</p> <p>в) (лаб.) Өлшейтін шамалар мәндерін тексеру.</p> <p>.</p>		<p>а) (теор) 0,3%</p> <p>б) (есеп) 0,6%</p> <p>в) (лаб) 0,6%</p>
13	<p>а) Айқас құбылыстар және оларды практикада қолдану. Өртүрлі қайтымсыз процестердегі энтропияның өндірілуі. Сақталатын және сақталмайтын шамаларға арналған баланстық қатыстар.</p> <p>б) (Есептің нөмірлері) Есептер № 2.196, 2.197 нөмірі [13] негізгі тізімдегі есептер жинағы бойынша. Метод. кеңестер 98 бетте. Есептер № 3.18, 3.19 нөмірі [1] негізгі тізімдегі әдебиет бойынша, 270 бет.</p>	<p>а) (теория үшін) Оқулық [1] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. (343 - 349 беттер).</p> <p>Оқу құралы [5] қосым. әдебиеттер тізімі бойынша.</p> <p>Монографиялар [9,11] қосымша тізім бойынша.</p> <p>б)) (есептер үшін) Есептер № 2.4, 2.7, 2.8, [13] негізгі әдебиеттер тізімі</p>	<p>а) (теор) Тез сұрау.</p> <p>б) (есеп) шешуі мен талдауын тексеру.</p> <p>в) (лаб.ж) Өлшеген шаманың мәндерін тексеру.</p>		<p>а) (теор) 0,3%</p> <p>б) (есеп) 0,6%</p> <p>в) (лаб) 0,6%</p>

	в) (Лабораторлық жұмыс) Лабораторлық жұмысты жасауға дайындалу ([14] оқу құралын қараңыз).	бойынша. Методикалық кеңес. 98, 101 беттерде. в) (лаб.жұм.үшін) Лабораторлық жұмысты жасау үшін [14] негізгі әдебиеттер.			
14	а) Молекулалық әсерлесулерді сипаттайтын шамалар арқылы өрнектелген тасымал коэффициенттері. Өзара диффузия құбылысы. Термодиффузия. Стационарлық емес жылу өткізгіштік теңдеуі. Сиретілген газдағы физикалық құбылыстар. Сұйықтардағы тасымалдау құбылыстарының ерекшеліктері. Френкель формуласы. Молекулалық динамика әдісін тасымалдау процестерін модельдеуге қолдану. б) (Есептер нөмірлері) Есептер № 2.235, 2.236, 2.238 нөмірі [13] негізгі әдебиеттер тізіміндегі жинақ бойынша. Есеп № 2.11 [1] оқулық бойынша негізгі әдебиеттер тізіміне сәйкес, 198 бет. в) (Лабораторлық жұмыс) Лабораторлық жұмысты жасауға дайындалу ([14] оқу құралын қараңыз).	а) (теория үшін) Оқулық [1] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. (317 - 343 беттер). Оқу құралы [2] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. (131 - 197 беттер). Оқу құралы [3] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. (400 - 421 беттер). Монография [11] қосымша әдебиеттер тізімі бойынша б) (есептер үшін) Нөмірі [13] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. Методикалық кеңестер. 106 бет. в) (лаб.жұм.үшін) Лабораторлық жұмысты жасауға дайындалуға [14] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша.	а) (теор) Тез сұрау. б) (есеп) шешуі мен талдауын тексеру в) (лаб.жұм) Өлшеген шаманың мәндерін тексеру.		а) (теор) 0,3% б) (есеп) 0,6% в) (лаб) 0,6%
15	а) Клапейрон-Клаузиус теңдеуінің формуласы. Екінші текті фазалық ауысымдар. Сұйық гелийдің қасиеттері. Асқынақыштық. Молекулалық физика мен термодинамиканың қазіргі заманғы даму күйі және болашақтағы дамуы. Ашық жүйелердің физикасы. Молекулалық физика және экорлогиялық проблемалар. б) (Есептер төмірлері) Есептер № 2.267, 2.268, 2.271 нөмірі [13] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша жинақтан. Есеп № 5.1, 5.3 оқулық [1] негізгі тізімге сай, 352бет. в) (Лабораторлық жұмыс)	а) (теория үшін) Оқулық [1] негізгі тізім бойынша. (213 – 215 , 302-307 беттер). Оқу құралы [2] негізгі тізім бойынша. (383 – 398, 436 – 449 беттер). Оқу құралы [3] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша. (383 - 399 беттер). б) (есептер үшін) Нөмірі [13] негізгі әдебиеттер тізімі бойынша есептер	а) (теор) Өтілген барлық материал бойынша бақылау жұмысы (таңдау). б) (есептер) бақылау жұмысы. в) (лаб.жұм) Жұмыста рды тапсыру және қортынды		

	Лабораторлық жұмысты жасауға дайындалу ([14] оқу құралын қараңыз).	жинағынан. Методикалық кеңестер. 106 бетте. в) (лаб.жұмыс) Лабораторлық жұмыстардың кітабы [14] оқу құралы бойынша.	сынақ.		
--	---	--	--------	--	--

Ұсынылатын әдебиеттер тізімі **Негізгі әдебиеттер**

1. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
2. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1976.- 480 с.: ил.
3. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с. : ил.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики, том 2 – Термодинамика и молекулярная физика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1979.- 552 с.: ил.
5. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. Учебное пособие для втузов. М.: Высшая школа. 1999-. – 718 с.
6. Телеснин Р.В. Молекулярная физика. – М.: Высш. шк., 1973.- 360 с.: ил.
7. Яковлев В.Ф. Курс физики. Теплота и молекулярная физика. – М.: Просвещение, 1976. – 320 с.
8. Шебалин О.Д. Молекулярная физика. – М.: Высш. шк., 1978. – 167с.
9. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Том 3-4. Т.4. Кинетика. Теплота. Звук. М.: Мир, 1978. – 496с.
10. Рейф Ф. Статистическая физика.(Берклеевский курс физики, том 5) – М.: Наука, 1972.-352 с.
11. Радченко И.В. Молекулярная физика. М.: Наука, 1965.- 479 с.
12. Штрауф Е.А. Курс физики. Для высш. техн. учеб. заведений. Т. 1.- Физические основы механики, термодинамики и молекулярная физика. Л.: Судпромиздат, 1960.- 484 с.
13. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. Изд. 2-е. М.: Наука, 1988. -415 с.
14. Молекулярная физика. Общий физический практикум. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений./ Исатаев С.И. и др. Алматы: Казак университеті, 2003.- 140 с.
15. Ә.С.Асқарова., М.С.Молдабекова Молекулалық физика: Жоғары оқу орындарына арналған оқулық.-Алматы, 2006ж, 245бет.

Қосымша әдебиеттер

1. Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лифшиц Е.М. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика. М.: Наука Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1965.- 384 с.: ил.
2. Поль Р.В. Механика, акустика и учение о теплоте. – М.: ГИТТЛ .-1957 484с.
3. Робертс Дж. Теплота и термодинамика. – М-Л.: 1950.- 592с.
4. Хвольсон О.Д. Курс физики (в пяти томах). Том 1. Изд. 5. Р.С.Ф.С,Р. Гос. изд., Берлин, 1923 . – 676с.
5. Базаров И.П. Термодинамика: Учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1991.- 376 с.: ил.
6. Гинзбург В.Л., Левин О.М., Сивухин Д.В., Яковлев И.А. (под ред. Д.В.Сивухина) Сборник задач по общему курсу физики, часть 2 (термодинамика и молекулярная физика) М.: Наука, 1976. – 208с.
7. Сахаров Д.И. Сборник задач по физике.-М.: Просвещение, 1967. -288с.
8. Термодинамика. Терминология. Вып. 85. М.: Наука, 1973.- 56с.
9. Булатов Н.К., Лундин А.Б. Термодинамика необратимых физико-химических процессов.- М.: Химия, 1984. -336с.
10. Шредингер Э. Что такое жизнь? С точки зрения физика. М.: Атомиздат, 1972.-88 с.
11. Курлапов Л.И. Кинетическая теория необратимых процессов в газах: Монография. – Алматы, - 2000. 300 с. ISBN 9965-408-62-9.
12. Больцман Л. Лекции по теории газов.- М.:ГИТТЛ, 1956. – 554с.
13. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Физическая кинетика (Серия: теоретическая физика, том 10)- М.: Наука, 1979.-528с.
14. Курлапов Л.И.Кластерная модель газа. ЖТФ 2003. Том 73, вып. 2, с. 51-55.
15. Курлапов Л.И.Расчет свойств газов на основе кластерной модели. ИФЖ 2003. Том 76 , №4, с. 23-29.

Лекциялар мен семинарларды өткізу күнтізбесі

Кесте 1

Апталар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Бақылау түрлері		ӨЖ	ӨЖ	ӨЖ	ӨЖ	ӨЖ	К	АБ	ӨЖ	ӨЖ	Р	ӨЖ	ӨР	К	АБ
Балл		2	2	2	2	2	8	10	2	2	6	2	2	8	10
Бақылау түрлері: Б – бақылау жұмысы, П – практикалық сабақтар ӨЖ - өзіндік жұмыс, АБ – аралық бақылау, Р- рефераттар және т.б.															

Баға туралы ақпарат, әрбір бағаға сәйкес жұмыстардың сипаттамасы туралы ақпарат, баға қою саясаты

Кесте 2

Апталар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Бақылау түрлері		ӨЖ	ӨЖ	ӨЖ	ӨЖ	ӨЖ	Б	АБ	ӨЖ	ӨЖ	Р	ӨЖ	ӨЖ	Б	АБ
Балл		2	2	2	2	2	8	10	2	2	6	2	2	8	10
Бақылау түрлері: Б – бақылау жұмысы, П – практикалық сабақтар ӨЖ - өзіндік жұмыс, , АБ – аралық бақылау, Р- рефераттар және т.б.															

Білімді бақылау формалары:

Бақылау жұмыстары: 5 жұмыс семестрде

СӨЖ: 5 жұмыс семестрде

Қорытынды емтихан: емтихандарды тапсыру сессиясы кезінде

Білімді бағалау критерийлері, балл %

Бақылау жұмыстары

Жеке тапсырмалар (СӨЖ) 60

Қорытынды емтихан 40

Аралық бақылау (7 аптадағы) өткен лекциялар мен лабораториялық жұмыстардағы теориялық және практикалық сұрақтар бойынша өткізіледі. Бакалаврларға теориялық сұрақтар мен практикалық тапсырмалар алдын-ала беріледі.

Білімді бағалау шкаласы:

Бағаның әріптік баламасы	Бағаның сандық баламасы (GPA)	Пайыздық мазмұны %	Дәстүрлік бағалау жүйесі бойынша
A	4	95-100	"Өте жақсы"
A-	3,67	90-94	
B+	3,33	85-89	"Жақсы"
B	3	80-84	
B-	2,67	75-79	
C+	2,33	70-74	"Қанағаттанарлық"
C	2	65-69	
C-	1,67	60-64	
D+	1,33	55-59	
D	1	50-54	

F	-	0-49	"Қанағаттанарлықсыз" (өткізілмейтін баға)
I	-	-	"Пәнді аяқтаған жоқ"
W	-	-	"Пәннен бас тартты"
AW	-	-	"Пәннен шығарылды"
AU	-	-	"Пән толық тыңдалды"
P/NP (Pass / No Pass)	-	65-100/0- 64	"Сынақтан өтті/ сынақтан өтпеді"

Семестр бойынша бакалаврдың жұмысын бағалағанда ескеріледі:

- сабақтарға келуі;
- практикалық сабақтарға белсенді және тыңғылықты қатысу;
- негізгі және қосымша әдебиеттерді оқуы;
- СӨЖ – ді орындау;
- Барлық тапсырмаларды уақытында өткізу.

Үш СӨЖ тапсырмасын уақытында өткізбегендерге AW бағасы қойылады.

Академиялық мінез және этиканың саясаты

Төзімді басқа көзқарасты сыйлаңыз. Сынды сыпайы және ыңғайлы түрде айтыңыз. Плагиат және көшірудің басқа түрлерін қолдануға болмайды. СӨЖ– ді, аралық бақылауды және қорытынды емтиханда, көмек беруге және көшіруге, басқа біреудің орнына тапсыруға болмайды. Курстың кез-келген ақпаратын бұрмалаған бакалавр қорытынды «F» бағасын алады.

Көмек: Оқилатын курс бойынша СӨЖ-ді орындау, тапсыру және қорғау туралы, немесе өткен материалдар және басқа сұрақтар, қосымша мәліметтер, кеңестер алуға оқытушыға офис-сағаттары кезінде жолығуға болады

Кафедра мәжілісінде талқыланған

Хаттама № 36 « 10 » маусым

2016 ж.

Кафедра меңгерушісі

Бөлегенова Салтанат Алиханова

Лектор

Айтқожаев Абдуает Зайтович

Лекциялардың қысқаша конспектілері

Лекциялар

«Молекулалық физика» пәні бойынша

Авторы: физ.-мат. ғылым. канд. доцент Айтқожаев Абдуает Заитович

1-ші Лекция

Тақырыбы: Зерттеу кешендері: молекулалық физика және термодинамика пәні мен әдістері

Лекцияның мақсаты молекулалық физика және термодинамика пәнінің әдістері туралы кәсіби білімдерді алуға машықтану

Негізгі қолданылатын сөздер. МОЛЕКУЛА, МОЛЬ, АТОМДАР ЖӘНЕ МОЛЕКУЛАЛАР МАССАЛАРЫ, ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЭЛЕМЕНТ, ЗАТ МӨЛШЕРІ, АВОГАДРО ТҰРАҚТЫСЫ, ГАЗ, ИДЕАЛ ГАЗ, КҮЙ ТЕНДЕУЛЕРІ, МАКРОПАРАМЕТРЛЕР.

Материалдық денелердің молекулалық-кинетикалық үлгісі. Молекулалық физика мен термодинамиканың даму тарихына қысқаша шолу. Тепе-теңдік күйлер мен процестер физикасы. Бақыланатын макроқұбылыстар микропроцестеріндегі қайтымдылық және қайтымсыздық қатынастарының мәселелері. Молекулалық физикаға компьютерлерді қолдану.

Пәнді оқыту мақсаты. «Молекулалық физика» пәнін оқыту мақсаты: зерттелетін жүйелердегі процестер тек молекулалық қозғалыс және молекулалааралық әсерлесулермен анықталады. Курстың бұл бөлімін физикалық эксперименттер мен практикалық тәжірибелерді жалпылау негізінде жақсалған физикалық теория ретінде қарастыра отырып, өте көп бөлшектерден құралатын арнайы ерекшеліктері бар зерттеу кешені және молекулалық физика мен термодинамика заңдарының статистикалық сипаттарын ашу. Қазіргі заманғы ғылымның даму логикасына және физиканың тарихына сәйкес, тізбекті түрде нақты кезеңде адамзат әректігінің әртүрлі саласындағы қолданылатын процестерге күй параметрлері мен процестер параметрлерін енгізумен қатар, оларға молекулалық-кинетикалық түсіндірмелер беру қажет. Қозғалыстың молекулалық түрі экологияда маңызды екенін көрсету және экологияның проблемалары (жылулық ластанулар, технологиялық шығарымдарды тазарту мәселелері және т.б.) Табиғаттың жалпы заңдылықтары термодинамика мен физикалық кинетика заңдарының негізінде шешілуі тиіс.

Жоғары оқу орындарына арналған жалпы физика курсына «Молекулалық физика» пәні «Механика» пәні оқылған соң, осы курстың жалғасы ретінде оқылады. «Молекулалық физика» пәніне кіреді: газдардың кинетикалық теориясы, термодинамиканың негіздері, сұйықтар мен қатты денелер физикасының негіздері, тасымалдау процестері. Зерттеу кешендері болып табылады: әртүрлі термодинамикалық жағдайлардағы газдар, сұйықтар, қатты денелер. Бұл кешендерді зерттеуге әртүрлі әдістер қолданылады: эксперимент, феноменологтық сипаттау, молекула-кинетикалық теория, термодинамикалық әдістер, компьютерлік шартты моделдеу. Молекулалық физика – молекулалардың өзара әсерлесуімен және қозғалыстарымен анықталатын заттар қасиеттері туралы ғылым саласы. Физиканың бұл саласында келесі маңызды шамалар енгізіледі: температура, ішкі энергия, жылу, энтропия, диффузия, жылуөткізгіштік, тұтқырлық; олардың микроскоптық түсіндірмелері толығымен беріліп, яғни молекулалық деңгейде. Табиғатта көбінесе кездесетін процестерді есептеуге арналған қатынастар шығарылады.

Молекулалық физика қоршаған ортаны сақтау келелі мәселесіне тікелей қатынасы бар. Себебі, экожүйелердегі негізгі процестер импульсті, энергияны және энтропияны тасымалдау процестері молекулалық физика зерттейді. Қоршаған ортаны ластайтын технологиялық қондырғыларда осы процестер негізінен жүреді. Жылу машиналарындағы процестерді жалпылау негізінде термодинамиканың негізгі қағидалары тұжырымдалған. Қазіргі заманғы индустрияның негізі жылу машиналары және оларды пайдалану қоршаған ортаның ластануына әкеледі. С.Карно және Р.Клаузиус көрсеткендей жылу машинасының қажетті элементі мұздатқыш болып табылады. Қазіргі заманғы жылу машиналары мұздатқыш ретінде қоршаған ортаны пайдаланады, сондықтан бұл жылулық ластанумен бірге әлемдік жылу мәселесіне

әкеледі. Сондықтан ПӘК коэффициенті өте үлкен жылу машинасын жасау, қоршаған ортаға жылулық әсерін кемітеді, бұл экологияға жақсы көзқарастың белгісі.

Бұл курста қайтымды және қайтымсыз процестер енгізілумен қатар зерттеледі. Қазіргі заманғы ғылымда қайтымсыздық проблемасы ең Үлкен есептердің біріне айналды, сондықтан оны шешу үшін, молекулалық физикадағы енгізілген қатаң анықтамалар мен түсініктерді дұрыс қолдану. Ең қиыны жылу мен энтропияның қатаң анықтамаларын дұрыс қолдану. Жылу машиналарының жұмысын талдау арқылы Р. Клаузиус анықтаған және енгізген сақталмайтын шама энтропия. Қайтымсыз процестердегі энтропия туындауының сандық сипаттамасы – энтропияның өндірілуі – қайтымсыздықтың өлшемі ретінде тұйық және ашық жүйелерге қолдануға болады, себебі экожүйелер осындай жүйелерге жатады. Молекулалық физиканың негіздерін білу экологиялық, қайтымсыздық проблемаларының шешімін табуға септігін тигізеді.

Статистикалық әдістер қазіргі заманғы физикаға молекулалық физика арқылы кірді. Молекулалық физикадағы кездесетін көптеген амалдар, қазіргі заманғы физикада әдістемелік жағынан өте бағалы.

Молекулалық физика өте маңызды курс болғандықтан, бұл курсты тек көптеген әдебиеттерді оқу арқылы меңгеруге болады. Молекулалық физикада енгізілген түсініктер және физикалық шамалар, басқа курстарды меңгеруге негіз болады. Төменде машықтануға тесттермен жасалатын жаттығулар берілген.

Атомдар мен молекулалардың массалары. Құрылымдық элемент. Зат мөлшері - моль. Феноменологиялық, термодинамикалық және молекула-кинетикалық зерттеу әдістері. Статистикалық және динамикалық заңдылықтар. Зат қасиеттерінің құрылыммен, құрылымдық элементтердің өзара әсерлесу күштерімен және құрылымдық элементтердің қозғалыс сипаттарымен байланысы. Молекулалық физиканың даму кезеңдеріне қысқаша тарихи шолу. Микропроцестер қатынастарының қайтымдылық мен бақыланатын макроқұбылыстардың қайтымсыздығы проблемалары. Молекулалық физикада компьютерлерді қолдану.

Идеал газ шартты үлгісі.

Молекулалық физикадағы негізгі СИ шамалары: моль, кельвин. Молекулалық физикадағы күй параметрлері мен процестер сипаттамаларының өзгеру ерекшеліктері. Термодинамикалық шамалардың жалпыламалығы. Процестер мен күйлерге арналған қатынастар. Термодинамикалық тепе-теңдік. Қысым. Температура. Концентрация. Менделеев – Клапейрон теңдеуі. Дальтон заңы.

Идеал газдың Менделеев-Клапейрон күй теңдеуін келесі түрде жазуға болады:

$$pV = \frac{m}{M} RT, \quad p = nkT .$$

Өзін-өзі тексеру сұрақтары

1. Молекулалық физикада қандай кешендер зерттеледі?
2. Газ молекулаларының жылулық қозғалысының сипаты қандай?
3. Молекулалық физиканың зерттейтін аумағы?
4. Молекулалық физикада қандай теориялық зерттеулер қолданылады?
5. Физикалық шама дегеніміз не?
6. Авогадро тұрақтысы неге тең N_A ?
7. Молекулалық физикада бірлік масса ретінде ^{12}C изотоп атомының $1/12$ массасы алынған. Бірлік масса неге тең?
8. СИ жүйесіндегі зат мөлшерін өлшейтін негізгі физикалық шама.
9. Идеал газдардың күй теңдеулері.
10. Гелий молекулаларының массасын есептеңіз.
11. Азот молекулаларының массасын есептеңіз.
12. Аргон молекулаларының массасын есептеңіз.

Ұсынылатын әдебиеттер

1. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
2. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1976.- 480 с.: ил.

3. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с. : ил.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики, том 2 - Термодинамика и молекулярная физика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1979.- 552 с.: ил.
5. Термодинамика. Терминология. Вып. 85. М.: Наука, 1973.- 56с.
6. Радченко И.В. Молекулярная физика. М.: Наука, 1965.- 479 с.
7. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебное пособие. 8-е изд. М.: Высшая школа, 2004. – 544 с.
8. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями. Учебное пособие./Трофимова, Т.И., Павлов, З.Г. 4-е изд. - М.: Высшая школа, 2003. – 591 с.
9. Ә.С.Асқарова., М.С.Молдабекова Молекулалық физика: Жоғары оқу орындарына арналған оқулық.-Алматы, 2006ж,245бет.

Лекциялар

«Молекулалық физика» пәні бойынша

Авторы: физ.-мат. ғылым. канд. доцент Айтқожаев Абдуает Зайтович

2- ші Лекция

Тақырыбы: Термодинамикалық тепе-теңдік. Локальдық термодинамикалық тепе-теңдік. Тепе-теңдіктегі және локальдық тепе-теңдіктегі макропараметрлер. Қысым. Температура. Концентрация.

Лекцияның мақсаты студенттердің абсолюттік, локальдық термодинамикалық тепе-теңдіктер және тепе-теңдік және локальдық макропараметрлер туралы кәсіби білімдерді алуға машықтандыру.

Негізгі қолданылатын сөздер. ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ТЕПЕ-ТЕҢДІК, ИДЕАЛ ГАЗДЫҢ ІШКІ ЭНЕРГИЯСЫ, МАКРОПАРАМЕТРЛЕР.

Локальдық термодинамикалық тепе-теңдік. Тепе-теңдік және локальдық макропараметрлер. Идеал газдың ішкі энергиясы. Еркіндік дәрежелері бойынша энергияның бірқалыпты үлестірілуі заңы.

Біртексіз емес жүйелерді сипаттау үшін, (жүйеде макропараметрлер кеңістікте біртекті үлестірілген) локальдық тепе-теңдіктегі макропараметрлерді енгізу қажет. Олар келесі пішін бойынша енгізіледі, мысалы локальдық тығыздық:

$$\rho(\vec{x}) = \lim_{\Delta V \rightarrow V^*} \frac{\Delta m}{\Delta V}$$

мұндағы Δm - газ мөлшерінің массасы.

Қоспа (ертінді, қорытпа) құрамындағы затты компонент деп атайды. Қоспаның қосылыс сандық құрамын әр түрлі тәсілдермен анықтайды. Қоспаның бірлік массасындағы немесе бірлік көлеміндегі зат компоненттерінің мөлшерін концентрация дейміз. Молекулалық физикада концентрацияның бірнеше түрлері қолданылады.

Өзін-өзі тексеру сұрақтары

1. СИ жүйесіндегі ν моль санының өлшемі.
2. СИ жүйесіндегі көлемнің өлшемі.
3. СИ жүйесіндегі тығыздықтың өлшемі.

4. СИ жүйесіндегі термодинамикалық температураны өлшеудің негізгі шамасы -
5. СИ жүйесіндегі термодинамикалық температураның өлшем бірлігі T ?
6. Абсолюттік температурамен T жүз градустық шкаламен t байланысы:
7. Қысым дегеніміз не?
8. Қысымның СИ жүйесіндегі өлшем бірлігі қандай?
9. Жұмыстың СИ жүйесіндегі өлшем бірлігі қандай?
10. Ішкі энергияның СИ жүйесіндегі өлшем бірлігі қандай?
11. Жылудың СИ жүйесіндегі өлшем бірлігі қандай?
12. СИ жүйесінде молярлық массаның өлшемі?
13. Универсал газ тұрақтысының СИ жүйесіндегі өлшем бірлігі қандай?
14. Локалдық тепе-теңдік тығыздық қандай қатынас арқылы енгізіледі:

Ұсынылатын әдебиеттер

1. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
2. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебное пособие. 8-е изд. М.: Высшая школа, 2004.-544 с.
3. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1976.- 480 с.: ил.
4. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с. : ил.
5. Сивухин Д.В. Общий курс физики, том 2 - Термодинамика и молекулярная физика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1979.- 552 с.: ил.

Лекциялар

«Молекулалық физика» пәні бойынша

Авторы: физ.-мат. ғылым. канд. доцент Айтқожаев Абдуает Заитович

3- ші Лекция

Тақырыбы: Математикалық статистиканың негізгі түсініктері. Молекулалық жүйелердегі кездейсоқ шамалар мен кездейсоқ оқиғалар.

Лекцияның мақсаты Молекулалық жүйелердегі математикалық статистиканың және кездейсоқ шамалардың негіздері туралы кәсіби білімдерді меңгеру

Негізгі қолданылатын сөздер. КЕЗДЕЙСОҚ ОҚИҒАЛАР, КЕЗДЕЙСОҚ ШАМАЛАР, ЫҚТИМАЛДЫЛЫҚ, ФЛУКТУАЦИЯ, СТАТИСТИКАЛЫҚ ОРТАШАЛАР.

Кездейсоқ шамалар. Идеал газдағы жекеленген молекулалардың белгілі уақыт мезетіндегі координаттары мен жылдамдықтарын алдын-ала дәл білу мүмкін емес. Себебі олар кездейсоқ шамаларға жатады.

Кездейсоқ шамалармен байланысты заңдылықтарды ықтималдылықтар теориясы мен математикалық статистика зерттейді.

Ықтималдылық. Ғылымда және күнделікті өмірде көптеген әралуан кездейсоқ оқиғалар зерттелініп, жалпы нәтиже келесі түрде тұжырымдалады: оқиға болды немесе болмады. Кездейсоқ оқиғаларды болжайтын теорияның мақсаты осы мүмкіндіктердің сандық сипаттамаларын табу.

Ықтималдылықты жиіліктік анықтамасы. Идеал газ алатын көлемді екі тең бөлікке бөлеміз. Біз бөлшектерді бір-бірінен ажырата аламыз және жеке бөлшектердің орын ауыстыруын бақыланатын жүйеге және бөлшектің қозғалысына әсер тудырмай бақылайтын дәрежеге жеттік деп санайық. Бұл жағдайда жүйе өзгермейтін сыртқы ортада болады деп болжайық.

Зертелетін бөлшек екі көлем бөлігінің бірінде болатын оқиғаны қарастырайық. Бұл жағдайда бақылау нәтижесі келесі тұжырымдарға әкеледі: оқиға болды, яғни бөлшек көлемнің сол бөлігінде немесе бөлшек ол көлемде жоқ, яғни оқиға болған жоқ. Белгілеулер: N — жалпы бақылау саны; N_A — оқиға болған тәжірибелер саны, яғни бөлшек қарастырылатын көлемде; A — оқиға. Болатын оқиғаның ықтималдылығы A . $V.1$ формуласымен анықталады.

$$P = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N_A}{N}.$$

Өзгеріссіз сыртқы жағдайларда ($N \rightarrow \infty$) өте үлкен тәжірибе саны. Бір жүйемен тәжірибелерді өзгеріссіз жағдайларда өткізудің орнына, бірдей өте көп жүйелермен дербес тәжірибе жүргізуге болады. Бірдей өте көп жүйелерді ансамбль деп атаймыз. Сол себепті В.1 формуласындағы N_A саны бөлшектің белгіленген көлемде болуы ансамбльдегі жүйелер саны болады, ал N — ансамбльдегі жалпы жүйелер саны. Бұл екі әдіс өзара эквивалентті, бірақ нақты жағдайларда олардың біреуі екіншісіне қарағанда ыңғайлы болуы мүмкін.

Егер өте үлкен тәжірибе жүргізетін болсақ, В.1 формуласы бойынша ықтималдылықтарды есептеу қарапайым математикалық амал. Бірақ осы формуланың көмегімен белгілі-бір оқиғаның болу ықтималдылығын теориялық есептеу күрделі, себебі осы оқиға болатын N_A тәжірибе санын алдын-ала болжау түсініксіз.

Осындай есептерді қарастырғанда көп жағдайларда комбинаторика көмектеседі. Оның көмегімен кейбір оқиғаның болуына әсер ететін факторларды есептеуге болады. Бұл жағдайда тең мүмкіндіктегі оқиғалар туралы сезімталдық түсініктер, ал олардың математикалық сипаттамасы ретінде пайда болу жиілігі N_A В.1 формуласындағы және ықтималдылықты анықтауға болады. Бұл әдіс көптеген жағдайларда қолданылады.

Ойша екі тең бөлікке бөлінген көлемдегі бөлшектердің қозғалысының бөліктердің тек бірінде болуын қамтамасыз ететін физикалық факторлар жоқ. Екі бөліктің әрбіреуінде бөлшектердің болуы тең мүмкіндікте. Сондықтан бақылаулар саны N өте көп болса, яғни $N_A = N/2$, $a \&(A) = 1/2$. Осындай болжауларды тиындарды лақтыруларда т.б. қолдануға болады.

Барлық жағдайларда тәжірибелердің тең мүмкіндіктегі нәтижелерді анықтау әкеледі. В.1 формуласымен ықтималдылықтарды комбинаторика әдістерімен есептеу келесі жағдайларда жүргізіледі: егер тәжірибе N тең мүмкіндіктегі жүргізілетін болса, яғни N мүмкіндіктерден N_A рет A оқиғалары түссе ықтималдылық В.1 формуласымен беріледі. Мвсалы алты қырлы сүйекті лақтыру кезінде, егер оның қырлары 1, 2, 3, 4, 5, 6 сандары арқылы белгіленген болса, сүйекті N лақтырғанда осы сандардың кез-келгені түсуі мүмкін. 1 саны $N/6$ түсуі мүмкін.

Бұл тәжірибелерде жеке сүйек статистикалық жүйе, ал ансамбль N бірдей сүйектер болады. Ықтималдылықтар тығыздығы. Егер оқиға үздіксіз өзгертін шамалармен сиатталынатын болса, В.1 формуласымен ықтималдылықты анықтауға болмайды. Мысалы бөлшектің жылдамдығы 10 м/с болу ықтималдылығын есептеу мүмкін емес, себебі жылдамдық үздіксіз шама.

Көптеген оқиғаларды бұл жағдайларда есептеу мүмкін емес, ал оларды ықтималдылық арқылы сипаттау тек ықтималдылық тығыздығымен жүргізіледі. Сыртқы жағдайлар өзгермейтін тұйық ыдысты алайық, ал молекулалар ретсіз қозғалыста, яғни бұл жағдайда ыдыстың барлық бөлігі молекулалар үшін тең мүмкіндікте емес. Мысалы ауырлық өрістегі ыдыста молекулалар үшін, ықтимал жағдай ыдыстың төменгі жағы, бірақ молекулалар ыдыстың барлық бөлігінде орналасады. Егер белгілі әдіспен молекулалардың ішінен таңдалып алынған молекуланың кеңістіктегі орынын басқа молекулалардың қозғалысын және орынын өзгертпей анықтайтын болсақ. Әртүрлі бақылауларда молекула әртүрлі нүктелерде болады. Барлық кеңістікті кішкентай көлемдерге бөлсек AVt . Осындай көлемдер шексіз ($i = 1, 2, \dots$). Бақылау санын N деп белгілесек. Яғни, әрбір бақылауда молекула AVt көлемдерінің бірінде болады.

Броундық қозғалыс. Оқиғаның пайда болу ықтималдылығы. Ықтималдылықтарды қосу мен көбейту. Статистикалық орташалар. Дискреттік және үздіксіз кездейсоқ шамалардың орташа мәндері. Эргодикалық гипотеза. Флуктуация. Кездейсоқ шамалардың өзара байланысы. Биномиальдық үлестірім. Пуассон үлестірімі. Гаусс үлестірімі. Макроқұй және микроқұй. Термодинамикалық ықтималдылық.

Өзін-өзі тексеру сұрақтары

1. Ықтималдылық дегеніміз не ?
2. Тәуелсіз оқиғалардың бірге болу ықтималдылығы:
3. Дискреттік кездейсоқ шаманың орташа мәні
4. Үздіксіз өзгертін кездейсоқ шаманың x орташа мәні.
5. Гаусс үлестірімінің қалыпты заңы σ орташа квадраттық ауытқу арқылы жазылуы?
6. Флуктуация дегеніміз не?
7. Флуктуацияның салыстырмалы маңызы . .
8. Эргодикалық болжау нені тұжырымдайды?

Ұсынылатын әдебиеттер

1. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
2. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с. : ил.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики, том 2 - Термодинамика и молекулярная физика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1979.- 552 с.: ил.
4. Ә.С.Асқарова., М.С.Молдабекова Молекулалық физика: Жоғары оқу орындарына арналған оқулық.-Алматы, 2006ж,245бет.

Лекциялар

«Молекулалық физика» пәні бойынша

Авторы: физ.-мат. ғылым. канд. доцент Айтқожаев Абдуает Заитович

4- ші Лекция

Тақырыбы: Газдардың кинетикалық теориясының негізгі теңдеуі. Молекулалар жылдамдықтарының Максвеллдік үлестірімі.

Лекцияның мақсаты студенттердің газдардың кинетикалық теориясының негізгі теңдеуі мен жылдамдықтар бойынша молекулалардың максвеллдік үлестірімі туралы кәсіби білімдерді алып оларға машықтану.

Негізгі қолданылатын сөздер. МОЛЕКУЛА, ХАОСТЫҚ ҚОЗҒАЛЫС, МОЛЕКУЛАЛАР ЖЫЛДАМДЫҒЫ, ИМПУЛЬС, ҚЫСЫМ, ДАЛЬТОН ЗАҢЫ, ГАЗДАРДЫҢ КИНЕТИКАЛЫҚ ТЕОРИЯСЫ, БОЛЬЦМАН ТҰРАҚТЫСЫ, ЭНЕРГИЯНЫҢ ЕРКІНДІК ДӘРЕЖЕЛЕРІ БОЙЫНША ҮЛЕСТІРІЛУІ.

Газдардың кинетикалық теориясының негізгі теңдеуі. Абсолютті термодинамикалық тепе-теңдік тек жағдайындағы максвеллдік үлестірім. Газдардағы молекулалардың сипаттамалық жылдамдықтары. Локальдық – тепе-теңдік функция. Ауырлық өрісіндегі газ. Больцман үлестірімі. Максвелл-Больцман үлестірімі. Теріс температуралар.

Газдардың кинетикалық теориясының негізгі формуласы Менделеев-Клапейрон теңдеуіне кіретін термодинамикалық температураны идеал газ молекулаларының хаосты қозғалысының орташа кинетикалық энергиямен байланыстырады. Қазіргі заманғы физикада үлестірім функциясын нормировкалау арқылы бақыланатын құбылыстарды статистикалық тұжырымдау.

Негізгі теңдеу молекулалардың үлестірім функцияларында Менделеев-Клапейрон теңдеуіне кіретін температураны қолдануға мүмкіндік береді (термодинамикалық температураны). Себебі қысымның туындауы қабырғаға берілетін молекулалардың импульстері немесе жылулық хаосты қозғалыстағы массалары бар молекулалардың элементар беттен өтетін ағысты тудыруы. Осы тұжырымдауды статистикалық ансамбльдерде қолдану үшін, ансамбльдердегі жүйелерді белгілейтін нүктелер нақты молекулалар сияқты қабырғаға импульс береді немесе импульстер ағысын тудырады деп санаймыз. Бірінші осыны Гибс жасамақшы болды. Газдардағы молекулалар мен кескіндеуші нүктелер өзара толық механикалық эквивалентті екенін дәлелдеу керек. Сонда ғана абсолюттік температураны статистикалық үлестірім функциясына енгізу негізделген болып саналады. Фазалық кеңістіктегі кескіндеуші нүктелердің ерекшелігі ансамбльдегі барлық жүйелердің гамильтонианы тұрақты (бірдей) . Бұл талап молекулалар үшін орындалмайды, соқтығысу кезінде әрбір молекуланың энергиясы өзгереді.

Бұл қарастырулар газдардың идеал күйден ауытқу кезіндегі енгізілетін түзетулер кластерлік құрамның эволюциясының әсерінен қысым, температура және қоспа құрамының өзгеруі моль санының айнымалылығына әкеледі.

Кинетикалық теорияның негізгі теңдеуін қорыту идеал газдың шартты үлгісіне негізделген, себебі тепе-теңдік жағдайында молекулалар үздіксіз хаосты жылулық қозғалысқа қатысады, ал газды шектейтін қабырғаға түсірілетін қысым осы қабырғамен соқтығысатын молекулалар импульсінің өзгерісімен анықталады. Енді нақты газдардың кейбір ерекшеліктерін ескеру үшін, молекулаларды өзара сирек соқтығысатын кішкентай шариктер ретінде модельдеуге болады. Мұндай газды Больцман газы деп атайды. Бұл шартты үлгінің артықшылығы бір жағынан үлгі идеал газдың күй теңдеуіне бағынады, ал екінші жағынан максвелл функциясымен сипатталынатын молекулалардың өзара соқтығысуы молекулалар жылдамдығының тепе-теңдік үлестіріміне әкеледі. Идеал газ шартты үлгісінде молекулалар түрінде, ал Больцман газында молекулалардың өлшемдерін ескеру арқылы жылдамдықтардың тепе-теңдік үлестірімінің негізгі себебі. Молекулалар үлестірімінің хаустық сипаты, жылдамдықтың белгілі-бір бағытының және өлшемінің жоқтығы бірінші кезеңде барлық молекулалар модуль бойынша тең жылдамдықтармен қозғалады деуге болады. Орташалау арқылы табылған барлық молекулалар жылдамдығының мәні, орташа жылдамдыққа тең, ал бұл орташаланған мән соңғы формулаларға қойылады.

Тепе-теңдік жағдайындағы қысым күшпен анықталатын күй параметрі ретінде қабылданады. Бұл күшті бірлік уақытта қабырғамен соқтығысқан және қабырғаға импульс берген молекулалардың санын есептеу арқылы табамыз. Алынған нәтижені локальдық тепе-теңдік жағдайына қолдану үшін, dS_x элементар беттің ауданшасы мен оған жататын $v_x dt dS_x$ көлемдерді қарастырамыз. Ox өсін газға сырттай нормаль бойынша dS_x ауданшасына бағытталған. Белгілі уақыт мезеті dt уақытында $v_x dt dS_x$ көлеміндегі және қабырғаға қарай қозғалған ($v_x > 0$) молекулалар басқа молекулалармен соқтығыспай ұшып жетуі.

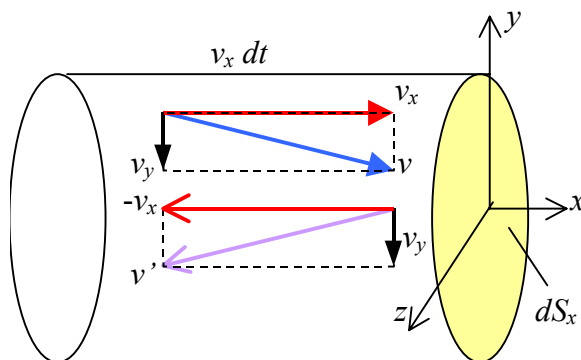
Бір молекуланың ox осі бойымен қабырғамен соқтығысуға дейінгі импульсінің құраушысының түрі:

$$1. K_{ix} = m_i v_x$$

мұндағы K_{ix} - бір молекула импульсінің x - құраушысы,
 m_i - бір молекуланың массасы,
 v_x - молекула жылдамдығының x - құраушысы.

Молекуланың қабырғамен серпімді соқтығысқаннан кейінгі импульсінің x - құраушысы тек белгісін ғана өзгертеді, сондықтан импульстің x -құраушысының өзгерісі келесі түрде беріледі:

$$\Delta K_{ix} = -m_i v_x - m_i v_x = -2m_i v_x$$



Сурет.1.

Молекуланың dS_x ауданшамен соқтығысу сұлбасы v - молекуланың соқтығысуға дейінгі жылдамдығы, v' - молекуланың соқтығысқаннан кейінгі жылдамдығы, v_x - молекула жылдамдығының x - құраушысы, v_y - молекула жылдамдығының y - құраушысы

2. Элементар көлемде $v_x dt dS_x$, келесі $n v_x dt dS_x$, молекулалар бар, олардың жартысы жылдамдықтың x - құраушысы немесе қабырғаға қарай бағытталған. Таңдалынған

молекулалардың әрқайсысы dt уақыт аралығында қабырғамен соқтығысады, сондықтан олардың dt уақыт аралығындағы импульсінің өзгерісі тең:

$$3. dK_x = -2m_i v_x (n/2) v_x dt dS_x = -n m_i v_x v_x dt dS_x$$

Белгіленген элементар көлемдегі $n v_x dt dS_x$ молекулалардан құралған жүйе және dS_x қабырға ауданшасының аумағы тұйықталған механикалық жүйе болып табылады, сол себепті dK_{xW} ауданшасының импульсінің өзгеруінен молекулалардың қабырғамен соқтығысу кезіндегі импульсті алып тастаймыз $dK_{xW} = -dK_x$

Ауданша импульсінің уақыт бойынша туындысы, осы элементар ауданшаға әсер ететін күшке тең:

$$dK_{xW} / dt = F_x$$

Біз ox осі бойынша dS_x ауданшасына әсер ететін күшті қарастырамыз, сондықтан күшті ауданша өлшеміне бөлу арқылы қысым тензорының құраушыларын аламыз:

$$p_{xx} = F_x / dS_x$$

Барлық табылған шамаларды p_{xx} өрнегіне қою арқылы келесі өрнекті аламыз:

$$p_{xx} = dK_{xW} / dt = n m_i v_x v_x dt dS_x / (dt dS_x) = n m_i v_x v_x .$$

Тепе-теңдік жағдайындағы Паскаль заңы біздің белгілеулермен келесі түрде жазылады:

$$p_{xx} = p_{yy} = p_{zz} ,$$

мұндағы p_{yy} , p_{zz} – қысым тензорының компоненттері, егер жылдамдық векторының сәйкес құраушылары ретінде қарастырсақ p_{xx} .

Сонымен Паскальдың тәжірибелік заңы және тепе-теңдік жағдайда кинетикалық теорияда алынған қысым тензорының компоненттеріне арналған заңдылық:

$$n m_i v_x v_x = n m_i v_y v_y = n m_i v_z v_z ,$$

немесе,

$$v_x v_x = v_y v_y = v_z v_z ,$$

мұндағы молекулалардың жылдамдықтары мен олардың құраушылары орташа мәндері қарастырылады.

Осы заңдылықтан еркіндік дәрежелеріне сәйкес энергияның тең үлестірім іргелі заңы туындайды, яғни әрбір еркіндік жәрежесіне сай орташа кинетикалық энергия бірдей:

$$m_i v_x^2 / 2 = m_i v_y^2 / 2 = m_i v_z^2 / 2 ,$$

Жылдамдықтар квадратын құраушылар арқылы өрнектесек,

$$v^2 = v_x v_x + v_y v_y + v_z v_z ,$$

аламыз:

$$v_x v_x = v_y v_y = v_z v_z = 1/3 v^2 .$$

Егер орташаларға кәдімгі бұрыштық жақшаларды қолдану арқылы қатынастарды келесі түрде жазуға болады:

$$\langle v_x v_x \rangle = 1/3 \langle v^2 \rangle .$$

Тепе-теңдік жағдайында жанама кернеуліктер жоқ сондықтан манометр статикалық қысымды p өлшеуге болады өлшемі бойынша (сан мәні бойынша) қысым тензорының компоненттерімен сәйкес келеді p_{xx} яғни статикалық қысымды газдардағы жылулық қозғалыстың орташа энергиясы арқылы өрнектеуге болады:

$$p = 1/3 n m_i \langle v^2 \rangle = 2/3 n \langle m_i v^2 / 2 \rangle = 2/3 n \langle \epsilon_i \rangle .$$

Сонымен, қысымның молекулалардың хаосты жылулық қозғалысының орташа энергиясымен байланысы қабырғамен молекулалардың соқтығысуы таза механикалық қарастырулардың негізінде алынған. Алынған формуланы қысымға арналған газдардың кинетикалық теориясының негізгі формуласы деп аталады, себебі механикадағы анықталған шамалар термодинамикада енгізілген температурамен байланыстырады. Клапейрон-Менделеев күй теңдеуін

$$pV = m / MRT$$

келесі түрге келтіреміз

$$p = m / (MV) RT = m / (m_i N_A V) RT = RT m / (m_i N_A V) = nkT .$$

$$p = nkT .$$

Кинетикалық теорияда алынған қысымға арналған формуланы келесі түрде жазамыз:

$$p = 2/3 n \langle \epsilon_i \rangle .$$

Сонғы өрнектердің сол жақтары өзара тең, сондықтан оң жақтарын теңестіру арқылы аламыз:
 $2/3 n \langle \epsilon_i \rangle = nkT$.

Осы өрнектен молекулалардың жылулық қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы температура арқылы келесі түрде сипатталады:
 $\langle \epsilon_i \rangle = 3/2kT$.

Бір молекуланың хаосты қозғалысының орташа энергиясы $\langle \epsilon_i \rangle$ бірдей үш құраушылардың қосындысына тең, ал бір еркіндік дәрежесіне $1/2kT$ энергия сәйкес келеді. Ал, екінші жағынан алынған қатынасты келесі түрде жазуға болады:

$$\langle m_i v^2 / 2 \rangle = 3/2kT$$

Сонғы формуладан газ молекулалардың жылулық қозғалысының температураға тәуелділігі:

$$T = 2/3 \langle m_i v^2 / 2 \rangle / k$$

Бұл формуланы бір молекуланың ілгерілемелі қозғалысының орташа энергиясы арқылы келесі түрде жазуға болады:

$$T = 2/3 \langle \epsilon_i \rangle / k$$

Пропорциональдық коэффициент ретінде k Больцман тұрақтысы қолданылады. Тұрақтының өлшем бірлігі СИ жүйесінде Дж/К.

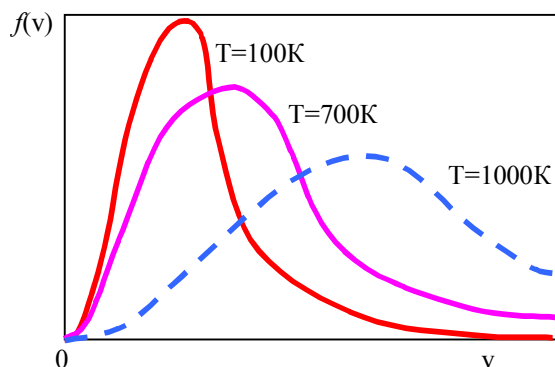
Алынған қатынастарды i еркіндік дәрежелері бар бөлшектерге жалпылауға болады және осындай бөлшектердің орташа энергияларын есептеу әдістерін алуға болады. Бір моль бөлшектің орташа энергиясын анықтау үшін, i еркіндік дәрежелері бар бір бөлшектің орташа энергиясын Авагадро санына көбейтеміз:

$$U = i/2RT$$

Статистикалық физикада энергияны орташалаудың әдістері толықтанып орташа энергия мен температураның арасындағы қатынастар енгізілетін ықтималдылық тығыздығын нормировкалау (молекулалық физикада – молекулалардың жылдамдықтар бойынша үлестірім функциясы).

Өзін-өзі тексеру сұрақтары

1. Серпімді емес соқтығысулардағы екі молекуланың кинетикалық энергияларының қосындысы қалай өзгереді?
2. Температура өскендегі молекулалардың жылдамдығы қалай өзгереді?
3. Изотермдік жағдайда қысым өскендегі молекулалар жылдамдығы қалай өзгереді?
4. Жылдамдықтар бойынша молекулалардың Максвеллдік үлестірім функциясы
5. Қай суретте әртүрлі температурадағы Максвеллдік функцияның графигі дұрыс?



6. Максвелл функциясы қандай нормировкаға бағынады?
7. Егер максвеллдік функция $f(v)$ бірге нормаланған болса, штрихтелген аймақтың мағынасы неде?
8. Максвеллдік функция арифметикалық орташа жылдамдық үшін қандай формуланы береді . . .
9. Молярлық массасы M тепе-теңдіктегі газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы неге тең?
10. Ең ықтимал жылдамдық – қандай жылдамдық ...

11. Газ молекулаларының сипаттама орташа жылдамдықтары қандай қатынаста?
12. Оттегі молекуласының 27 °С температурадағы орташа арифметикалық жылдамдығы неге тең?
13. Азот молекуласының 27 °С температурадағы орташа арифметикалық жылдамдығы неге тең?
14. Идеал газ молекулаларының орташа энергиясы:
15. Газдардың кинетикалық теориясының негізгі формуласы тығыздық арқылы өрнектелуі:
16. Идеал газдар үшін кинетикалық теорияның теңдеулері
17. Температура үшін, кинетикалық теорияның негізгі теңдеуі.
18. I - еркіндік дәрежелері бар газ молекулаларының орташа энергиясы .
19. Қатты байланыстағы екі атомды молекулалардың i еркіндік дәрежелер саны неге тең?

Ұсынылатын әдебиеттер

4. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
5. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1976.- 480 с.: ил.
6. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с. : ил.
7. Сивухин Д.В. Общий курс физики, том 2 - Термодинамика и молекулярная физика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1979.- 552 с.: ил.
8. Ә.С.Асқарова., М.С.Молдабекова Молекулалық физика: Жоғары оқу орындарына арналған оқулық.-Алматы, 2006ж,245бет.

Лекциялар

«Молекулалық физика» пәні бойынша

Авторы: физ.-мат. ғылым. канд. доцент Айтқожаев Абдуает Заитович

5-ші Лекция

Тақырып: Термодинамиканың алғашқы бастамасы. Термодинамиканың бірінші бастамасы және оның физикалық мазмұны.

Лекцияның мақсаты студенттердің термодинамиканың алғашқы және бірінші бастамалары туралы кәсіби білім мен білікті меңгеру.

Негізгі қолданылатын сөздер. ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ АЛҒАШҚЫ БАСТАМАСЫ. ТЕМПЕРАТУРА, ЖҰМЫС, ІШКІ ЭНЕРГИЯ, ЖЫЛУ, ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ БІРІНШІ БАСТАМАСЫ, ЖЫЛУСИЫМДЫЛЫҚ.

Термодинамиканың зерттеу кешені. Термодинамиканың құрылымы. Күй функциялары. Термодинамиканың алғашқы бастамасы. Температура. Термодинамиканың бірінші бастамасы және оның физикалық мазмұны. Ішкі энергия. Термодинамикадағы жұмыс - ішкі энергияның өзгеріс түрі. Жылу ішкі энергияның жылулық түрі.

Бір моль газ үшін термодинамиканың бірінші бастамасы:

$$\delta Q = dU + pdV .$$

Жылуsыйымдылық анықталады

$$C = \frac{\delta Q}{\partial T} .$$

Молярлық жылусиымдылық C және меншікті жылусиымдылық келесі қатынаспен байланысқан:

$$C = cM ,$$

Мұндағы M - молярлық масса.

Молекулалардың жылулық қозғалысының орташа кинетикалық энергиясы температура арқылы байланысқан түрі:

$$\langle \varepsilon_i \rangle = 3/2kT .$$

Бір моль бөлшектердің ішкі энергиясын анықтау үшін, i еркіндік дәрежелері бар бір бөлшектің орташа энергиясын Авагадро тұрақтысына көбейтеміз:

$$U = i/2RT.$$

Идеал газдың молярлық жылусиымдылығы молекулалардың i еркіндік дәрежелері санымен анықталады.

Көлем тұрақты болғанда $V = const$ изохорлық жылусиымдылық енгізіледі:

$$C_V = \left(\frac{\delta Q}{\delta T} \right)_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V, \quad C_V = \frac{i}{2} R$$

Қысым тұрақты болғанда $p = const$ изобарлық жылусиымдылық енгізіледі (яғни молярлық жылусиымдылық):

$$C_p = \left(\frac{\delta Q}{\delta T} \right)_p, \quad C_p = \frac{i + 2}{2} R.$$

Өзін-өзі тексеру сұрақтары

1. Температура дегеніміз не?
2. Термодинамиканың алғашқы бастамасын тұжырымдаңыз?
3. Термодинамикалық жүйенің ішкі энергиясы дегеніміз не?
4. Жылу дегеніміз не?
5. Термодинамикадағы жұмыс дегеніміз не?
6. Термодинамиканың бірінші бастамасы келесі түрде: $dU = \delta Q - \delta A$ не туралы ...
7. Неліктен δQ жылу мөлшері толық дифференциал емес?
8. Неліктен δA элементар жұмыс толық дифференциал емес?
9. Неліктен dU толық дифференциал емес?
10. Неліктен белгілі-бір денеде қанша жылу бар екенін анықтауға болмайды?
11. Неліктен жүйеде қанша жұмыс бар екенін анықтауға болмайды?
12. Қайтымды процестердегі күй функцияларының өсімшесін қалай табуға болады?
13. Қайтымсыз процестердегі күй функцияларының өсімшесін қалай табуға болады?
14. Молярлық жылусиымдылықтың өлшем бірлігі қандай?
15. СИ жүйесінде меншікті жылусиымдылықтың өлшем бірлігі қандай?
16. Тұрақты көлемдегі гелийдің (He) молярлық жылусиымдылығы неге тең?
17. Тұрақты көлемдегі газ күйдегі аргонның (Ar) меншікті жылусиымдылығы неге тең?
18. Гелийдің (He) молярлық жылусиымдылықтарының қатынасы неге тең?
19. Оттегінің (O_2) молярлық жылусиымдылықтарының қатынасы неге тең?
20. Тұрақты көлемдегі 3 моль аргонды (Ar) 10 К қыздыруға керекті жылу мөлшері неге тең?

Ұсынылатын әдебиеттер

8. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
9. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с. : ил.
10. Сивухин Д.В. Общий курс физики, том 2 - Термодинамика и молекулярная физика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1979.- 552 с.: ил.
11. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1976.- 480 с.: ил.

Лекциялар

«Молекулалық физика» пәні бойынша

Авторы: физ.-мат. ғылым. канд. Доцент Айтқожаев Абдуает Зайтович

6 - шы Лекция

Тақырыбы: Идеал газдардағы процестер.

Лекцияның мақсаты идеал газдардағы процестер туралы кәсіби білімдерді меңгеру.

Негізгі қолданылатын сөздер. ТЕРМОДИНАМИКА, ТЕМПЕРАТУРА, ЖҰМЫС, ШКІ ЭНЕРГИЯ, ЖЫЛУ, ИЗОТЕРМДІК ПРОЦЕСС, АДИАБАТТЫҚ ПРОЦЕСС, ПОЛИТРОПТЫҚ ПРОЦЕСС, ЖЫЛУСИЫМДЫЛЫҚ.

Идеал газдардағы процестер. Қайтымды және қайтымсыз процестер. Нақты процестердің қайтымсыздығы мен механика заңдарының қайтымдылығы. Молекулалық физика мен термодинамикадағы қайтымсыздық проблемасы. Идеал газдардағы изопараметрлік процестерге термодинамиканың бірінші бастамасын қолдану.

Изотермдік процесс:

$$T = \text{const}, \quad pV = \text{const}.$$

Жұмыс:

$$A = \int_1^2 p dV = \int_1^2 RT \frac{1}{V} dV = RT \int_1^2 \frac{dV}{V} = RT(\ln V_2 - \ln V_1) = RT \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

Адиабаталық процесс

$$\delta Q = dU + \delta A$$

$$\delta Q = 0$$

$$C_V dT + p dV = 0$$

$$C_V \frac{dT}{T} + \frac{p}{T} dV = 0$$

Идеал газ үшін (бір моль қарастырылады)

$$T = \frac{pV}{R} = \frac{pV}{C_p - C_V}$$

$$\frac{dT}{T} + \left(\frac{C_p}{C_V} - 1 \right) \frac{dV}{V} = 0$$

$$\int \frac{dT}{T} + (\gamma - 1) \int \frac{dV}{V} = 0$$

$C_p / C_V = \gamma$ - адиабата көрсеткіші

$$\ln T + \ln V^{(\gamma-1)} = \text{const}$$

$$\ln(T V^{(\gamma-1)}) = \text{const}$$

$$T V^{(\gamma-1)} = \text{const}$$

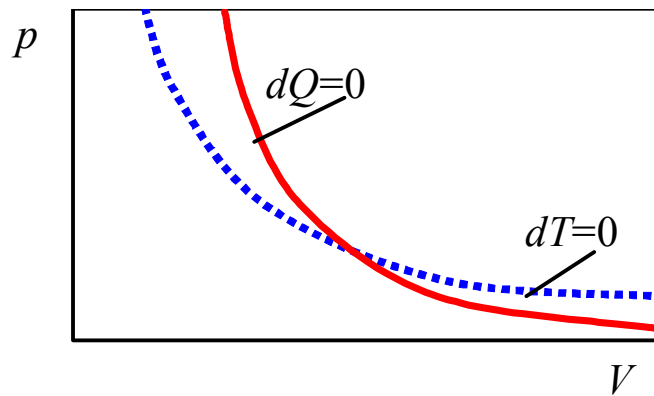
$$pV^\gamma = \text{const}$$

Адиабаттық процестегі жұмыс:

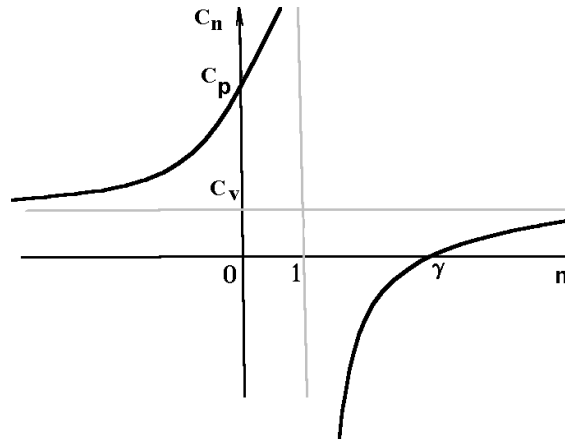
$$A = \int_1^2 p dV = p_1 V_1^\gamma \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^\gamma} = \frac{p_1 V_1^\gamma}{1-\gamma} (V_2^{-\gamma+1} - V_1^{-\gamma+1})$$

$$A = \frac{RT_1}{\gamma-1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right]$$

$$A = \frac{R}{\gamma-1} (T_1 - T_2).$$



Адиабата және изотерманы салыстыру.



Политроптық процестегі жылусымдылық

Политроптық процесс – тұрақты жылусымдылық кезіндегі процесс: $C = \text{const}$.

Политропа теңдеуі.

Термодинамиканың бірінші бастамасы:

$$\delta Q = dU + \delta A$$

Бір моль идеал газ үшін, термодинамиканың бірінші бастамасы молярлық политроптық жылусымдылық C арқылы жазылады:

$$C dT = C_V dT + p dV$$

Бұл теңдеуді түрлендіреміз:

$$(C - C_V) R dT = R p dV$$

$$R dT = p dV + V d p$$

$$(C - C_V) (p dV + V d p) = R p dV$$

$$(C - C_V - R) p dV + (C - C_V) V d p = 0$$

$$(C - C_V - C_p + C_V) p dV + (C - C_V) V d p = 0$$

$$(C - C_p) p dV + (C - C_V) V d p = 0$$

$$(C - C_p) / (C - C_V) p dV + V d p = 0$$

Политроптық көрсеткішті енгіземіз:

$$n = (C - C_p) / (C - C_V)$$

Тұрақты политропа көрсеткіші арқылы p және V айнымалыларына арналған дифференциальдық теңдеу келесі түрде жазылады:

$$n dV / V + d p / p = 0$$

Егер теңдеуді интегралдау арқылы:

$$n \ln V + \ln p = \text{const}$$

$$\ln(p V^n) = \text{const}$$

Бұл өрнекті потенциалға арқылы p , V айнымалыларына арналған политропа теңдеуін аламыз:

$$p V^n = \text{const}$$

Бұл теңдеу идеал газдың адиабаттық теңдеуінен айырмашылығы, адиабаттық көрсеткіштің орнына политроптық көрсеткіш қойылған. Яғни, адиабата және басқа изопараметрлік процестер

политропаның дербес жағдайы болып табылады. Күй теңдеуін пайдаланып басқа айнымалыларға көшуге болады. Политропа теңдеуіндегі T , V айнымалыларын қысымның орнына келесі қатысты қою арқылы алуға болады:

$$p = RT/V$$

Политропаның теңдеуіне қойсақ:

$$T V^{n-1} = \text{const}$$

Политропа көрсеткішінің өрнегінен политроптық процестің жылусиымдылығының формуласын аламыз:

$$C = (n C_V - C_p) / (n - 1)$$

Политроптық процестегі жұмысты адиабаттық процестегі жұмыстың өрнегіне политропа көрсеткішін қою арқылы алуға болады:

$$A = \frac{RT_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{n-1} \right]; \quad A = \frac{R}{n-1} (T_1 - T_2).$$

Өзін-өзі тексеру сұрақтары

- 1 Термодинамикадағы процесс дегеніміз не?
- 2 Термодинамикалық цикл дегеніміз не? Изохорлық процесті сипаттаңыз.
- 3 Изобарлық процесс.
- 4 Изотермдік процесс.
- 5 Адиабаттық процесс.
- 6 Политроптық процесс.
- 7 Гелийдің (He) молярлық жылусиымдылықтарының қатынасы неге тең?
- 8 Оттегі (O_2) молярлық жылусиымдылықтарының қатынасы неге тең?
- 9 Тұрақты көлемдегі 3 моль аргонды (Ar) 10 К –ге қыздыру үшін қанша жылу керек?
10. Изотермдік процестегі ішкі энергияның өзгерісі . . .
- 11 Адиабаталық процестегі жүйенің алатын жылу мөлшері
- 12 Екі атомды қатты молекуладан тұратын бір моль идеал газдың температурасы $T_1 = 300\text{K}$ нен $T_2 = 400\text{K}$ өзгергендегі ішкі энергиясының өсімшесі неге тең?
- 13 Үш атомды қатты молекуладан тұратын бір моль идеал газдың температурасы $T_1 = 400\text{K}$ нен $T_2 = 500\text{K}$ өзгергендегі ішкі энергиясының өсімшесі неге тең?

Ұсынылатын әдебиеттер

1. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
2. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с. : ил.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики, том 2 - Термодинамика и молекулярная физика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1979.- 552 с.: ил.
4. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1976.- 480 с.: ил.
5. Термодинамика. Терминология. Вып. 85. М.: Наука, 1973.- 56с.
6. Радченко И.В. Молекулярная физика. М.: Наука, 1965.- 479 с.
7. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебное пособие. 8-е изд. М.: Высшая школа, 2004.–544с.
8. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями. Учебное пособие./Трофимова, Т.И., Павлов, З.Г. 4-е изд. - М.: Высшая школа, 2003. – 591 с.
9. Штрауф Е.А. Курс физики. Для высш. техн. учеб. заведений. Т. 1.- Физические основы механики, термодинамики и молекулярная физика. Л.: Судпромиздат, 1960.- 484 с.

Лекциялар

«Молекулалық физика» пәні бойынша

Авторы: физ.-мат. ғылым. канд. Доцент Айтқожаев Абдуает Зайтович

7- ші Лекция

Тақырып: Циклдік процестер. Карно циклі.

Лекцияның мақсаты студенттерді идеал газдардағы циклдық процестер, Карно циклі, Энтропия және термодинамиканың екінші бастамасы туралы кәсіби білімдерді меңгеруге үйрету.

Негізгі қолданылатын сөздер. ТЕРМОДИНАМИКА, ТЕМПЕРАТУРА, ЖҰМЫС, ІШКІ ЭНЕРГИЯ, ЖЫЛУ, ИЗОТЕРМДІК ПРОЦЕСС, АДИАБАТАЛЫҚ ПРОЦЕСС, ПОЛИТРОПТЫҚ ПРОЦЕСС, КАРНО ЦИКЛІНІҢ ЖЫЛУСИЫМДЫЛЫҒЫ, ЭНТРОПИЯ, ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ ЕКІНШІ БАСТАМАСЫ, ПӘК.

Циклдық процестер. Карно циклі. Карно циклінің пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК). Карно теоремасы. Клаузиус теңсіздігі. Энтропия. Термодинамиканың екінші бастамасы.

Қайтымды және қайтымсыз циклға арналған жылу машинасының пайдалы әсер коэффициентін жалпы анықталуы:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

мұндағы Q_1 - жылу бергіштен T_1 температурадағы алынған жылу мөлшерінің модулі,

мұндағы Q_2 - жылу қабылдағышқа T_2 температурадағы берілген жылу мөлшерінің модулі.

Карно теоремасына сәйкес қайтымды Карно циклінің пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК) тек қыздырғыштың температурасымен анықталады,

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Егер қайтымсыз циклдің ПӘК – ін қайтымды цикл ПӘК –мен салыстыру арқылы:

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \leq \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

Мұнда сол жақта қайтымды циклға арналған өрнек (бұл жағдайда теңдік белгісі), ал қайтымсыз циклға (бұл жағдайда теңсіздік белгісі).

Соңғы өрнекті түрлендіруге болады:

$$1 - \frac{Q_2}{Q_1} \leq 1 - \frac{T_2}{T_1},$$

Теңсіздіктің екі жағына $\frac{T_2}{T_1} - 1$ шамасын қосу арқылы келесі өрнекті аламыз:

$$-\frac{Q_2}{Q_1} + \frac{T_2}{T_1} \leq 0.$$

Теңсіздікті оң шамаға көбейтсек,

$$\frac{Q_1}{T_2} \left(-\frac{Q_2}{Q_1} + \frac{T_2}{T_1}\right) \leq 0,$$

аламыз:

$$-\frac{Q_2 Q_1}{Q_1 T_2} + \frac{T_2 Q_1}{T_1 T_2} \leq 0$$

$$-\frac{Q_2}{T_2} + \frac{Q_1}{T_1} \leq 0.$$

Жоғарыдағы өрнектегі Q_2 мұздатқышқа берілген жылу мөлшері, ал мұздатқыштан алынған жылу мөлшері минус Q_2 белгіленіп, циклдағы жұмыстық дене алған жылу мөлшерін ескеріп келесі түрде жазамыз:

$$\frac{Q_2}{T_2} + \frac{Q_1}{T_1} \leq 0.$$

Бұл өрнек Клаузиус теңсіздігі: қайтымды циклдағы келтірілген жылу мөлшерлерінің қосындысы нөлге тең, ал қайтымсыз циклда нөлден кіші болады. Теңсіздік циклда екі термостат болған жағдай үшін алынған. Күрделі циклдарды көптеген қарапайым циклдарға бөліп, Клаузиус теңсіздігін келесі түрде жалпылауға болады:

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} + \frac{Q_3}{T_3} + \dots \leq 0.$$

Егер циклды өте кішкентай жылу мөлшерлерін δQ берілетін және алатын элементар циклдарға бөлетін болсақ, келтірілген жылу мөлшерлерінің қосындысы тұйық контур бойынша интегралға көшеді:

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 .$$

Қайтымды циклдар үшін бұл қатынас теңдік ретінде жазылады:

$$\oint \frac{\delta Q}{T} = 0 .$$

Белгілі-бір функцияның өсімшесінен тұйық контур бойынша алынған интеграл нөлге тең, себебі интеграл астындағы өрнек толық дифференциал. Термодинамикада интеграл астындағы өрнек белгілі-бір күй функциясының дифференциалы. Клаузиус жаңа күй функциясын энтропия деп атады. Осы жаңа күй функциясы арқылы соңғы теңдік келесі түрде жазылады:

$$\oint dS = 0 .$$

Сонымен Клаузиус енгізген энтропия күй функциясы ретінде анықталады да, қайтымды процесс кезіндегі өсімшесі келтірілген жылуға тең болады:

$$dS = \frac{\delta Q}{T} .$$

Термодинамиканың екінші бастамасының бірнеше тұжырымдамасы бар. Энтропия арқылы екінші бастама оқшалуланған жүйенің энтропиясы әрқашанда өседі:

$$dS \geq 0 .$$

Өзін-өзі тексеру сұрақтары

1. Изохора мен изобарадан қалай қайтымды цикл алуға болады?
2. Бірінші текті мәңгілік қозғалтқыш дегеніміз не?
3. Екінші текті мәңгілік қозғалтқыш дегеніміз не?
4. Карно жылу машинасының жұмыс принципін қалай сұлба ретінде көрсетуге болады?
5. Кельвин тұжырымдамасына сәйкес термодинамиканың екінші бастамасы бойынша қандай процесс мүмкін емес?
6. Қайтымды Карно циклі бойынша жұмыс жасайтын мұздатқыш машинаның және динамикалық қыздырғыштың (жылулық насостың) жұмыс істеу принциптері (мұнда $T_1 > T_2$):
7. Карно циклінің жұмыстық диаграммасы қалай суреттеледі?
8. Карно циклінің жылулық диаграммасы:
9. Карно циклінде қандай процестер қолданылады?
10. Карно циклін жасау үшін қанша қыздырғыш керек?
11. Бір мұздатқышпен және бір қыздырғышпен қандай қайтымды цикл алуға болады?
12. Энтропия дегеніміз не?
13. Карно циклінде қолданылатын қыздырғыштың жылусиымдылығы қандай?
14. Карно циклінде қолданылатын жылу қабылдағыштың жылусиымдылығы қандай?
15. Практикада жылу машиналарында мұздатқыш ретінде не қолданады?
16. Мұздатқыш ретінде қоршаған ортаны қолданғанда қандай процестер туындайды?
17. Қайтымды цикл бойынша жұмыс жасайтын жылу машинасы практикада қалай қолданылады?
18. Карно жылу машинасының пайдалы әсер коэффициенті қалай енгізіледі?
19. СИ жүйесінің қандай бірлігінде ПӘК өлшенеді?
20. ПӘК – нің өлшем бірлігі қандай?

Ұсынылатын әдебиеттер

10. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
11. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1976.- 480 с.: ил.
12. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с. : ил.
13. Сивухин Д.В. Общий курс физики, том 2 - Термодинамика и молекулярная физика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1979.- 552 с.: ил.

14. Термодинамика. Терминология. Вып. 85. М.: Наука, 1973.- 56с.
15. Радченко И.В. Молекулярная физика. М.: Наука, 1965.- 479 с.
16. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебное пособие. 8-е изд. М.: Высшая школа, 2004.–544 с.
17. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями. Учебное пособие./Трофимова, Т.И., Павлов, З.Г. 4-е изд. - М.: Высшая школа, 2003. – 591 с.

Лекциялар

«Молекулалық физика» пәні бойынша

Авторы: физ.-мат. ғылым. канд. доцент Айтқожаев Абдуает Зайтович

8 - ші Лекция

Тақырыбы: Оқшауланған жүйелердегі энтропияның өсу заңы. Термодинамиканың екінші бастамасының статистикалық сипаттамасы.

Лекцияның мақсаты термодинамиканың екінші бастамасы мен энтропияны статистикалық тұжырымдау туралы кәсіби білімдерді меңгеру.

Негізгі қолданылатын сөздер. ТЕРМОДИНАМИКА, ЖЫЛУ, ТЕМПЕРАТУРА, ЖҰМЫС, ІШКІ ЭНЕРГИЯ, ЭНТРОПИЯ, ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ ЕКІНШІ БАСТАМАСЫ, СТАТИСТИКАЛЫҚ САЛМАҚ, ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ЫҚТИМАЛДЫЛЫҚ, ЭНТРОПИЯ ҮШІН БОЛЬЦМАН ФОРМУЛАСЫ.

Оқшауланған жүйелердегі энтропияның өсу заңы: $\Delta S \geq 0$. Термодинамиканың екінші бастамасының статистикалық сипаттамасы. Температураның термодинамикалық шкаласы.

Өте кіші жылу мөлшері δQ процестің функциясы, ал оны $\frac{1}{T}$ жіктегішіне көбейтсек, көбейтінді толық дифференциалға айналады, яғни бұл шамадан интеграл алуға болады:

$$\int \frac{\delta Q}{T} = \int dS = \Delta S .$$

Сонымен $\frac{1}{T}$ жіктегіші интегралдаушы жіктегіш деп аталады.

Клаузиус және Кельвин $\oint \frac{\delta Q}{T} = 0$ теңдігін бір уақытта алған. В. Кельвин осы теңдіктің негізінде температураның термодинамикалық шкаласын енгізді. Температура бұл шкалада қайтымды процестердегі жүйе алатын жылу мөлшерімен өлшенеді. Р.Клаузиус қайтымсыз процестердегі жаңа сипаты бар, осы теңдіктің негізінде жаңа күй функциясы энтропияны енгізді: оқшауланған жүйелерде қайтымсыз процестер жүретін болса, ол өседі. Оқшауланған жүйелердегі энтропияның өсуі термодинамиканың екінші бастамасының тұжырымдамасы себебі ол процестердің бағытын көрсетеді. Энтропияның бұл қасиеті (12) теңсіздігінен көрініп тұр.

Статистикалық физикада Больцманның кинетикалық теңдеуінің негізінде энтропия үшін Больцман формуласы алынған:

$$S = k \ln W + const ,$$

мұндағы W – статистикалық салмақ немесе термодинамикалық ықтималдылық.

Өзін-өзі тексеру сұрақтары

1. СИ жүйесінде энтропия қандай бірлікте өлшенеді?
2. СИ жүйесіндегі энтропияның өлшемі қандай?
3. Бір моль идеал газдың 1-ші күйден 2 –ші күйге өткендегі энтропияның өзгерісі:
4. Изотермдік процестегі 1 моль идеал газдың энтропиясының өзгерісі:
5. Екі атомдық молекулалардан құралған 1 моль идеал газдың энтропиясының өзгерісі:
6. Термодинамиканың екінші бастамасына сәйкес оқшауланған жүйенің энтропиясының қандай қасиеттері бар?

7. Окшауланған жүйенің энтропиясы қалай өзгереді?
8. Денелер жүйесінің энтропиясы қалай анықталады?
9. Екі ыдыста әрқайсысында 100г су бар. Бір ыдыстағы судың температурасы 5 °С, ал екіншісіндегі температура 92 °С. Екі ыдыстағы суды қабырғалары адиабаттық ыдысқа құямыз. Судың температурасы тұрақталған кездегі энтропияның өзгерісін табыңыз.
10. Тұрақты температурада көлемнің қайтымды 2 есе кеміген 1 моль идеал газдың энтропия өсімшесі неге тең?
11. Қайтымды адиабаттық процесте энтропия қалай өзгереді?
12. Жылуалмасу кезінде энтропия қалай өзгереді?
13. Термодинамикалық ықтималдылық W арқылы өрнектелетін энтропияның формуласы:
14. Абсолюттік нөл кельвиндегі энтропия неге тең?

Ұсынылатын әдебиеттер

18. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
19. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1976.- 480 с.: ил.
20. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с.: ил.
21. Сивухин Д.В. Общий курс физики, том 2 - Термодинамика и молекулярная физика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1979.- 552 с.: ил.
22. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебное пособие. 8-е изд. М.: Высшая школа, 2004.– 544с.
23. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями. Учебное пособие./Трофимова, Т.И., Павлов, З.Г. 4-е изд. - М.: Высшая школа, 2003. – 591 с.

Лекциялар

«Молекулалық физика» пәні бойынша

Авторы: физ.-мат. ғылым. канд. доцент Айтқожаев Абдуает Заитович

9 - шы Лекция

Тақырыбы: Термодинамикалық функциялар әдісі

Лекцияның мақсаты студенттердің термодинамикалық функциялар әдісі туралы кәсіби білімдерді алумен қатар, алған білімдерін есептерді шешуге қолдана білуі.

Негізгі қолданылатын сөздер. ЖҰМЫС, ІШКІ ЭНЕРГИЯ, ЖЫЛУ, ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ БІРІНШІ ЖӘНЕ ЕКІНШІ БАСТАМАСЫ, ГИББСТІҢ ЖАЛПЫЛАНҒАН ҚАТЫНАСТАРЫ, МАКСВЕЛЛ ҚАТЫНАСТАРЫ, ЭНТРОПИЯ, ЭНТАЛЬПИЯ, ЕРКІН ЭНЕРГИЯ.

Негізгі термодинамикалық теңдік (Гиббстің жалпыланған қатынасы). Термодинамикалық функциялар туралы түсініктер. Термодинамикалық функциялар әдісі (термодинамикалық потенциалдар).

Термодинамиканың бірінші және екінші бастамасының негізінде Гиббстің жалпыланған қатынастары немесе термодинамикалық теңдік келесі түрде жазылады:

$$dU = TdS - pdV \quad (1)$$

Мұнда ішкі энергия энтропия-көлем айнымалыларымен берілген: $U(S, V)$, яғни толық дифференциал келесі түрде жазылады:

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_V dS + \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_S dV .$$

(1) және (2) өрнектерді салыстырып, аламыз:

$$T = \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_V ; \quad p = - \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_S .$$

Толық дифференциалдың қасиеттерін ескере отырып:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial S \partial V} = \frac{\partial^2 U}{\partial V \partial S} , \text{ яғни } S, V \text{ айнымалылары үшін келесі Максвелл қатынастарын береді:}$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S = -\left(\frac{\partial p}{\partial S}\right)_V.$$

Көрнекілік үшін аралас туындылар үшін, өзара қатынастарды келесі түрде жазсақ:

$$\left(\frac{\partial\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_V}{\partial V}\right)_S = \left(\frac{\partial\left(-\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S}{\partial S}\right)_V.$$

Термодинамикада көбінесе қолданылады (мысалы, Ван-дер-Ваальс газы үшін ішкі энергияның формуласын қорытқанда) келесі Максвелл қатынастары:

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V.$$

Бұл Максвелл қатынастары Лежандр түрлендірулерін қолдану арқылы, термодинамиканың бірінші бастамасынан алынады, егер T, V айнымалыларына көшу арқылы:

$$dU = TdS - pdV;$$

$$dU - d(TS) = TdS - d(TS) - pdV;$$

$$d(U - TS) = -SdT - pdV; \quad dF = -SdT - pdV;$$

$$dF = \left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T dV; \quad \text{яғни, мұнда } S = -\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V;$$

$$p = -\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T, \text{ келесі өрнекті ескере отырып } \frac{\partial^2 F}{\partial T \partial V} = \frac{\partial^2 F}{\partial V \partial T}, \text{ жазамыз:}$$

$$\left(\frac{\partial\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T}{\partial T}\right)_V, \quad \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V.$$

Каноникалық статистикалық ансамбль аясында сипаттама функциялар әдісі төрт Максвелл қатынасын береді:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S = -\left(\frac{\partial p}{\partial S}\right)_V, \quad U(S, V) \text{ сипаттама функциясы}$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V, \quad \text{еркін энергия } F(T, V)$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_p, \quad \text{энтальпия } H(S, p)$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p, \quad \text{Гибс потенциалы } G(T, p)$$

Кесте

	Сипаттамалық функция (потенциал)	Термодинамикалық теңдік	Максвелл қатынастары
1	$U(S, V)$ Ішкі энергия	$dU = TdS - pdV$	$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S = -\left(\frac{\partial p}{\partial S}\right)_V$
2	$F(T, V)$ Еркін энергия	$dF = -SdT - pdV$	$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$
3	$H(S, p)$ энтальпия	$dH = TdS + Vdp$	$\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_p$

4	$G(T, p)$ Гибсс потенциалы	$dG = -SdT + Vdp$	$\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$
---	----------------------------------	-------------------	--

Изотермдік жағдайда жұмыс еркін энергияның кемуі арқылы өтетінің көрсету үшін, термодинамиканың бірінші бастамасын келесі түрде жазамыз:

$$\delta A = TdS - dU = -d(U - TS) \quad , \text{ себебі } T = const \quad , \text{ а } U - TS = F \text{ - еркін энергия.}$$

Көрініп тұр

$$\delta A = -dF \quad .$$

Еркін энергия арналған формуланы талдау

$$F = U - TS \quad .$$

Изотермдік жағдайда жұмыс еркін энергияның кемуі арқылы өтетінін Р.Клаузиус ескере отырып, Әлемнің еркін энергиясы уақыт бойынша жойылады деген тұжырымға келді. Әлемде денелердің орын ауыстыруына жұмыс жасалмайды, бұл күйді Клаузиус «Әлемнің жылулық өлімі» деп атады. Формуладан көрініп тұрғандай тұрақты ішкі энергия және температурада энтропияның өсуі еркін энергияның жойылуына әкеледі. Қарсылық ретінде энтропия тек оқшауланған жүйелерде ғана өсетінін айтуға болады. Келтірілген еркін энергияның қатынастары каноникалық ансамбльдер үшін ғана дұрыс, ал бұл қарастыруларда моль санының тұрақты еместігі, құрылымдардың болуы (мысалы, тірі ағзалар) екерілмейді. Күрделі жүйелерді өте жоғары иерархиялық деңгейдегі статистикалық ансамбльдермен сипаттау керек. Осындай ансамбльдер үшін, Гибсс қатынастары жазылады:

$$dU = \sum_k \sum_m p_{m_k} dq_{m_k} + \sum_m p_m dq_m \quad , \quad (2)$$

мұнда U – термодинамикалық жүйенің ішкі энергиясы; p_m - жалпыланған термодинамикалық потенциал; q_m - жалпыланған термодинамикалық координата, p_m потенциалымен байланысты, индексі k - яғни әрбір k жеке жүйелеріне арналған.

Қазіргі кезеңде статистикалық ансамбльдер иерархиясы келесі түрде дамыған: микроканоникалық ансамбль, каноникалық ансамбль, үлкен каноникалық ансамбль, ұлы жаһандық ансамбль, жаһандық статистикалық ансамбль.

Үлкен каноникалық ансамбль үшін, термодинамикалық теңдіктің түрі:

$$dU = TdS - pdV + \sum_k \mu_k dv_k \quad , \quad (3)$$

мұнда μ_k - химиялық потенциал, ал соңғы мүше моль санының айнымалығын ескереді.

Осы көзқарас бойынша теңдіктің пфаффова түрі теңдеудің оң жағындағы мүшелерді термодинамикалық жұмыстар деп атайды: жылулық жұмыс, механикалық, жұмыс. Температураны жылулық потенциал деуге болады, ал энтропияны онымен байланысты жылулық координата ретінде қарастыруға болады.

Өзін-өзі тексеру сұрақтары

1. Термодинамикалық теңдіктерді жазу.
2. Потенциалдар әдісімен (сипаттамалық функциялар) Максвелдің 4 қатынасын алыңыз. T, p айнымалылары арқылы Максвелл қатынастары... T, V айнымалылары арқылы Максвелл қатынастарын алу... S, V айнымалылары арқылы Максвелл қатынастарын алу....
3. Қандай формуламен H энтальпия енгізіледі?
4. Еркін энергия немесе Гельмгольц функциясы:
5. Қандай тәуелсіз айнымалылармен салыстырғанда ішкі энергия термодинамикалық потенциал болады?
6. Қандай тәуелсіз айнымалылармен салыстырғанда энтальпия термодинамикалық потенциал болады?
7. Термодинамикада қысым анықталады . . .
8. Термодинамикада қысым еркін энергия арқылы қалай анықталады ...
9. Термодинамикада температура қалай анықталады . . .
10. Термодинамикада көлем қалай анықталады . . .

Ұсынылатын әдебиеттер

24. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
25. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебное пособие. 8-е изд. М.: Высшая школа, 2004.-544 с.
26. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями. Учебное пособие./Трофимова, Т.И., Павлов, З.Г. 4-е изд. - М.: Высшая школа, 2003. – 591 с.
27. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1976.- 480 с.: ил.
28. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с. : ил.
29. Сивухин Д.В. Общий курс физики, том 2 - Термодинамика и молекулярная физика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1979.- 552 с.: ил.

Лекциялар

«Молекулалық физика» пәні бойынша

Авторы: физ.-мат. ғылым. канд. доцент Айтқожаев Абдуает Заитович

10 - шы Лекция

Тақырыбы: Нақты газдар.

Лекцияның мақсаты студенттерді нақты газдардың қасиеттері және оларды сипаттау әдістері туралы кәсіби білімдерді бері.

Негізгі қолданылатын сөздер. ЭНДРИОС ИЗОТРМАЛАРЫ, НАҚТЫ ГАЗДАРДЫҢ КҮЙ ТЕНДЕУІ, ҚЫСЫМ, ІШКІ ҚЫСЫМ, ТҮЗЕТУЛЕР, МАКСВЕЛЛ ҚАТЫНАСТАРЫ, ВАН-ДЕР-ВААЛЬС ТЕНДЕУІ, ІШКІ ЭНЕРГИЯ, ДЖОУЛЬ-ТОМСОН ҚҰБЫЛЫСЫ.

Молекулааралық күштердің электромагниттік табиғаты. Күштер және молекулааралық әрекеттесулердің қарапайым эмпирикалық потенциалдары. Нақты газдар. Газдар қасиеттерінің идеал газдар қасиеттерінен ауытқуы. Нақты газдар изотермаларын талдау. Эндрюс изотермалары. Нақты газдардың күй теңдеуі. Джоуль-Томсон құбылысы.

Бір моль нақты газ үшін Ван-дер-Ваальс теңдеуі.

Бір моль нақты газ үшін, идеал газ теңдеуіне түзетулер енгізу арқылы аламыз:

$$p = \frac{RT}{V_M - b} - p_i, \quad (4)$$

мұнда b - молекулалардың өзіндік көлемін ескеретін түзетулер,

p_i - молекулалардың өзара тартылыс күштері тудыратын ішкі қысым.

Өзіндік көлемге арналған түзету: тұрақты шаманы молярлық көлемнің квадратына бөлеміз:

$$p_i = \frac{a}{V^2}. \quad (5)$$

Сонымен бір моль нақты газдың Ван-дер-Ваальс теңдеуі келесі түрде жазылады:

$$\left(p + \frac{a}{V_M^2} \right) (V_M - b) = RT \quad (6)$$

Бұл теңдеуді (2) теңдеу түріне келтіруге болады, ондағы газдың идеал газ қасиеттерінен ауытқуы сығылымдық факторы арқылы өрнектелген. Осы тұжырымды алу үшін келесі түрлендірулерді жүргіземіз:

$$pV_M + \frac{a}{V_M} - pb - \frac{ab}{V_M^2} = RT, \quad (7)$$

$$\frac{pV_M}{RT} + \frac{a}{V_M RT} - \frac{pb}{RT} - \frac{ab}{V_M^2 RT} = 1. \quad (8)$$

Сығылымдық факторы формуласын аламыз:

$$z = 1 + \frac{pb}{RT} - \frac{a}{V_M RT} + \frac{ab}{V_M^2 RT} . \quad (9)$$

Теңдеудегі мүшелерді бағалағанда идеал газ қатынастарын қолдану арқылы (сығылымдық факторы бірге тең, яғни келесі теңдеуді қолданамыз $pV_M = RT$), соңында сығылымдық факторын келесі түрге келтіреміз:

$$z = 1 + \frac{pb}{RT} - \frac{ap}{R^2 T^2} + \frac{abp^2}{R^3 T^3} , \quad (10)$$

Мүшелердің өлшемдерінің белгілі қысымда температураға тәуелділігін аламыз. Белгілі қысымда жоғары температурада екінші мүше үлкен шама, сондықтан үшінші және төртінші мүшелер кішкентай болғандықтан ескермеуге болады. Бұл жағдайда сығылымдық факторы бірден үлкен:

$$z = 1 + \frac{pb}{RT} > 1 . \quad (11)$$

Теңдеуден көрініп тұрғандай аздау қысымдарда екінші мүше бірден едәуір кіші, сондықтан сығылымдық факторы бірге тең, яғни идеал газдың күй теңдеуін береді.

Төменгі температурада үшінші мүше екінші және төртінші мүшелерден үлкен болуы мүмкін, сол себепті сығылымдық факторы бірден кіші.

Бірнеше моль нақты газдың күй теңдеуі

(1) теңдеуден ν моль нақты газдың күй теңдеуін алуға болады:

$$pV = \nu n k T \frac{N_A}{N_A} . \quad (12)$$

Моль саны бөлшектер санының Авагадро санына қатынасын ескеріп,

$$\frac{\nu n}{N_A} = \nu ; \quad k N_A = R , \quad (13)$$

ν моль нақты газдың күй теңдеуін сығылымдық факторы арқылы жазуға болады:

$$pV = \nu v RT , \quad (14)$$

мұнда V - газ орналасқан ыдыс көлемі.

ν моль нақты газ орналасқан ыдыстың көлемін молярлық көлем арқылы өрнектеуге болады:

$$V = \nu V_M . \quad (15)$$

Ван-дер-Ваальстің ν моль нақты газға арналған теңдеуін (6) теңдеуге (15) өрнегін қойып молярлық көлемді жою арқылы алуға болады:

$$\left(p + \frac{\nu^2 a}{V^2} \right) (V - \nu b) = \nu RT . \quad (16)$$

Мұнда келесі түрлендірулер жүргізілген:

$$\left(p + \frac{\nu^2 a}{V^2} \right) \left(\frac{V}{\nu} - b \right) = RT , \quad (17)$$

$$\left(p + \frac{\nu^2 a}{V^2} \right) \left(\frac{V - \nu b}{\nu} \right) = RT . \quad (18)$$

Сығылымдық факторын ыдыс көлемі V арқылы (9) өрнектен молярлық көлемнен ыдыстың көлемне көшу арқылы (15) қатынасты пайдаланып аламыз:

$$z = 1 + \frac{pb}{RT} - \frac{\nu a}{VRT} + \frac{\nu^2 ab}{V^2 RT} . \quad (19)$$

Осы нәтижені (16) теңдеуді түрлендіру арқылы алуға болады.

Ван-дер-Ваальс теңдеуін талдау.

Метастабильдік күйлер.

Критикалық параметрлер.

Критикалық изотерманың иілу нүктесіндегі жағдайда

$$\left(\frac{\partial p}{\partial V} \right)_T = 0$$

$$\frac{RT_c}{(V - vb)^2} = \frac{2va}{V_c^3}$$

$$\left(\frac{\partial^2 p}{\partial V^2}\right)_T = 0$$

$$\frac{RT_c}{(V - vb)^3} = \frac{3va}{V_c^4}$$

$$V_c = 3vb, \text{ м}^3 / \text{моль} \quad T_c = \frac{8a}{27bR}, \quad p_c = \frac{a}{27b^2}$$

Гелий үшін $a = 0.00346 \text{ Па м}^6 \text{ моль}^{-1}$, $b = 2.38 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{моль}$.

Азот үшін $a = 0.137 \text{ Па м}^6 \text{ моль}^{-1}$, $b = 3.87 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{моль}$.

Ван-дер-Ваальс газының жұмысы. Бір моль газдың изотермдік жағдайда кеңейгендегі жасайтын жұмысы,

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \left(\frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2} \right) dV = RT \ln \left(\frac{V_2 - b}{V_1 - b} \right) + a \left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right)$$

Бір моль Ван-дер-Ваальс газының ішкі энергиясы.

$$U = C_V T - \frac{a}{V}$$

Бұл формуланы қорытуға басты термодинамикалық қатынас:

$$dU = C_V dT - \left[p - T \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V \right] dV,$$

Термодинамиканың бірінші бастамасынан Максвелл қатынастарын қолдану арқылы алынған:

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V$$

Максвелдің бұл қатынастары термодинамиканың бірінші бастамасынан Лежандр түрлендірулерін пайдалану арқылы алынған:

$$dU = TdS - pdV$$

$$dU - d(TS) = TdS - d(TS) - pdV$$

$$d(U - TS) = -SdT - pdV$$

$$dF = -SdT - pdV$$

$$dF = \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_V dT + \left(\frac{\partial F}{\partial V} \right)_T dV; \quad \text{бұдан көрініп тұр } S = - \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_V$$

$$p = - \left(\frac{\partial F}{\partial V} \right)_T, \text{ егер } \frac{\partial^2 F}{\partial T \partial V} = \frac{\partial^2 F}{\partial V \partial T} \text{ өрнегін ескерсек}$$

$$\left(\frac{\partial \left(\frac{\partial F}{\partial T} \right)_V}{\partial V} \right)_T = \left(\frac{\partial \left(\frac{\partial F}{\partial V} \right)_T}{\partial T} \right)_V, \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V$$

$$dU = C_V dT + \frac{a}{V^2} dV$$

$$U = \int_0^T C_V dT + \int_{\infty}^V \frac{a}{V^2} dV = C_V T - \frac{a}{V}$$

Van der Waals equation of State in reduced form

$$\omega := 334..17000 \quad \tau_1 := 1.1 \quad \tau_2 := 1.0 \quad \tau_3 := 0.9 \quad \tau_4 := 0.8$$

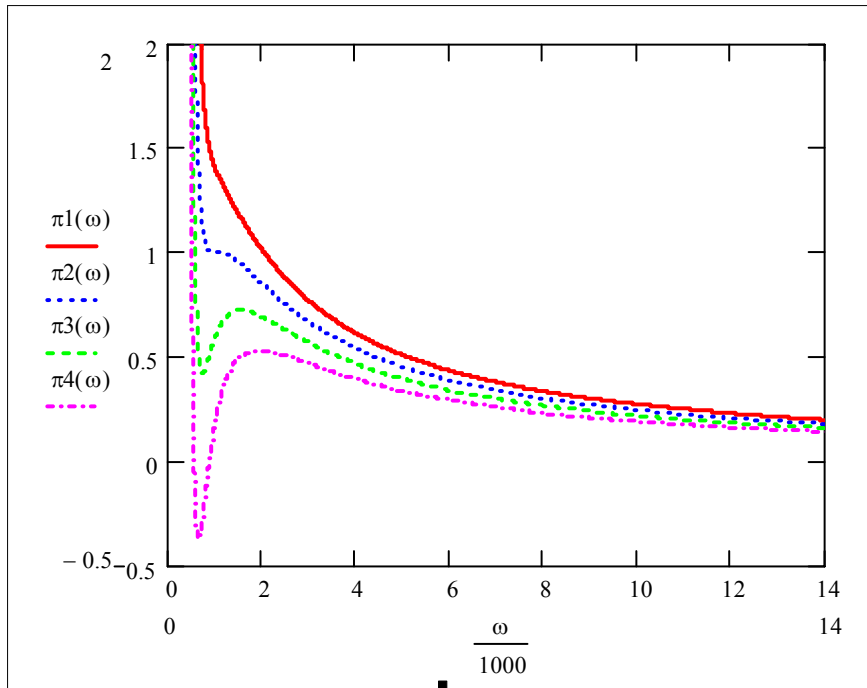
$$\left(\pi + \frac{3}{\omega^2} \right) \cdot (3 \cdot \omega - 1) - 8 \cdot \tau$$

$$\pi_1(\omega) := 8 \cdot \frac{\tau_1}{3 \cdot \frac{\omega}{1000} - 1} - \frac{3}{\left(\frac{\omega}{1000} \right)^2}$$

$$\pi_2(\omega) := 8 \cdot \frac{\tau_2}{3 \cdot \frac{\omega}{1000} - 1} - \frac{3}{\left(\frac{\omega}{1000} \right)^2}$$

$$\pi_3(\omega) := 8 \cdot \frac{\tau_3}{3 \cdot \frac{\omega}{1000} - 1} - \frac{3}{\left(\frac{\omega}{1000} \right)^2}$$

$$\pi_4(\omega) := 8 \cdot \frac{\tau_4}{3 \cdot \frac{\omega}{1000} - 1} - \frac{3}{\left(\frac{\omega}{1000} \right)^2}$$



Сурет. 1 Келтірілген айнымалылар және Ван-дер-Ваальс изотермалары.

Джоуль–Томсон эффектісі: кішкене саңлаулардан өткендегі температура өзгерісінің изоэнтальпиялық құбылысы.

Дифференциальдық эффект тұрақты энтальпияда температураның қысым бойынша туындысымен сипатталады:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_H = \frac{1}{C_p} \left[T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p - V \right].$$

Формуланы қорытуға бір моль газ энтальпиясының тұрақтылығы алынады:

$$dH = 0,$$

Формулаға кіретін айнымалылар қысым – температураны келесі түрде жазамыз:

$$dH = \left(\frac{\partial H}{\partial p} \right)_T dp + \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_p dT = 0.$$

Осы қатынастардан келесі қатынастарды алуға болады:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_H = - \frac{\left(\frac{\partial H}{\partial p} \right)_T}{\left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_p}$$

Молярлық изобарлық жылуемділіктің анықтамасынан,

$$\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p = C_p .$$

Формуладағы алымын энтальпияның дифференциалын $H(S, p)$ айнымалыларының функциясы ретінде туынды алу арқылы табамыз:

$$dH = TdS + Vdp .$$

Бұл өрнекті қысым бойынша тұрақты температурада дифференциалдау арқылы:

$$\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T = T\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T + V$$

Максвелл қатынастарын пайдаланып:

$$\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p ,$$

аламыз:

$$\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T = V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p .$$

Бұл қатынастар соңында береді:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_H = \frac{1}{C_p} \left[T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p - V \right] .$$

Лежандр түрлендіруін пайдаланып келесі термодинамикалық теңдікті аламыз:

$$dU + d(pV) - d(TS) = TdS - pdV + d(pV) - d(TS)$$

$$d(U + pV - TS) = TdS - pdV + pdV + Vdp - TdS - SdT$$

Қарапайым түрлендірулерден кейін:

$$d(U + pV - TS) = Vdp - SdT$$

Сол жағында (p, T) айнымалыларының толық дифференциалы тұр, ол Гиббстің термодинамикалық потенциалы деп аталады $G(p, T)$:

$$dG = Vdp - SdT .$$

Гиббс функциясынан (p, T) айнымалылары арқылы алынған толық дифференциал келесі түрде жазылады:

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T dp + \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p dT .$$

Бұл өрнекті салыстыра отырып келесі өрнектерді аламыз:

$$V = \left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T ; \quad S = -\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p$$

Аралас туындыларды пайдаланып келесі өрнекті аламыз:

$$\frac{\partial^2 G}{\partial p \partial T} = \frac{\partial^2 G}{\partial T \partial p} .$$

Көлем мен энтропияға сәйкес өрнектерді пайдаланып, Гиббс функцияларының дербес туындылары арқылы Максвелл қатынастарын аламыз:

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p = -\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T .$$

Кейбір жағдайларда құбылыстарды сипаттау үшін, Джоуль-Томсон дифференциальдық коэффициенті енгізіледі:

$$\mu \equiv \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_H .$$

Сонымен Джоуль-Томсон дифференциальдық коэффициентінің формуланы аламыз:

$$\mu = \frac{1}{C_p} \left[T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p - V \right] .$$

Талдау барысында идеал газ үшін $\mu = 0$. Құбылыстың пайда болуын нақты газдар молекулаларының өзара әрекеттесуімен түсіндіріледі.

Өзін-өзі тексеру сұрақтары

- 1 Молекулааралық күштердің табиғаты қандай?
- 2 Ван-дер-Ваальс теңдеуі.
- 3 Келтірілген параметрлердегі Ван-дер-Ваальс теңдеуі.
- 4 Ван-дер-Ваальс теңдеуіндегі келтірілген қысымға өлшем ретінде қандай параметрлер қолданылады?
- 5 Ван-дер-Ваальс теңдеуіне келтірілген көлем қалай енгізіледі?
- 6 Ван-дер-Ваальс теңдеуіне келтірілген қысым қалай енгізіледі?
- 7 Ван-дер-Ваальс теңдеуіне келтірілген температура қалай енгізіледі?
- 8 Метастабильдік күй дегеніміз не?
- 9 Ван-дер-Ваальс түзетуі $b = 3,9 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$ бір моль азоттың сындық көлемі неге тең?
- 10 Азоттың молярлық сындық көлемі $11,7 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$ болса, b түзетуі неге тең?
- 11 Ван-дер-Ваальс түзетуі $b = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$ бір моль оттегінің сындық көлемі неге тең?
- 12 Оттегінің сындық көлемі $9,6 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$ болса, b түзетуі неге тең?
- 13 Ван-дер-Ваальс түзетуі $b = 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$ бір моль сутегінің сындық көлемі неге тең?
- 14 Джоуль-Томсон құбылысы қалай байқалады?

Ұсынылатын әдебиеттер

30. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
31. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебное пособие. 8-е изд. М.: Высшая школа, 2004.–544с.
32. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями. Учебное пособие./Трофимова, Т.И., Павлов, З.Г. 4-е изд. - М.: Высшая школа, 2003. – 591 с.
33. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1976.- 480 с.: ил.
34. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с. : ил.
35. Сивухин Д.В. Общий курс физики, том 2 - Термодинамика и молекулярная физика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1979.- 552 с.: ил.
36. Курлапов Л.И. Физика кинетических явлений в газах. Монография. – Алматы, – 2001. 211 с. ISBN 9965-489-81-5.

Лекциялар

«Молекулалық физика» пәні бойынша

Авторы: физ.-мат. ғылым. канд. доцент Айтқожаев Абдуает Заитович

11-ші Лекция

Тақырыбы: Сұйық күйдің ерекшеліктері.

Лекцияның мақсаты: студенттерді сұйықтардың қасиеттері және оларды сипаттау әдістері туралы кәсіби білімдерді алуға баулу.

Негізгі қолданылатын сөздер. СҰЙЫҚ, ҚЫСЫМ, ІШКІ ҚЫСЫМ, БЕТТІК КЕРІЛУ, СҰЙЫҚ ЕРТІНДІЛЕР, РАУЛ, ГЕНРИ ЗАҢДАРЫ, ОСМОСТЫҚ ҚЫСЫМ.

Сұйық күйінің ерекшеліктері. Беттік құбылыстар. Жақыннан және алыстан әсерлесу реттілігі. Жылулық қозғалыс. Сұйықтардың қайнауы мен булануы. Сұйық ертінділер. Рауль, Генри заңдары. Осмоустық қысым. Вант – Гофф заңы.

Еркін беттік энергия. Молекулалардың өзара тартылыс потенциалдық энергиясы абсолюттік шамасы бойынша кинетикалық энергиясынан өте көп болғанда сұйық күй пайда болады. Молекулалар арасындағы тартылыс күштері едәуір болғандықтан, молекулалар сұйықтың көлемінде ұстап қалады. Сонымен сұйықтарда оның көлемін шектейтін бет құрылады. Көлемді шектейтін бұл бет формаға байланысты. Геометриядан белгілі, минималь

бетпен берілген көлем шар. Сұйық бетінің жұқа қабатындағы бөлшектерге, басқа бөлшектер тарапынан теңәсерлік бағыты сұйықтың ішіне қарай бағытталған және нормаль бойымен бетке бағытталған. Сұйықтың бетін үлкейту үшін, сұйық көлемінен біраз молекулалар саны беттік қабатқа көтерілуі тиіс. Бұл үшін жұмыс жасау керек, егер бет құрылымы изотермдік болса, беттік потенциалдық энергия оны құруға жұмсалатын энергияға қарама-қарсы бағытталған. Екінші жағынан изотермдік процестерде потенциалдық энергияның рөлін еркін энергия атқарады F . Беттің біртектілігіне байланысты еркін беттік энергия беттің ауданына S тура пропорциональ. Сондықтан жазуға болады

$$F = \sigma S,$$

мұнда σ — беттің еркін энергиясының меншікті тығыздығы немесе беттік керілу коэффициенті деп аталады. Механикада жүйе ең кіші потенциалдық энергияға жетуге ұмтылады және бұл күйлер орнықты болады. Сол себепті сұйықтың беті қысқаруға ұмтылады. Осыған сәйкес сұйық бетінің бойымен күштер әсер етеді. Беттік керілу құбылысының механизмі. Еркін энергия σ сұйықтың кішкене беттік қабатында орналасқан, сондықтан беттік керілу күштері тек жұқа қабатта ғана әсер етеді. Бет бойымен әсер ететін беттік керілу күштерінің пайда болуы түсініксіз. Оны түсіну үшін тартылыс күштерінен басқа беттік қабаттың молекулаларына сұйықтың ішіне орын ауыстыруына кері басқа күштер әсер етеді. Осы күштердің теңәсерлі құраушысы беттік керілудің пайда болуын қамтамасыз етеді.

Беттік керілу сұйық жанасатын заттың қасиеттеріне тәуелді. Бұл дегеніміз беттік керілу өзгереді. Сондықтан беттік керілу туралы айтқанда сұйықты және онымен қатар сұйықпен жанасатын затты көрсету қажет.

Сұйықтың қисық бетінің астында қосымша пайда болатын қысымды Лаплас формуласы арқылы есептеуге болады:

$$\Delta p = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

мұнда R_1 және R_2 – негізгі беттік қисықтық радиустар (өзара перпендикуляр жазықтықтардың қилысу қималарының іздерінің радиустары).

Өзін-өзі тексеру сұрақтары

1. Беттік керілу.
2. Лаплас формуласы.
3. Беттік керілудің туындау механизмі қандай?
4. Сұйықтардағы молекулалар жылулық қозғалысының сипаттары қандай?
5. Беттік керілудің пайда болу себебі неде?
6. Беттік керілу коэффициенті қалай енгізіледі?
7. Капиллярлық түтікшедегі жұғатын сұйықтың жағдайын кескіндеңіз.
8. Толық жұқпайтын сұйық үшін, шектік бұрыш θ неге тең?
9. Толық жұғатын сұйық үшін, шектік бұрыш θ неге тең?
10. Қандай суретте жұқпайтын сұйықтың шектік бұрышы дұрыс көрсетілген?
11. Екі бірдей сфералық тамшы біріккен соң, сфераның ішіндегі қысым қандай?
12. Осмостық қысым дегеніміз не?

Ұсынылатын әдебиеттер

37. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
38. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебное пособие. 8-е изд. М.: Высшая школа, 2004.—544 с.
39. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями. Учебное пособие./Трофимова, Т.И., Павлов, З.Г. 4-е изд. - М.: Высшая школа, 2003. – 591 с.
40. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1976.- 480 с.: ил.
41. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с. : ил.
42. Радченко И.В. Молекулярная физика. М.: Наука, 1965.- 479 с.
43. Штрауф Е.А. Курс физики. Для высш. техн. учеб. заведений. Т. 1.- Физические основы механики, термодинамики и молекулярная физика. Л.: Судпромиздат, 1960.- 484 с.

Лекциялар

«Молекулалық физика» пәні бойынша

Авторы: физ.-мат. ғылым. канд. доцент Айтқожаев Абдуает Заитович

12-ші Лекция

Тақырыбы: Қатты денелер физикасы.

Лекцияның мақсаты студенттердің қатты денелер және оларды сипаттау әдістері туралы кәсіби білімдерді алуы.

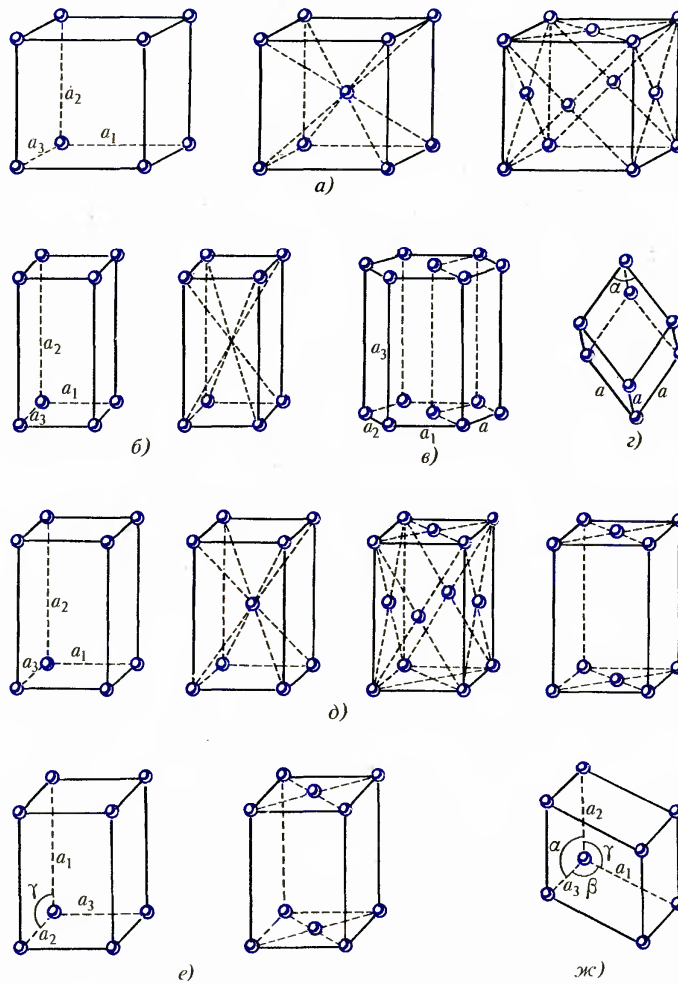
Негізгі қолданылатын сөздер. ҚАТТЫ ДЕНЕ, БАЙЛАНЫСТЫҚ КҮШТЕРІ, КРИСТАЛДАР, ЖЫЛУСИЫМДЫЛЫҚ, ДЮЛОНГ ЖӘНЕ ПТИ ЗАҢЫ.

Қатты денелер физикасының негіздері. Заттың кристалдық және аморфтық күйлері. Кристалдардың физикалық түрлері. Қатты денелердің жылу сиымдылығы. Дюлонг және Пти заңы. Сұйық кристалдар.

Молекулалардағы байланыс күштері. Ядроның маңайындағы электрондар әр аттас зарядтардың өзара кулондық күштермен тартылуы арқылы орнықталады. Атом электрлік толығымен бейтарап.

Молекулалар атомдардан тұрады. Атомдарды молекулада бірге ұстап тұратын күштердің табиғаты электрлік, бірақ ол күштердің туындауы күрделі мәселе. Молекулалардағы атомдар байланысының екі түрі бар. Иондық байланыс. Байланыс күштері әртүрлі ол атомдардың құрылымына тәуелді. Атомдардың құрылымы және электрондардың қозғалыс заңдары кванттық физикада қарастырылады. Біз қарастырамыз кейбір жағдайларда электрон немесе бірнеше электрон сәйкес атомдармен әлсіз байланысқан. Бұл электрондар атомдардан оңай кеткен соң оң зарядталған ион пайда болады. Басқа жағдайларда электрондар қатты байланыста, ал кейбір жағдайларда атом электронды қосып алады да теріс зарядталған ионға айналады. Иондардың арасында молекулалар құрылатын кулондық тартылыс күштері әсер етеді. Мысалы, натрий хлордың молекуласы NaCl , иондардың құрылымы келесі түрде жазылады Na^+Cl^- , яғни Na^+ оң ион, ал Cl^- — теріс ион. Кристалдық денелердің сипаттамалық ерекшеліктері. Физикалық ситуация: молекулалар арасындағы тартылыс күштері басымдау. Әрбір молекуланың маңайында молекулалар белгілі ретпен орналасқан жағдайда ғана орнықты тепе-теңдік орнайды. Бұл ереже дененің барлық көлемінде орындалады, яғни молекулалардың өзара орналасуы периодты түрде қайталанып кристалдық құрылым пайда болады. Құрылымдар санының шектеулігі: себебі кристалдық торлардың симметриялар саны шектеулі, қатты денелердің әртүрлі кристалдық құрылымдарының жалпы саны шектеулі.

Қатты денелердің ерекшелігінің бірі, басқа агрегаттық күйлерден айырмашылығы формасы мен көлемі сақталады. Осы қасиеттеріне қарай адам санасындағы кеңістік, геометриялық бейнелер және олардың арасындағы байланыстармен қатар кеңістікті өлшеу әдістері дамыды. Қатты денелердің қозғалысының негізінде механикалық қозғалыс және материалдық объектілердің орын ауыстыруы туралы түсініктерді қалыптастыруға көп септігін тигізді. Қатты денелердің маңызды геометриялық қасиеті симметрия. Мысалы жолда табылған тас кірпіштен айырмашылығы, тастың формасы дұрыс емес. Сөздер «дұрыс» және «дұрыс емес» формалар материалдық денелердің объективтік қасиеттерінің субъективті көрінісі, яғни олардың симметриясы. (оқулық қараңыз Матвеевті А.Н.)



Кристалдық кластар және торлар түрлері.

Жүйелер: а – кубтық, б – тетрагоналдық, в – гексагоналдық, г – ромбоэдрикалық, д – ромбылық, е – моноклиндік, ж – триклиндік.

Дюлонг және Пти заңы. Классикалық теорияда қатты денелердің молярлық жылу сыйымдылығы барлық денелер үшін бірдей:

$$C = 3R .$$

Өзін-өзі тексеру сұрақтары

1. Қатты денедегі құрылымдық элементтердің жылулық қозғалысының сипаты қандай?
2. Атомдық кристалдардағы кристалдық торлар түйіндерінде қандай бөлшектер болады?
3. Иондық кристалдардағы кристалдық торлар түйіндерінде қандай бөлшектер болады?
4. Молярлық C , меншікті c сыйымдылықтары мен молярлық M массаның байланысы.
5. Қатты дене үшін молярлық жылу сыйымдылықтың Дюлонг және Пти заңы:
6. Қатты денелердің меншікті жылу сыйымдылығын есептеу үшін, Дюлонг және Пти заңына негізделген формула.
7. Классикалық Дюлонг және Пти заңы бойынша темірдің ($M= 56$ г/моль) меншікті жылу сыйымдылығының мәні қандай?
8. Классикалық Дюлонг және Пти заңы бойынша алтынның ($M= 197$ г/моль) меншікті жылу сыйымдылығының мәні қандай?

Ұсынылатын әдебиеттер

44. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
45. Штрауф Е.А. Курс физики. Для высш. техн. учеб. заведений. Т. 1.- Физические основы механики, термодинамики и молекулярная физика. Л.: Судпромиздат, 1960.- 484 с.
46. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебное пособие. 8-е изд. М.: Высшая школа, 2004.-544с.

47. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями. Учебное пособие./Трофимова, Т.И., Павлов, З.Г. 4-е изд. - М.: Высшая школа, 2003. – 591 с.
48. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1976.- 480 с.: ил.
49. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с. : ил.
50. Радченко И.В. Молекулярная физика. М.: Наука, 1965.- 479 с.

Лекциялар

«Молекулалық физика» пәні бойынша

Авторы: физ.-мат. ғылым. канд. доцент Айтқожаев Абдуает Заитович

13 - ші Лекция

Тақырыбы: Тасымалдау процестері.

Лекцияның мақсаты студенттерді тасымалдау процестері және оларды сипаттау әдістерімен таныстыра отырып, тасымалдау құбылыстары туралы түсініктерді толығымен меңгеруге машықтандыру.

Негізгі қолданылатын сөздер. ГАЗДАР, БІРТЕКТІ ЕМЕС ЖҮЙЕЛЕР, ТАСЫМАЛДАУ ПРОЦЕСТЕРІ, АҒЫНДАР, ФЕНОМЕНОЛОГТЫҚ, КОНСТИТУТИВТІК ҚАТЫНАСТАР, ТАСЫМАЛДАУ КОЭФФИЦИЕНТТЕРІ, ҚАТТЫ ДЕНЕЛЕР, БАЙЛАНЫС КҮШТЕРІ, ДИФФУЗИЯ, ТҮТҚЫРЛЫҚ, ЖЫЛУӨТКІЗГІШТІК, ЭНТРОПИЯ ӨНІМІ, АЙҚАС ҚҰБЫЛЫСТАР:

Біртекті емес жүйелердегі тасымалдау процестері. Ағындар. Феноменологтық конститутивтік қатынастар және тасымалдау коэффициенттері. Қайтымсыз процестер термодинамикасындағы жалпылаулар. Онзагердің феноменологтық сызықтық қатынастары. Айқас құбылыстар. Энтропияның өндірілуі.

Біртекті емес газдарда, сұйықтарда, және қатты денелерде масса, энергия, импульс алмасу арқылы тасымалдау процестері: диффузия, тұтқырлық және жылуөткізгіштікпен қоса термодиффузия, термоэффект және т.б. құбылыстары қатар жүреді. Бұл процестер табиғи және техникалық жүйелерде маңызды рөл атқарумен қатар, жаңа технологиялардың негізі болып табылады. Практикалық маңыздылығымен қатар, физикалық объектілерді зерттеуде және біртекті емес жүйелердегі қайтымсыздықтың туындауын ашуда көп септігін тигізеді. Тасымалдау процестерінің математикалық моделі конститутивтік феноменологтық қатынастар болып табылады, яғни ағындардың беттік тығыздығы тасымалдау коэффициенттерімен және біртекті емес сипаттамаларға сәйкес макропараметрлермен байланысады.

Тасымалдау процестерін феноменологтық сипаттау, осы құбылыстарды бақылауға негізделіп, негізгі конститутивтік қатынастарды тұжырымдауға мүмкіндік берді: Фик заңы, Ньютона-Рихман үйкеліс заңы, Фурье заңы.

Қозғалмайтын ортадағы диффузия үшін, мұндай қатынас Фиктің бірінші заңы болады:

$$\vec{j}_\alpha = -D_\alpha \vec{\nabla} n_\alpha ,$$

мұндағы \vec{j}_α – коспадағы α компонентті бөлшектер ағынының беттік тығыздығы,

D_α - шын диффузия коэффициенттері,

n_α - α - нөмірлі компоненттің сандық парциальдық тығыздық.

Тұтқырлықты сипаттауға арналған конститутивтік қатынас (ішкі үйкеліс) Ньютон-Рихман үйкеліс заңы болады. Бір өлшемді ағынға арналған (куэт ағыны) бұл заң келесі түрде жазылады

$$P_{xy} = -\eta \frac{dW_y}{dx} ,$$

мұнда P_{xy} - тұтқыр кернеулік тензорының құраушысы,

η - тұтқырлық коэффициенті (нөлдік дәрежедегі тензор – скаляр),

$\frac{dW_y}{dx}$ - бір өлшемді жағдайдағы ағын жылдамдығы градиентінің компоненті.

Қозғалмайтын ортадағы жылуөткізгіштік процесінің конститутивтік феноменологиялық қатынасы Фурье заңы болады:

$$\vec{Q} = -\lambda \vec{\nabla} T ,$$

мұнда \vec{Q} - жылу ағынының беттік тығыздығы,

λ - жылуөткізгіштік коэффициенті минус таңбасы жылу ағыны және температура градиенті (бірінші дәрежедегі тензор) қарама-қарсы бағытталған.

Сызықты қайтымсыз термодинамиканың жуықтауы бойынша, қайтымсыз ағындар Онзагердің феноменологиялық қатынастары арқылы анықталады:

$$J_q = \sum_r L_{qr} X_r , \quad L_{qr} = L_{rq} .$$

Энтропияның өндірілуі ағындардың қайтымсыз бөлігімен анықталады, ал бақыланатын ағындардың құрамында қайтымды сипаттағы мүшелер қосылады, сондықтан бақыланатын ағыннан қайтымсыз бөлікті айқындау қажет. Энтропиялық талдау аясында термодинамикалық күштер мен ағындарды таңдағанда энтропия өндірілуі жағдайы орындалуы тиіс:

$$g = \frac{1}{T} \sum_q X_q J_q .$$

Өзін-өзі тексеру сұрақтары

1. Газдардың тұтқырлығы қалай туындайды?
2. Диффузия дегеніміз не?
3. Жылу ағынының пайда болу себептері?
4. Диффузиялық ағын үшін Фик заңы қалай жазылады?
5. Бір өлшемді процесс үшін q жылу ағынына арналған Фурье заңы қалай жазылады?
6. Тұтқыр кернеуліктердің пайда болу себептері?
7. Диффузиялық ағынның пайда болу себептері?
8. Термодиффузияның пайда болу себептері?
9. Термодиффузия дегеніміз не?
10. Практикада термодиффузияны қалай қолданады?
11. Тұтқыр кернеулік тензорының компоненттеріне арналған Ньютон-Рихман үйкеліс заңы:
12. Диффузия коэффициенті СИ жүйесінде қандай бірлікпен өлшенеді?
13. Динамикалық тұтқырлық коэффициент үшін кинетикалық теорияның формуласы:
14. Қимасы 1 см^2 және ұзындығы 10 см металл біліктің екі жағында 100 К тұрақты температуралар айырымы берілген. Бір секундта білкішеден өтетін жылу мөлшері неге тең, егер тұрақты жылуөткізгіштік коэффициенті $\lambda = 200 \text{ Вт}/(\text{м К})$ болса?
15. Қимасы 1 см^2 және ұзындығы 10 см біліктің екі жағында тұрақты 100 К температуралар айырымы ұсталатын болса. Біліктен бір секундта қанша жылу мөлшері өтеді, егер білік материалының тұрақты жылуөткізгіштігі $\lambda = 20 \text{ Вт}/(\text{м К})$ болса?
16. Қайтымсыз ағындарға арналған сызықтық феноменологиялық теңдеулер қалай жазылады?
17. Онзагердің сызықтық теориясында энтропияның g өндірілуі?
18. Айқас феноменологиялық коэффициенттерге Онзагер қатынасы қалай жазылады?
19. Табиғи процестердегі энтропияның өндірілуі?

Ұсынылатын әдебиеттер

51. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
52. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с. : ил.
53. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1976.- 480 с.: ил.
54. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебное пособие. 8-е изд. М.: Высшая школа, 2004.-544с.
55. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями. Учебное пособие./Трофимова, Т.И., Павлов, З.Г. 4-е изд. - М.: Высшая школа, 2003. – 591 с.

Лекциялар

«Молекулалық физика» пәні бойынша

Авторы: физ.-мат. ғылым. канд. доцент Айтқожаев Абдуает Зайтович

14 - ші Лекция

Тақырыбы: Газдардағы тасымалдау процестерінің кинетикалық теориясы.

Лекцияның мақсаты студенттерді тасымалдау процестері және оларды сипаттайтын кинетикалық теориялар туралы кәсіби мағлұматтарды меңгеру.

Негізгі қолданылатын сөздер. ГАЗДАР, БІРТЕКТІ ЕМЕС ЖҮЙЕЛЕР, ТАСЫМАЛДАУ ПРОЦЕСТЕРІ, АҒЫНДАР, ФЕНОМЕНОЛОГТЫҚ, КОНСТИТУТИВТІК ҚАТЫНАСТАР, ТАСЫМАЛДАУ КОЭФФИЦИЕНТТЕРІ, ДИФФУЗИЯ, ТҰТҚЫРЛЫҚ, ЖЫЛУӨТКІЗГІШТІК, МОЛЕКУЛАЛАРДЫҢ ОРТАША ҰЗЫНДЫҒЫ ЖӘНЕ ЕРКІН ЖҮРУ ЖОЛЫН ЖҮРІП ӨТУ ОРТАША УАҚЫТЫ, ПАРЦИАЛЬДЫҚ ТЫҒЫЗДЫҚ.

Газдардағы тасымалдау процестерінің элементар кинетикалық теориясы. Орташа соқтығысу жиілігі. Молекулалар еркін жүру жолы және орташа уақыты, көлденең газкинетикалық қимасы. Зат, импульс, энергия тасымалдау процестерінің физикалық мағынасы. Жалпы тасымалдау теңдеуі. Өзіндік диффузия, тұтқырлық, жылуөткізгіштік.

Газдардың элементар кинетикалық теориясында молекулалар соқтығысусыз орташа еркін жүру жолына сәйкес жол жүреді. Молекулалардың хаосты қозғалысының әсерінен бақылау ауданшасын екі қарама-қарсы бағытта кесіп өтеді. Егер ауданшаның бір жағында газдың макропараметрлері әртүрлі болса, осы ауданша арқылы макроскоптық бақыланатын ағын пайда болады. Осындай модель арқылы Больцман тасымалдау коэффициенттеріне арналған құрылымдары бірдей формулаларды алды (Больцман формуласы). Өзіндік диффузия коэффициенті төменгі түрде өрнектеледі:

$$D = \frac{1}{3} \langle l \rangle \langle v \rangle,$$

мұндағы $\langle l \rangle$ – молекулалардың еркін жүру жолының орташа ұзындығы,

$\langle v \rangle$ – молекулалар жылулық қозғалысының орташа жылдамдығы,

Тұтқырлық коэффициенті:

$$\eta = \frac{1}{3} \langle l \rangle \langle v \rangle \rho.$$

Жылуөткізгіштік коэффициенті:

$$\lambda = \frac{1}{3} \langle l \rangle \langle v \rangle c_v \rho,$$

мұндағы ρ – газдың массалық тығыздығы,

c_v – меншікті изохорлық жылусиымдылық.

Газ қоспаларындағы тасымалдау процестерін сипаттауға қоспадағы әрбір компоненттің еркін жүру жолы мен соқтығысудан кейінгі молекулалар жылдамдықтарының сақталуы қолданылады. Осындай сипаттаулар төменде келтірілген.

Қозғалмайтын газдағы молекулалар транспорттық еркін жүру жолына тең қашықтықтан ауданшаға ϑ бұрышпен нормаль бағыттағы жылдамдықпен бақылау ауданшасына жететін α компоненттің z -құраушыларының ағын тығыздығына арналған формуланы аламыз

$$\begin{aligned} j_{\alpha z} &= \int_{-\infty}^{+\infty} v_{\alpha} \cos \vartheta \left(f_{\alpha}^0 - f_{\alpha}^0 l_{\alpha}^D \cos \vartheta \frac{\partial \ln n_{\alpha}}{\partial z} \right) d^3 v_{\alpha} = \\ &= \int_{\vartheta=0}^{\pi} \int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_0^{+\infty} v_{\alpha} \cos \vartheta f_{\alpha}^0 \left(1 - l_{\alpha}^D \cos \vartheta \frac{1}{n_{\alpha}} \frac{\partial n_{\alpha}}{\partial z} \right) v_{\alpha}^2 \sin \vartheta d\vartheta d\varphi dv_{\alpha} = \\ &= -\frac{e}{3} l_{\alpha}^D \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_{\alpha}}} \frac{\partial n_{\alpha}}{\partial z}, \\ d^3 v &= v^2 \sin \vartheta d\vartheta d\varphi dv, \end{aligned}$$

мұндағы $e=1.051$ – молекулалардың еркін жүру жолы мен жылдамдықтарын байланыстыратын сандық коэффициент.

Мұндай қарастыруларды ағынның басқа құраушыларына жүргізіп, ағын тығыздығын векторлық түрде жазамыз. Алынған өрнекті Фик заңымен салыстырып (2.4) шын диффузия коэффициентінің формуласын аламыз:

$$D_{\alpha} = \frac{1.051 \langle v_{\alpha} \rangle}{3 \sum_{\beta=1}^s n_{\beta} \pi \sigma_{\alpha\beta}^2 Y_{\alpha\beta} (1 - \Theta_{\alpha\beta}) \sqrt{1 + \frac{m_{\alpha}}{m_{\beta}}}},$$

$$\langle v_{\alpha} \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_{\alpha}}}$$

Бұл формуламен есептелінген нәтижелер экспериментпен жақсы үйлеседі. Ағын және диффузия коэффициентін алу схемаларын қоспаның әрбір компонентіне немесе таза газға қолдануға болады.

Қоспаның тұтқырлық коэффициентін анықтайтын формула келесі түрде жазылады:

$$\eta = \sum_{\alpha=1}^s \frac{1.051 \rho_{\alpha} \langle v_{\alpha} \rangle}{3 \sum_{\beta=1}^s n_{\beta} \pi \sigma_{\alpha\beta}^2 Y_{\alpha\beta} (1 - \Theta_{\alpha\beta}^2) \sqrt{1 + \frac{m_{\alpha}}{m_{\beta}}}},$$

мұндағы ρ_{α} - парциальдық тығыздық.

Конститутивтік қатынасы Фурье заңы болатын жылу ағынын өлшеу изобарлық жағдайда өтеді, яғни қысым барлық нүктелерде бірдей. Жылу ағынының z – құраушысын осындай жағдайда анықтау үшін, oz өсіне перпендикуляр бағытта бақылау ауданшысынан өтетін молекулалар тобының энергетикалық балансын қарастырамыз. Молекулалардың бақылау ауданшасынан өтуі меншікті көлемді өзгертеді, яғни қарастыратын молекулалар тобына сәйкес ішкі энергияның өзгеруі жылу мөлшерін немесе жұмыс жасау арқылы жүреді. Изобарлық жағдайда ішкі энергияның рөлін энтальпия атқарады, сондықтан жылу ағыны энтальпия бақылау ауданшасының координатасымен салыстырғандағы артықтығы. Жұмыс көлемді өзгертуге жұмсалады, өзгеру масштабы ретінде диффузиялық транспорттық еркін жүру жолының ұзындығы l^D алынады, ішкі энергияның өзгерісі температураның өзгерісіне байланысты, ал масштаб ретінде l^T термикалық еркін жүру жолының ұзындығы алынады, сондықтан жұмыс келесі түрде анықталады:

$$m_{\alpha} c_{\alpha p} l_{\alpha}^T \cos \vartheta \frac{\partial T}{\partial z} f_{\alpha}^0 d^3 v_{\alpha} - m_{\alpha} c_{\alpha V} l_{\alpha}^D \cos \vartheta \frac{\partial T}{\partial z} f_{\alpha}^0 d^3 v_{\alpha} .$$

Сонымен өлшенетін жылу ағынының z -құраушысы үшін жазамыз:

$$Q_{\alpha z} = -m_{\alpha} c_{\alpha V} \frac{\partial T}{\partial z} \int_{\vartheta=0}^{\pi} \int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_0^{+\infty} l_{\alpha}^T \cos \vartheta (v_{\alpha} \cos \vartheta + W_z) f_{\alpha}^0 v_{\alpha}^2 \sin \vartheta d\vartheta d\varphi dv_{\alpha} -$$

$$- m_{\alpha} (c_{\alpha p} - c_{\alpha V}) \frac{\partial T}{\partial z} \int_{\vartheta=0}^{\pi} \int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_0^{+\infty} l_{\alpha}^D \cos \vartheta (v_{\alpha} \cos \vartheta + W_z) f_{\alpha}^0 v_{\alpha}^2 \sin \vartheta d\vartheta d\varphi dv_{\alpha}$$

Интегралдау арқылы жылу ағынының беттік тығыздығының қоспаның α компонентіне арналған келесі өрнекті аламыз:

$$\bar{Q}_{\alpha} = -\frac{1}{3} l_{\alpha}^D \langle v_{\alpha} \rangle \rho_{\alpha} c_{\alpha V} (A_{\alpha} + \gamma_{\alpha} - 1) \bar{V} T ,$$

мұндағы ρ_{α} - парциальдық массалық тығыздық,

$c_{\alpha p}$ - α - компонентінің меншікті изобарлық жылусиымдылығы,

$c_{\alpha V}$ - α - компонентінің меншікті изохорлық жылусиымдылығы,

γ - жылусиымдылықтар қатынасы,

$$A_\alpha \equiv \frac{l_\alpha^T}{l_\alpha^D} = \frac{l_\alpha^n}{l_\alpha^D}, \quad \text{мұнда термикалық еркін жүру жолының ұзындығы тұтқырлық}$$

ұзындығымен теңестірілген.

Алынған ағынды Фурье заңымен салыстыру арқылы көпкомпонентті газ қоспаларындағы жылуөткізгіштік коэффициентінің формуласын алуға болады:

$$\lambda = \sum_{\alpha=1}^s \frac{1.051 \rho_\alpha \langle v_\alpha \rangle c_{\alpha V} (A_\alpha + \gamma_\alpha - 1)}{3 \sum_{\beta=1}^s n_\beta \pi \sigma_{\alpha\beta}^2 Y_{\alpha\beta} (1 - \Theta_{\alpha\beta}) \sqrt{1 + \frac{m_\alpha}{m_\beta}}}.$$

Бұл формула қоспалардың жылуөткізгіштік коэффициентінің концентрацияға тәуелділігін жақсы сипаттайды, сонымен қатар эксперимент нәтижелерімен жақсы үйлеседі.

Сонымен біз қарастырған кинетикалық теория көпкомпонентті газ қоспаларындағы тасымалдау коэффициенттерін сенім дәлдікпен есептеуге мүмкіндік береді.

Өзара диффузия. Тұйық қондырғыларда тұрақталған процесте бөлшектер ағынының векторлық қосындысы нөлге тең:

$$\vec{\Gamma}_1 = -D_1 \vec{\nabla} n_1 + n_1 \vec{W}$$

$$\vec{\Gamma}_2 = -D_2 \vec{\nabla} n_2 + n_2 \vec{W}$$

$$\vec{\Gamma}_1 + \vec{\Gamma}_2 = 0.$$

Бұл жағдай қайтымды қозғалыстың жылдамдықтары үшін, келесі өрнектерді береді:

$$\vec{\Gamma}_1 = -D_1 \vec{\nabla} n_1 + \frac{n_1}{n_1 + n_2} (D_1 - D_2) \vec{\nabla} n_1 =$$

$$\vec{W} = \frac{1}{n_1 + n_2} (D_1 - D_2) \vec{\nabla} n_1$$

$$= -[D_1 n_1 + D_2 n_2 + D_2 n_1 - D_1 n_1] \frac{n_1}{n_1 + n_2} \vec{\nabla} n_1 = -D_{12} \vec{\nabla} n_1$$

Сонымен өзара диффузия коэффициенті Мейер формуласымен сипатталынады.

$$D_{12} = \frac{n_1 D_2 + n_2 D_1}{n_1 + n_2}$$

Сандық концентрациялар арқылы бұл формула келесі түрде жазылады:

$$D_{12} = x_1 D_2 + x_2 D_1.$$

Өзін-өзі тексеру сұрақтары

1. Эффе́ктивті диаметрі d молекулалардың орташа еркін жүру жолының ұзындығына арналған газдардың кинетикалық теориясының формуласы.
2. Кнудсен саны қалай енгізіледі?
3. Газдардағы тұтқырлықты не тудырады?
4. Диффузия дегеніміз не?
5. Жылу ағынын тудыратын себептер?
6. Диффузиялық ағынға арналған Фик заңы қалай жазылады?
7. Бір өлшемді процестегі q жылу ағынына арналған Фурье заңы қалай жазылады?
8. Аздау қысымдар кезіндегі газдардағы тасымалдау процестеріне кинетикалық теорияны қолдану аясы?
9. Динамикалық тұтқырлық коэффициентіне арналған газдардың кинетикалық теориясының формуласы.

10. Жылу өткізгіштік коэффициентіне арналған газдардың кинетикалық теориясының формуласы.
11. Диффузия коэффициентіне арналған газдардың кинетикалық теориясының формуласы.
12. Өзара диффузия коэффициентіне арналған Майер формуласы:
13. СИ жүйесінде диффузия коэффициенті қандай бірлікте өлшенеді?
14. Газдардағы диффузия коэффициентінің қысымға тәуелділігі?
15. Газдардағы тұтқырлық коэффициентінің қысымға тәуелділігі?

Ұсынылатын әдебиеттер

56. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
57. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с. : ил.
58. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебное пособие. 8-е изд. М.: Высшая школа, 2004.–544с.
59. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями. Учебное пособие./Трофимова, Т.И., Павлов, З.Г. 4-е изд. - М.: Высшая школа, 2003. – 591 с.
60. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1976.- 480 с.: ил.
61. Курлапов Л.И. Физика кинетических явлений в газах. Монография. – Алматы, – 2001. 211 с. ISBN 9965-489-81-5.

Лекциялар

«Молекулалық физика» пәні бойынша

Авторы: физ.-мат. ғылым. канд. доцент Айтқожаев Абдуает Заитович

15 - ші Лекция

Тақырыбы: Бірінші және екінші текті фазалық ауысымдар. Үш фазалы жүйе күйінің диаграммасы. Үштік нүкте.

Лекцияның мақсаты студенттерді фазалық ауысымдар тақырыбы бойынша теориялық және экспериментальдық ғылыми зерттеулер әдістері туралы кәсіби білімдер мен машықтарды алу.

Негізгі қолданылатын сөздер. ФАЗА, ҚАТТЫ ФАЗА, СҰЙЫҚ, ГАЗ, ФАЗАЛЫҚ ДИАГРАММА, ФАЗАЛЫҚ АУЫСЫМ.

Бірінші және екінші текті фазалық ауысымдар. Сұйық және газ күйлерінің арасындағы өтулерді бірінші текті фазалық ауысым деп атаймыз.

Қарастырылған сұйық-қатты дене арасындағы өзгерістер бірінші текті фазалық ауысымдарға жатады. Бірінші текті фазалық ауысымдағы қысым мен температураның арасындағы байланыс Клапейрон-Клаузиус теңдеуімен сипатталады.

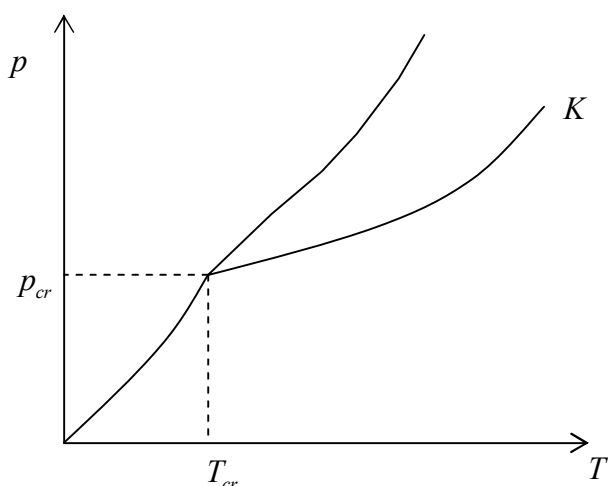
Сұйытылған гелийді қарастырғанда фазалық ауысымдардың басқа түрі кездеседі — λ -ауысым немесе бірінші текті фазалық ауысым. Бірінші текті фазалық ауысымдардың ерекшеліктеріне меншікті ішкі энергияның секіріспен өзгеруі және онымен байланысты өту нүктесіндегі білінбейтін ауысым жылуының болуы. Ауысым белгілі температура мен қысымда өтеді және өту процесінде екі фаза көлемде бірдей болады.

Екінші текті фазалық ауысымдар бірден барлық көлемде өтеді және міндетті түрде жүйенің симметриясының өзгеруімен байланысты. Фазалық ауысым өтетін температураны Кюри нүктесі деп аталады. Ауысым барлық көлемде өтетін болғандықтан фазалардың кеңістіктегі бөлінуі мен өзара тепе-теңдігін сақтау мүмкін емес. Екінші текті фазалық ауысым кезінде, фазалық өзгерістің жылу бөлуі немесе жұтуы жоқ. Ауысым кезінде көлем өзгермейді, ал жүйенің симметриясы өзгеруіне байланысты жылусымдылық өзгереді. Бұл дегеніміз $\frac{dc_V}{dT}$

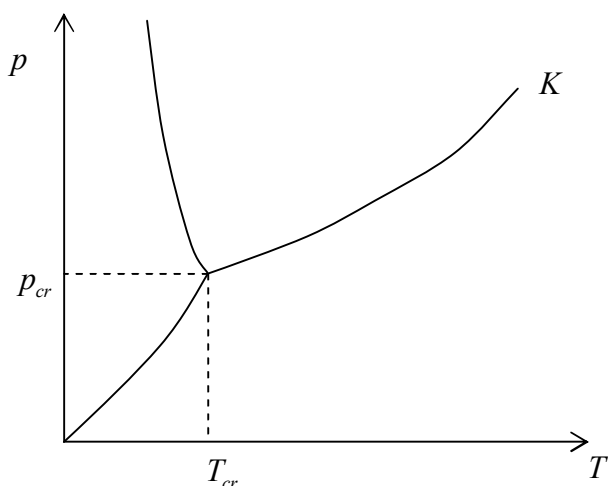
туындысы секіріспен өзгергенде, көлемдік ұлғаю коэффициенті қоса өзгереді.

Жүйенің симметрияның өзгеруі кристалдық симметрияны өзгертеді деп айтуға болмайды. Мысалы, ферромагниттің парамагниттік күйге көшуі кристалдық құрылымның трансформациясына әкелмейді, ал тек денедегі элементар магниттік моменттер бағдарларының кеңістіктегі өзгеруімен байланысты. Металдың асқын өткізгіштік күйге өтуі және ауысым He I мен He II екінші текті ауысым түрлеріне жатады.

Заттың үш фазаларының тепе-теңдік сызығы қысым-температура координатасында фазалық диаграммалар арқылы сипатталады. Барлық заттар нормальдық (олар өте көп) және аномальдық (оларға су жатады) түрлерге бөлінеді.



Нормальдық заттардың күй диаграммалары.



Аномальдық заттардың күй диаграммалары.

Судың көптеген маңызды ерекшеліктері фазалық ауысымдар қисығының ерекшеліктерімен байланысты.

Өзін-өзі тексеру сұрақтары

1. Клапейрон-Клаузиус теңдеуін қорыту.
2. Нормальдық заттар үшін газ-сұйық-қатты дене күй диаграммаларын суреттеу.
3. Бірінші текті фазалық ауысым дегеніміз не?
4. Аномальдық заттар үшін газ-сұйық-қатты дене күй диаграммаларын суреттеу.
5. Екінші текті фазалық ауысым.
6. Үштік нүкте дегеніміз не?
7. Термодинамикада қандай күйлер сындық күйлер деп аталады?
8. Сындық опаленценцияның туындау себебі?
9. Сұйық гелийдің ерекшеліктері қандай?

--	--	--	--	--	--

Өзіндік жұмыстарға арналған тақырыптар мен сабақ түрлеріне керек оқу-практикалық материалдар (кейстер, есептер жинағы, талдауға арналған мақалалар және т.б..)

Кейстер дайындауға және СӨЖ – ге арналған тапсырмалардың тақырыптары

1. Идеал газдың күй теңдеуі.
2. Локальдық термодинамикалық тепе-теңдік жағдайы. Локальдық макропараметрлер.
3. Барометрлік формула.
4. Больцман үлестірімі.
5. Гаусс үлестірімі.
6. Биномдық үлестірім заңы. Пуассон үлестірімі.
7. Микрокүй және макрокүй. Күй ықтималдылығы. Жиліктік және уақыттық анықтама.
8. Статистикалық орташалар. Флуктуациялар.
9. Максвелл үлестірімі.
10. Абсолюттік температура. Температураға арналған кинетикалық теорияның теңдеуі.
11. Қысымға арналған кинетикалық теорияның негізгі теңдеуі.
12. Идеал газдың ішкі энергиясы.
13. Жұмыс және жылу. Термодинамиканың бірінші бастамасы.
14. Газдардағы жылусыйымдылық. Идеал газ үшін, термодинамиканың бірінші бастамасы.
15. Тұрақты көлемдегі және тұрақты қысымдағы жылусыйымдылық.
16. Майер теңдеуі. Универсал газ тұрақтысының физикалық мағынасы.
17. Газдардың жылусыйымдылығын классикалық теория арқылы есептеу.
18. Классикалық теорияның кемшіліктері.
19. Жылулық және мұздатқыш машиналар. Карно циклы.
20. Карно теоремасы.
21. Клаузиус теңсіздігі. Энтропия.
22. Термодинамиканың екінші бастамасы.
23. Энтропия. Энтропияның өсу заңы.
24. Энтропия мен термодинамиканың екінші бастамасының статистикалық сипаты.
25. Ішкі энергия, температура және энтропияның өзара байланысы.
26. Идеал газдардағы процестер үшін энтропия өзгерісін есептеу.
27. Идеал газ үшін энтропия өсімін есептеу.
28. Изохоралық процесс.
29. Изобаралық процесс.
30. Изотермдік процесс.
31. Адиабаттық процесс.
32. Политроптық процесс.
33. Потенциалдар әдісі (сипаттамалық функциялар). Максвелл қатынастары.
34. Нақты газ үшін Эндрюстің тәжірибелік изотермалары.
35. Молекулалардың әрекеттесу потенциалдары және өзара әсерлесу күштері.
36. Термодинамикалық бет.
37. Ван-дер-Ваальс изотермаларын тәжірибелік изотермалармен салыстыру.
38. Критикалық күй.
39. Ван-дер-Ваальстің келтірілген теңдеуі.
40. Джоуль-Томсон құбылысын тәжірибе жүзінде бақылау және физикалық мағынасы.
41. Ван-дер-Ваальс газы үшін, Джоуль-Томсон құбылысы.
42. Дифференциальдық Джоуль-Томсон құбылысы.
43. Джоуль-Томсон құбылысы үшін инверсиялық қисық.
44. Термодинамикалық потенциалдар әдісі арқылы Джоуль-Томсон құбылысын есептеу.
45. Заттардың төменгі температурадағы қасиеттері. Газдарды сұйылту. Нернст принципі.
46. Сұйық күйдің ерекшеліктері. Капиллярлық құбылыстар.
47. Бірінші текті фазалық ауысымдар
48. Сұйықтардың булануы.
49. Сұйықтардың қайнауы.
50. Қаныққан су буы қысымының температураға тәуелділігі.

51. Клапейрон-Клаузиус теңдеуі.
52. Екі сұйықтың және сұйық пен қатты дененің шекарасындағы тепе-теңдік жағдайы
53. Жұғу.
54. Сұйықтың қисық бетінің астындағы қысым. Капиллярлық құбылыстар.
55. Осмос. Осмостық қысым. Вант-Гофф заңы.
56. Сұйықтардың қатуы. Аморфтық денелер мен кристаллдар. Симметрия.
57. Кристаллдардың физикалық түрлері.
58. Қатты денелердің жылулық ұлғаюы.
59. Қатты денелердің жылуөткізгіштігі.
60. Газ молекулаларының орташа соқтығысу саны мен еркін жүру жолының орташа ұзындығы.
61. Жылуөткізгіштік теңдеулері.
62. Стационарлық емес жылуөткізгіштік.
63. Газдардың жылуөткізгіштігі. Жылуөткізгіштіктің кинетикалық теориясы.
64. Тұтқырлық. Газдар тұтқырлығының кинетикалық теориясы.
65. Өзіндік диффузия.
66. Газдардағы өзара диффузия.
67. Термодиффузия.
68. Сиретілген газдардағы физикалық құбылыстар.
69. Фазалық диаграммалар.
70. Сұйық гелийдің ерекшеліктері. Асқынөткізгіштік.

Курстың бірінші бөліміне арналған тапсырмалар

1. Қысым 0,15 МПа болғанда, қандай температурада 1,9 г азот 950 см^3 көлемді алады?
2. Аудиториядағы ауаның массасын табу керек, егер ауаның құрамын 0,78 жалпы үлесі азоттан, 0,22 жалпы үлесі оттегіден құралған идеал газдардың қоспасы ретінде қарастырсақ. (Аудитория өлшемі курстың бірінші бөлімінде берілген) м^3 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ температура мен қысым 690 мм.сын.бағ.
3. Көлемі $1,29 \text{ м}^3$ жабық ыдыстағы 1,2 кг азоттан және 0,82 кг судан құрылған газ қоспасының 750K температурадағы қысымын табындар. Берілген жағдайда барлық су қанықпаған су буы күйінде яғни, қоспа идеал газ күйінің теңдеуімен сипатталады.
4. Фреон-12 ($\text{CF}_2 \text{ Cl}_2$) молекуласының массасын табыңыз?
5. Екі жағы жабық түтікше вертикаль өстің бойымен дәл центрінен өтетін, горизонталь жазықтықта айналады. Молекулалардың түтікшенің соңындағы және өстегі сандық тығыздықтарының қатынасын табу керек. Түтікшенің бойымен сандық тығыздықтың таралуын графиктік сызу қажет. Түтікше $T=310\text{K}$ температурада аргонмен толтырылған. Түтікшенің ұзындығы $L = 22\text{см}$, бұрыштық айналу жылдамдығы $\omega = 1,26 \cdot 10^3 \text{ рад/с}$.

Курстың екінші бөліміне арналған тапсырмалар

1. Қабырғалары жылу өткізбейтін ішінде (CO_2) көмір қышқыл газының массасы бар ыдыс W жылдамдықпен қозғалады. Егер ыдыс кенеттен тоқтаған кездегі газ молекулаларының жылулық қозғалыс жылдамдықтары квадратының орташа мәнінің өсуін сипаттаңыз. Анықталатын шаманы $W=60 \text{ км/сағ}$ жылдамдық мәні үшін есептеңіз?
2. Терезенің ауданы $S=2,6 \text{ м}^2$, ал сыртқы және ішкі шынылардың ара қашықтығы $L=13 \text{ см}$. Шынылар арасындағы ауаның температурасы сызықтық заң бойынша сыртқы шынының температурасы $t_1=-15 \text{ }^\circ\text{C}$ – тан, ішкі шынының температурасы $t_2=21 \text{ }^\circ\text{C}$ – қа өзгереді. Шынылар арасындағы ауа молекулаларының саны мен жалпы энергиясын анықтау қажет?
3. Изотермдік, изобарлық, адиабаттық процестерден құрылған, жұмыстық денесі идеал газ жылу машинасы қайтымды цикл бойынша жұмыс жасайды. Изобарлық процесте жұмыстық дене $t_2=-73 \text{ }^\circ\text{C}$ температурадан $t_1=227 \text{ }^\circ\text{C}$ температураға дейін қыздырылады. Циклдің жұмыстық диаграммасын сызыңыз. Осы циклдің ПӘК – ін және қыздырғышының температурасы $t_1=227^\circ\text{C}$ және мұздатқышының температурасы $t_2=-73^\circ\text{C}$ Карно циклінің ПӘК – ін есептеңіз? Қай цикл эффективті екендігін анықтаңыз?
4. Жылу өткізбейтін идеал газбен толтырылған ыдыс бөлгішпен екі бөлікке бөлінген: $V_1=2\text{л}$, $V_2=3\text{л}$. Бірінші бөліктегі газдың қысымы $p_1=0,1\text{МПа}$ температурасы $t_1=27 \text{ }^\circ\text{C}$, ал екінші бөлікте – қысым $p_2=0,5\text{МПа}$ температурасы бірінші бөліктегідей. Бөлгішті алып тастағаннан

кейінгі тұрақталған теңдіктегі энтропияның өсуін анықтаңыз? Егер бастапқы көлемдерде V_1 және V_2 әртүрлі газдар болса, жауап өзгереме?

5. Қимасы 1 см^2 және ұзындығы 10 см біліктің ұштарындағы тұрақты температуралар айырымы 100 К . Біліктен 1 секундта өтетін жылу мөлшері қандай, егер білік материалының жылуөткізгіштік коэффициенті тұрақты $\lambda = 20 \text{ Вт/ (м К)}$ болса?

Әдебиеттер тізімі

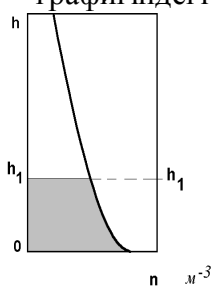
62. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. Изд. 2-е. М.: Наука, 1988. -415 с.
63. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учебник для физич. спец. вузов.- 2-е изд., Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями. Учебное пособие./Трофимова, Т.И., Павлов, З.Г. 4-е изд. - М.: Высшая школа, 2003. – 591 с.
64. перераб. и доп.- М.: Выш. шк., 1987.- 360 с.: ил.
65. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика.- М.: Наука, 1976.- 480 с.: ил.
66. Савельев И.В. Курс физики: Учебник в трех томах. Том 1: Молекулярная физика. Механика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.- 352 с. : ил.
67. Сивухин Д.В. Общий курс физики, том 2 - Термодинамика и молекулярная физика.- М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1979.- 552 с.: ил.
68. Термодинамика. Терминология. Вып. 85. М.: Наука, 1973.- 56с.
69. Радченко И.В. Молекулярная физика. М.: Наука, 1965.- 479 с.
70. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебное пособие. 8-е изд. М.: Высшая школа, 2004.–544 с.
71. Гинзбург В.Л., Левин О.М., Сивухин Д.В., Яковлев И.А. (под ред. Д.В.Сивухина) Сборник задач по общему курсу физики, часть 2 (термодинамика и молекулярная физика) М.: Наука, 1976. - 208с.
72. Сахаров Д.И. Сборник задач по физике.-М.: Просвещение, 1967. -288с.

Бақылау-өлшеуіш құралдар.

Емтихан билеттері және тестке арналған тақырыптар бойынша бақылау сұрақтарының тізімі.

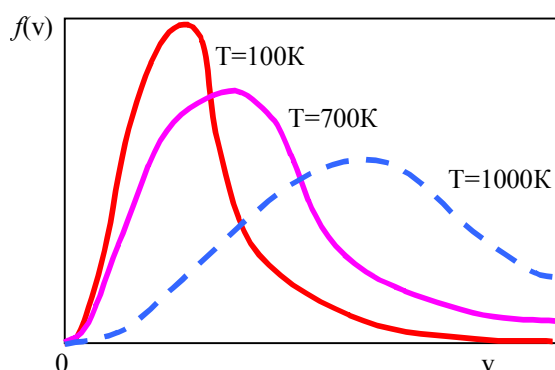
- 1 Молекулалық физикада қандай кешендер зерттеледі?
2. Газ молекулаларының жылулық қозғалысының сипаты қандай?
3. Молекулалық физика нені зертейді?
4. Молекулалық физикада теориялық зерттеу әдістерінің қай түрлері қолданылады?
5. Физикалық шама дегеніміз не?
6. Авогадро тұрақтысы N_A . . .
7. Молекулалық физикада бірлік масса ретінде ^{12}C атом изотопының $1/12$ массасының бөлігі алынатын болса, бірлік масса неге тең?
8. Зат мөлшерін СИ жүйесінде өлшеге қолданылатын негізгі физикалық шама.
9. СИ жүйесіндегі моль санының ν өлшемі.
10. СИ жүйесіндегі көлемнің өлшем бірлігі:
11. СИ жүйесіндегі тығыздықтың өлшем бірлігі:
12. СИ жүйесіндегі термодинамикалық температураны өлшейтін негізгі физикалық шама.
13. СИ жүйесінде термодинамикалық температураның T өлшем бірлігі қандай?
14. Абсолюттік T және жүз градустық шкаладағы температуралардың t арасындағы байланыс:
15. Қысым дегеніміз не?
16. Идеал газдың күй теңдеуі:
17. Идеал газ дегеніміз не?
18. Идеал газдың молекулалық моделі қандай?
19. Газдардағы молекулалардың эффективтік диаметрлерімен орташа еркін жүру жолының арасындағы дұрыс қатынас қандай?
20. Идеал газ үшін универсал тұрақтысын қандай қатынаспен анықтауға болады:
21. Больцман және универсал газ тұрақтыларының арасындағы байланыс
22. СИ жүйесінде Больцман тұрақтысы қандай өлшем бірлікпен өлшенеді?
23. СИ жүйесінде универсал газ тұрақтысы қандай өлшем бірлікпен өлшенеді?
24. СИ жүйесіндегі қысымның өлшем бірлігі қандай?
25. СИ жүйесіндегі жұмыстың өлшемі қандай?

26. СИ жүйесіндегі ішкі энергияның өлшемі қандай?
27. СИ жүйесіндегі жылудың өлшемі қандай?
28. Си жүйесіндегі молярлық массаның өлшемі қандай?
29. Универсал газ тұрақтысының физикалық мағынасы қандай?
30. Локальдық теңдіктегі тығыздық қандай қатынаспен енгізіледі?
31. Идеал газдың тығыздығы қандай формуламен есептеледі?
32. Идеал газ тығыздығы молекуланың массасы m_i арқылы қандай формуламен өрнектеледі?
33. Больцман тұрақтысының физикалық мағынасы қандай?
34. Қалыпты жағдайда идеал газдың күй теңдеуі ауа тығыздығы үшін қандай мәнді береді?
35. Идеал газдың n сандық тығыздығы:
36. Қысым $2 \cdot 10^2$ Па, температура $6 \cdot 10^2$ К 1 м^3 көлемде азоттың қанша молекуласы бар?
37. Қысым $2 \cdot 10^2$ Па, температура $T=6 \cdot 10^2$ К 1 м^3 көлемде аргонның қанша молекуласы бар?
38. Қысым $2 \cdot 10^2$ Па, температура $T=6 \cdot 10^2$ К 1 м^3 көлемде оттегінің қанша молекуласы бар?
39. Идеал газдың молярлық көлемін V_M қандай формуламен табуға болады?
40. Идеал газдың молярлық массасын қандай формуламен есептеу керек, егер белгілі қысым p , температурадағы T тығыздығы ρ белгілі болса?
41. Газдың бір молекуласының массасын қандай формуламен есептеу қажет, егер қысым p мен T температурадағы тығыздығы ρ белгілі болса?
42. Екі идеал газдың қоспасын молекулалардың массалары арқылы m_1 және m_2 өрнектеледі:
43. Концентрация дегеніміз не?
44. Салыстырмалы сандық концентрация x_α анықтау формуласы:
45. СИ жүйесіндегі салыстырмалы сандық концентрацияның өлшем бірлігі қандай?
46. Қоспадағы α компоненттің парциальдық тығыздығын идеал газ үлгісінде қандай формуламен есептеуге болады, егер салыстырмалы сандық үлес x_α болса?
47. Идеал газдың x_α салыстырмалы сандық концентрациясын парциальдық қысымы p_α арқылы өрнектелінуі:
48. Идеал газдар қоспасының қысымы 10^5 Па болса, ал екінші газдың парциальдық қысымы $0.3 \cdot 10^5$ Па. Осы газдың салыстырмалы сандық концентрациясы x_2 неге тең?
49. Газ молекулаларының орташа жылдамдықтары қалай өзгереді, егер оған сол температурада басқа газды қоссақ?
50. Судың бір молінің массасы неге тең?
51. Бір моль көмір қышқыл газының (CO_2) массасы неге тең?
52. Бір моль оттегінің массасы неге тең?
53. Оттегі молекуласының эффективтік газ-кинетикалық диаметрінің өлшемдік реті қандай?
54. Молярная масса смеси идеальных газов через массы молей компонентов смеси и относительную числовую концентрацию x_α определяется формулой:
55. Екі компоненттен құралған молярлық үлестері $x_1=0,2$, $x_2=0,8$ және молярлық массалары $M_1=4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль және $M_2=32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль бір моль идеал газ қоспасының массасы неге тең?
56. Екі компоненттен құралған молярлық үлестері $x_1=0,6$, $x_2=0,4$ және молярлық массалары $M_1=4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль және $M_2=32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль бір моль идеал газ қоспасының массасы неге тең?
57. Екі компоненттен құралған молярлық үлестері $x_1=0,3$, $x_2=0,7$ және молярлық массалары $M_1=4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль және $M_2=44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль бір моль идеал газ қоспасының массасы неге тең?
58. Үш компонентті идеал газ қоспасының үшін Дальтон заңы:
59. Молярлық массасы M газ үшін барометрлік формула:
60. Молекулалардың m_i массасы арқылы барометрлік формула қалай жазылады?
61. Жер атмосферасындағы молекулалардың сандық тығыздығының биіктікке тәуелділігінің графигіндегі штрихталған аймақтың мағынасы қандай?



62. Қай суретте әртүрлі температурадағы биіктік h бойынша, атмосферадағы молекулалардың n сандық тығыздығының үлестірімі дұрыс көрсетілген?
63. Дискреттік кездейсоқ шаманың орташа мәні.

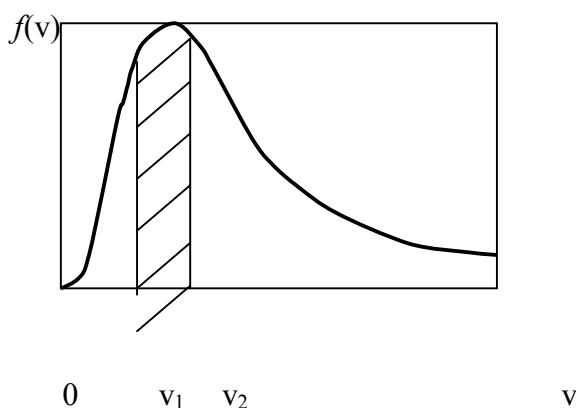
64. Үздіксіз өзгертін x кездейсоқ шаманың орташа мәні.
65. Гаусстың қалыпты үлестірім заңы орташа σ квадраттық ауытқу арқылы қалай жазылады?
66. Флуктуацияның анықтамасы.
67. Флуктуацияның салыстырмалы рөлі . . .
68. Эргодикалық болжам нені тұжырымдайды?
69. Өзара тәуелсіз оқиғалардың бірге пайда болу ықтималдылығы:
70. Екі молекула өзара соқтығысқаннан кейін, молекулалардың импульсі қалай өзгереді?
71. Екі молекула серпімсіз соқтығысқаннан кейін, импульстері қалай өзгереді?
72. Екі молекула серпімді соқтығысқаннан кейінгі, кинетикалық энергияның өзгерісі?
73. Екі молекула серпімсіз соқтығысқаннан кейінгі, кинетикалық энергияның өзгерісі?
74. Температура өскенде газдағы молекулалардың жылдамдықтары қалай өзгереді?
75. Изотермдік жағдайда қысым өскенде молекулалардың жылдамдықтары қалай өзгереді?
76. Молекулалардың жылдамдықтар бойынша максвеллдік үлестірім функциясы.
77. Қай суретте әртүрлі температурадағы максвеллдік функцияның графиктері дұрыс кескінделген?



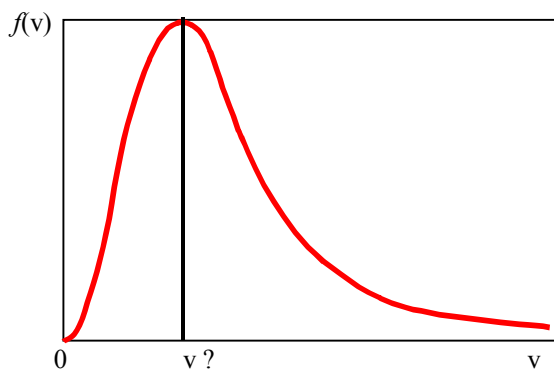
78. Максвелл функциясы қандай нормировкаға бағынады

$$f(v) = 4\pi v^2 \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} \exp\left(-\frac{mv^2}{2kT} \right) ?$$

79. Егер максвеллдік функция $f(v)$ бірге нормаланған болса, суреттегі штрихталған аймақтың мағынасы қандай?

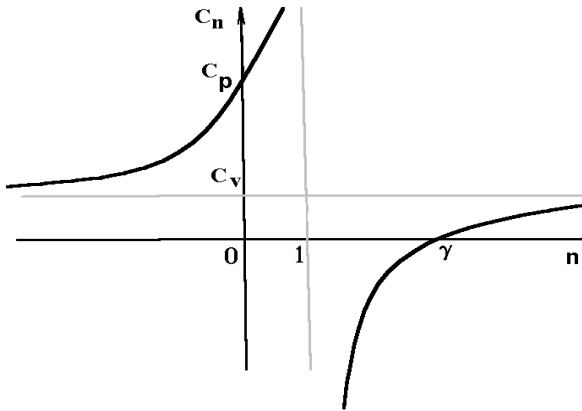


80. Максвеллдік функция газдың орташа арифметикалық жылдамдықтарына арналған келесі формуланы береді. . .
81. Тепе-теңдіктегі молярлық массасы M газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдығы қандай?
82. Ең ықтимал жылдамдық- бұл жылдамдық, ...
83. Газ молекулаларының сипаттама орташа жылдамдықтары қандай қатынастарда болады?
84. Газ молекулалары орташа жылдамдықтарының қайсысы суретте кескінделген?

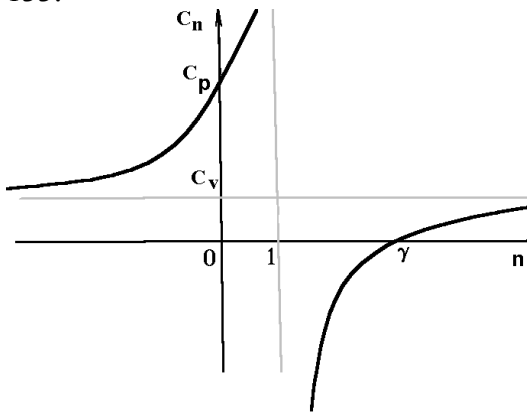


85. Сутегі молекулаларының $T = 300$ К температурадағы орташа квадраттық жылдамдығы?
86. Оттегі молекулаларының 27 °С температурадағы орташа арифметикалық жылдамдығы?
87. Азот молекулаларының 27 °С температурадағы орташа арифметикалық жылдамдығы?
88. Идеал газ молекулаларының орташа энергиясы:
89. Газдардағы кинетикалық теорияның негігі формуласы:
90. Кинетикалық теорияның формуласы:
91. Газдардағы кинетикалық теорияның негігі формуласын тығыздықпен сипаттау:
92. Идеал газ үшін кинетикалық теорияның теңдеулері.
93. Температура үшін газдардағы кинетикалық теорияның негігі формуласы.
94. Еркіндік i дәрежелері бар газ молекулаларының орташа энергиясы.
95. Бір атомдық молекулалардың еркіндік i дәрежелерінің саны неге тең?
96. Екі атомдық қатты байланыстағы молекулалардың еркіндік i дәрежелерінің саны неге тең?
97. Үш атомдық қатты байланыстағы молекулалардың еркіндік i дәрежелерінің саны неге тең?
98. Термодинамикалық жүйенің ішкі энергиясы дегеніміз не?
99. Термодинамикалық жүйенің ішкі энергиясының өзгерісін не тудырады?
100. Термодинамикалық жүйенің ішкі энергиясы неден құралады?
101. Жеткілікті сиретілген 2 моль оттегінің $T = 5 \cdot 10^2$ температурадағы ішкі энергиясы неге тең?
102. Термодинамиканың бірінші бастамасына арналған өрнектің қайсысы дұрыс?
103. Термодинамиканың бірінші бастамасын тұжырымдауға болады
104. Термодинамиканың бірінші бастамасының келесі түрі: $dU = \delta Q - \delta A$, нені білдіреді ...
105. Неліктен жылу мөлшері δQ толық дифференциал емес?
106. Неліктен элементар жұмыс δA толық дифференциал емес?
107. Неліктен dU толық дифференциал болады?
108. Неліктен кейбір денелерде қанша жылу барын анықтау мүмкін емес?
109. Неліктен жүйеде қанша жұмыс барын анықтау мүмкін емес?
110. Қайтымды процесте күй функцияларының өсімшесі қалай анықталады?
111. Қайтымсыз процесте күй функцияларының өсімшесі қалай анықталады?
112. Молярлық жылу сиымдылықтың өлшемі қандай?
113. СИ жүйесіндегі меншікті жылу сиымдылықтың өлшем бірлігі?
114. Жылу өткізгіштік, $C = \delta Q / dT$. .
115. Тұрақты көлемдегі гелийдің (He) молярлық жылу сиымдылығы неге тең?
116. Тұрақты көлемдегі аргонның (Ar) молярлық жылу сиымдылығы неге тең?
117. Гелийдің молярлық жылу сиымдылықтарының қатынасы неге тең?
118. Оттегінің молярлық жылу сиымдылықтарының қатынасы неге тең?
119. Көлемі тұрақты ыдыстағы 3 моль аргонды 10 К температураға қыздыруға қанша жылу мөлшері жұмсалады?
120. Қандай процесс адиабаттық деп аталады?
121. Адиабаттық жүйе.
122. Адиабаттық процестегі жүйенің алатын жылу мөлшері.
123. Адиабата теңдеуі:
124. Адиабатаның графигі:
125. Адиабата мен изотерманың графигі: координатада p - V :
126. Изотермдік процестегі жылу мөлшері қайда жұмсалады?
127. Изохорлық процестегі жүйе алынған жылу қайда жұмсалады?
128. Изобарлық процестегі жүйе алған жылу қайда жұмсалады?
129. Изотермдік процестегі жүйеге жұмсалған жұмыс қайда кетеді?

130. Адиабаттық процестегі жүйеге жұмсалған жұмыс қайда кетеді?
 131. Изохорлық процестегі бір моль газ істейтін жұмыс неге тең?
 132. Суретте политроптық процестегі жылу сиымдылықтың политропа n көрсеткішіне тәуелділігі берілген. Қандай процесс үшін политропа көрсеткіші $n=0$, ал жылу сиымдылық C_p ?



133.



- Суретте политроптық процесс жылу сиымдылығының политропа көрсеткішіне n тәуелділігі кескінделген. Қандай процесте политропа көрсеткіші $n=1$, ал жылу сиымдылық шексіз?
 134. Суретте политроптық процесс жылу сиымдылығының политропа көрсеткішіне n тәуелділігі кескінделген. Қандай процесте политропа көрсеткіші $n=\gamma$, ал жылу сиымдылық нөлге тең?
 135. Тұрақты көлемдегі аргонның (Ar) молярлық жылу сиымдылығы неге тең?
 136. Газ көлемі dV өзгергенде газдың істейтін жұмысы:
 137. Молярлық жылу сиымдылықтар үшін Майер формуласы:
 138. Бір моль идеал газдың ішкі энергиясы.
 139. Өте сиретілген 2 моль оттегінің $T=5 \cdot 10^2$ К температурадағы ішкі энергиясы неге тең?
 140. Изотермдік процестегі ішкі энергияның өзгерісі . . .
 141. Адиабаттық процестегі жүйенің алатын жылу мөлшері.
 142. Екі атомдық қатты байланыстағы молекулалардан тұратын 1 моль идеал газдың температурасы $T_1=300$ К -нен $T_2=400$ К –ге өзгергендегі ішкі энергияның өсімшесі неге тең?
 143. Үш атомды қатты байланыстағы молекулалардан тұратын 1 моль идеал газдың температурасы $T_1=400$ К -нен $T_2=500$ К –ге өзгергендегі ішкі энергияның өсімшесі неге тең?
 144. Термодинамикадағы процестің анықтамасы қандай?
 145. Термодинамикалық цикл дегеніміз не?
 146. Изохора мен изобарадан қайтымды цикл қалай жасауға болады?
 147. Бірінші текті мәңгілік қозғалтқыш дегеніміз не?
 148. Екінші текті мәңгілік қозғалтқыш дегеніміз не?
 149. Карно жылу машинасының жұмыс істеу принципінің сұлбасы қандай?
 150. Термодинамиканың екінші бастамасының Кельвин тұжырымдамасы бойынша, қандай процестің болуы мүмкін емес?
 151. Қайтымды Карно циклі бойынша (мұнда $T_1 > T_2$ жұмыс жасайтын мұздатқыш машинаның және динамикалық қыздырғыштың жұмыс жасау принциптері:
 152. Карно циклінің жұмыстық диаграммасы қалай кескінделеді?
 153. Карно циклінің жылулық диаграммасы:
 154. Карно циклінде қандай процестер қолданылады?

155. Карно циклі болуы үшін, қанша қыздырғыш керек?
156. Бір қыздырғышпен және бір мұздатқышпен қандай қайтымды цикл алуға болады?
157. Карно циклінде қолданылатын қыздырғыштың жылусиымдылығы қандай?
158. Карно циклінде қолданылатын мұздатқыштың жылусиымдылығы қандай?
159. Практикада жылу машиналарында мұздатқыш ретінде көбінесе нені қолданады?
160. Жылу машиналарында мұздатқыш ретінде қоршаған ортаны қолдану неге әкеледі?
161. Кері цикл бойынша жұмыс істейтін жылу машинасы практикада қалай қолданады?
162. Карно жылу машинасының пайдалы әсер коэффициенті қалай енгізіледі?
163. СИ жүйесінде пайдалы әсер коэффициенті қандай бірлікте өлшенеді?
164. ПӘК нені сипаттайды?
165. ПӘК бірден үлкен болуы мүмкін бе?
166. Қыздырғыштың температурасы $T_1 = 400\text{K}$ және мұздатқыштың температурасы $T_2 = 250\text{K}$, Карно жылу машинасының пайдалы әсер коэффициенті неге тең?
167. Карно циклімен жұмыс істейтін жылулық насос бөлмедегі температураны $t_1 = 27^\circ\text{C}$ (сыртқы ортаның температурасы $t_2 = -23^\circ\text{C}$) тұрақты ұстап тұрады. Жылулық насосының эффективтілігі қандай?
168. Карно циклімен жұмыс істейтін жылулық насос бөлмедегі температураны $T_1 = 300\text{K}$ (сыртқы ортаның температурасы $T_2 = 240\text{K}$) тұрақты ұстап тұрады. Жылулық насосының эффективтілігі қандай?
169. Клаузиус теңсіздігі.
170. Термодинамиканың екінші бастамасын қалай тұжырымдауға болады?
171. Термодинамиканың үшінші бастамасы
172. Кельвин принципін қалай тұжырымдауға болады?
173. Термодинамиканың үшінші бастамасын қалай тұжырымдауға болады?
174. Термодинамикада энтропия қалай енгізіледі?
175. СИ жүйесінде энтропия қандай бірлікте өлшенеді?
176. Энтропия өндірілуінің өлшем бірлігі қандай?
177. Қайтымды процестердегі жүйе энтропиясының өзгерісін келтірілген жылу арқылы өрнектеу формуласы:
178. Бір моль идеал газдың 1-ші күйден 2-ші күйге көшкендегі энтропияның өзгерісі:
179. Изотермдік процестегі бір моль идеал газдың энтропиясының өзгерісі:
180. Екі атомдық молекулалардан құрылған 1 моль идеал газдың тұрақты көлемде температура қайтымды 2 есе өскендегі энтропия өзгерісі неге тең?
181. 1 моль идеал газдың тұрақты температурада көлем қайтымды 2 есе өскендегі энтропия өзгерісі неге тең?
182. Термодинамиканың 2-ші бастамасына сәйкес, тұйық жүйе энтропиясының қасиеттері.
183. Оқшауланған жүйенің энтропиясы қалай өзгереді?
184. Денелер жүйесінің энтропиясы қалай анықталады?
185. Екі ыдыстың әрқайсысында 100 г су бар. Бір ыдыстағы судың температурасы 5°C , ал екіншісінде 92°C . Қабырғалары адиабаттық бір ыдысқа екі көлем суды құйямыз. Температуралар теңескендегі су энтропиясының өзгерісін табу керек?
186. Массасы 100 гр температурасы 7°C болат гирді температурасы 97°C 100 гр суға салсақ, температура тұрақталған соң су-гир жүйесінің энтропиясы қалай өзгереді?
187. Массасы 100 гр температурасы 7°C болат гирді, қабырғалары адиабаттық ыдыстағы температурасы 97°C 100 гр суға салсақ, температура тұрақталған соң су-гир жүйесінің энтропиясы қалай өзгереді?
188. Массасы 100 гр температурасы 10°C болат гирді, қабырғалары адиабаттық ыдыстағы температурасы 80°C 100 гр суға салсақ, температура тұрақталған соң су-гир жүйесінің энтропиясы қалай өзгереді?
189. Тұрақты көлемде температура қайтымды 2 есе кемісе, бір атомдық молекулалардан тұратын 1 моль идеал газдың энтропиясының ΔS өзгерісі неге тең?
190. Тұрақты температурда көлем қайтымды 2 есе кемісе, 1 моль идеал газдың энтропиясының ΔS өзгерісі неге тең?
191. Қайтымды адиабаттық процестегі энтропияның сипаттары.
192. Жылуалмасуда энтропия қалай өзгереді?
193. Энтропия термодинамикалық ықтималдылық W арқылы формуламен сипатталынады:
194. Абсолют нөл кельвинде энтропия неге тең?
195. Термодинамикалық тепе-теңдік:

196. Термодинамикалық тепе-теңдікті келесі түрде жазуға болады:
197. Энтальпия H қандай формула арқылы енгізіледі?
198. Еркін энергия немесе Гельмгольц функциясы:
199. Қандай тәуелсіз емес айнымалылармен салыстырғанда ішкі энергия термодинамикалық потенциал болады?
200. Қандай тәуелсіз емес айнымалылармен салыстырғанда энтальпия термодинамикалық потенциал болады?
201. Термодинамикада қысым қалай анықталады?
202. Термодинамикада қысым еркін энергия арқылы қалай анықталады?
203. Термодинамикада температура қалай анықталады?
204. Термодинамикада көлем қалай анықталады?
205. T, p айнымалыларымен сипатталған Максвелл қатынастары:
206. T, V айнымалыларымен сипатталған Максвелл қатынастары:
207. S, V айнымалыларымен сипатталған Максвелл қатынастары:
208. Нақты газдардың идеал газ күйінен ауытқуының себебі қандай?
209. Ван-дер-Ваальс күштері неліктен туындайды?
210. Молекулалардың Леннарда-Джонса әрекеттесу потенциалы:
- 211 Молекулалардың өзара әрекеттесу Сэзерленд потенциалында молекуланы сипаттау?
212. Қаныққан бу мен сұйық тығыздығының температураға тәуелділік графигі:
213. Қайнау температурасы дегеніміз не?
214. 1 моль нақты газға арналған Ван-дер-Ваальс теңдеуі:
215. ν моль нақты газға арналған Ван-дер-Ваальс теңдеуі:
216. Қай суретте Ван-дер-Ваальс изотермалары дұрыс сипатталған?
217. Ван-дер-Ваальс изохорасы идеал газдың изохорасына қарағанда қалай суреттеледі?
218. Метастабильдік күй дегеніміз не?
219. Вильсон камерасы немен толтырылған?
220. Термодинамикада қандай күй сындық деп аталады?
221. Сындық опалесценция құбылысының туындау себебтері?
222. Ван-дер-Ваальс газының сындық көлемі:
223. 1 моль судың сындық көлемі неге тең, Ван-дер-Ваальс түзетуі $b = 3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$ болса?
224. Ван-дер-Ваальс газының сындық қысымының a және b түзетулерімен байланысы?
225. Ван-дер-Ваальс газының сындық температурасының a және b түзетулерімен байланысы?
226. Ван-дер-Ваальс газына арналған ішкі энергияның формуласы.
227. Как проявляется эффект Джоуля-Томсона?
228. Джоуль-Томсон құбылысы бақыланады тұрақты... .
229. Идеал газда Джоуль-Томсон құбылысы байқалмайды, себебі... .
230. Джоуль-Томсон құбылысындағы инверсия температурасы дегеніміз не?
231. Сұйықтардағы молекулалардың жылулық қозғалысының сипаты қандай?
232. Беттік керілудің себебі неде?
233. Беттік керілу коэффициенті . . .
234. Қай суретте капиллярлық түтікшедегі жұғатын сұйықтың жағдайы дұрыс көрсетілген?
235. Қисық беттің астындағы қысымға арналған Лаплас формуласы.
236. Қай суретте жұғатын сұйықтың тамшысы мен оның шектік бұрышы дұрыс кескінделген?
237. Қай суретте жұқпайтын сұйықтың капиллярлық түтікшедегі орыны дұрыс кескінделген?
238. Толық жұқпайтын сұйықтың шектік бұрышы θ неге тең?
239. Толық жұғатын сұйықтың шектік бұрышы θ неге тең?
240. Қай суретте жұқпайтын сұйықтың шектік бұрышы дұрыс кескінделген?
241. Екі бірдей тамшы біріккенде пайда болған сфераның ішіндегі қысымның өзгеруі?
242. Сынаптан құрылған сфералық тамшы - үш бірдей бөлікке бөлінгенде, тамшы ішіндегі қысымның өзгерісі қандай?
243. Еру жылуы дегеніміз не? Бұл - ...
244. Осмостық қысым дегеніміз не?
245. Осмостық қысымның туу себебтері?
246. Әлсіз ертінділердегі осмостық қысымға арналған Вант-Гофф заңы:
247. Қатты денелердегі құрылымдық элементтердің жылулық қозғалысының сипаты қандай?
248. Атомдық кристалдардың түйінінде қандай бөлшектер болады?
249. Иондық кристалдардың түйінінде қандай бөлшектер болады?
250. Молярлық C және меншікті c жылу сыйымдылықтардың молярлық массамен M байланысы.

251. Қатты денелердің молярлық жылусиымдылықтарына арналған Дюлонг және Пти заңы:
252. Дюлонг және Пти заңына негізделген қатты денелердің меншікті жылусиымдылығын есептеуге арналған формула.
253. Дюлонг және Пти классикалық заңы темір үшін ($M=56\text{г/моль}$) қандай меншікті жылусиымдылық мәнін береді?
254. Дюлонг және Пти классикалық заңы алтын үшін ($M=197\text{г/моль}$) қандай меншікті жылусиымдылық мәнін береді?
255. Дюлонг және Пти классикалық заңы күміс үшін ($M=108\text{г/моль}$) қандай меншікті жылусиымдылық мәнін береді?
256. Дюлонг және Пти классикалық заңы цинк үшін ($M=65\text{г/моль}$) қандай меншікті жылусиымдылық мәнін береді?
257. Дюлонг және Пти классикалық заңы қалайы үшін ($M=119\text{г/моль}$) қандай меншікті жылусиымдылық мәнін береді?
258. Дюлонг және Пти классикалық заңы қорғасын үшін ($M=207\text{г/моль}$) қандай меншікті жылусиымдылық мәнін береді?
259. Дюлонг және Пти классикалық заңы алюминий үшін ($M=27\text{г/моль}$) қандай меншікті жылусиымдылық мәнін береді?
260. Дюлонг және Пти классикалық заңы никель үшін ($M=59\text{г/моль}$) қандай меншікті жылусиымдылық мәнін береді?
261. Дюлонг және Пти классикалық заңы цирконий үшін ($M=91\text{г/моль}$) қандай меншікті жылусиымдылық мәнін береді?
262. Дюлонг және Пти классикалық заңы вольфрам үшін ($M=184\text{г/моль}$) қандай меншікті жылусиымдылық мәнін береді?
263. Дюлонг және Пти заңы мыс ($M=63,5\text{кг/кмоль}$) үшін, қандай меншікті жылусиымдылық мәнін береді?
264. Дюлонг және Пти заңы натрий ($M=23\text{кг/кмоль}$) үшін, қандай меншікті жылусиымдылық мәнін береді?
265. Клапейрон-Менделеев тендеуі:
266. Қай суретте қалыпты заттардың газ-сұйық-қатты дене күйлерінің дұрыс диаграммалары көрсетілген?
267. Екінші текті фазалық ауысым дегеніміз не?
268. Қай суретте аномальдық зат судың газ-сұйық-қатты дене күйлерінің дұрыс диаграммалары көрсетілген?
269. Бірінші текті фазалық ауысым.
270. Үштік нүкте дегеніміз не?
271. Газ молекулаларының орташа еркін жүру жолының ұзындығы қалай енгізіледі?
272. Формула кинетической теории газов для средней длины свободного пробега молекул газа с эффективным диаметром молекул d :
273. Кнудсен саны қалай енгізіледі?
274. Диффузияның анықтамасы.
275. Диффузиялық ағынға Фик заңы қалай жазылады?
276. Как записывается закон Фурье для теплового потока q в одномерном процессе?
277. Тұтқыр кернеуліктің туындау себебтері?
278. Газдар тұтқырлығы қалай туындайды?
279. Жылу ағынының туу себебтері?
280. Диффузиялық ағынның туу себебтері?
281. Термодиффузияның туу себебтері?
282. Термодиффузияның анықтамасы.
283. Практикада термодиффузияның қолданылуы.
284. Аздау қысымда тасымалдау процестерінің кинетикалық теориясының қолдану аясы?
285. Тұтқыр кернеулік тензор компоненттері үшін, Ньютон-Рихман үйкеліс заңы:
286. Диффузия коэффициенттеріне арналған газдар кинетикалық теориясының формулалары:
287. Өзара диффузия үшін Мейер формуласы:
288. СИ жүйесінде диффузия коэффициенті қандай бірлікпен өлшенеді?
289. Газдың диффузия коэффициентінің қысымға тәуелділігі қандай?
290. Динамикалық тұтқырлыққа коэффициенттеріне арналған газдар кинетикалық теориясының формулалары:

291. Жылуөткізгіштік коэффициенттеріне арналған газдар кинетикалық теориясының формулалары:
292. Газдардағы тұтқырлық коэффициентінің қысымға тәуелділігі?
293. Газдардағы жылуөткізгіштік коэффициентінің қысымға тәуелділігі?
294. Температураөткізгіштік a коэффициенті арқылы жазылған стационарлық емес жылуөткізгіштік Фурье заңымен сипатталады:
295. СИ жүйесінде температураөткізгіштік a коэффициенті өлшенеді . . .
296. Қимасы 1 см^2 және ұзындығы 10 см біліктің екі жағына тұрақты 100 К температуралар айырымы берілген. Біліктен 1 секундта қанша жылу мөлшері өтетінін табу керек, егер материалдың тұрақты жылуөткізгіштік коэффициенті $\lambda = 200 \text{ Вт}/(\text{м К})$?
297. Қимасы 1 см^2 және ұзындығы 10 см біліктің екі жағында тұрақты 100 К температуралар айырымы берілген. Біліктен 1 секундта қанша жылу мөлшері өтетінін табу керек, егер материалдың тұрақты жылуөткізгіштік коэффициенті $\lambda = 20 \text{ Вт}/(\text{м К})$?
298. Ауданы 1 м^2 қалыңдығы 10 см кірпіштен жасалған қабырғаның бетінен қанша жылу өтеді, егер температуралар айырымы 10 К болса? (Кірпіш қабырғаның жылуөткізгіштік коэффициенті $\lambda = 4 \text{ Вт}/(\text{м К})$).
299. Мыстың жылуөткізгіштік коэффициенті $\lambda_1 = 400 \text{ Вт}/(\text{м К})$, ал титандікі $\lambda_2 = 15 \text{ Вт}/(\text{м К})$. Бірдей жағдайдағы - бірдей үлгілердегі жылу ағындары қандай қатынаста болады?
300. Киіздің жылуөткізгіштігі $\lambda_1 = 0.0377 \text{ Вт}/(\text{м К})$, ал ағаштікі $\lambda_2 = 0.15 \text{ Вт}/(\text{м К})$. Бірдей жағдайдағы - бірдей үлгілердегі жылу ағындары қандай қатынаста болады?
301. Кірпіштің жылуөткіштік коэффициенті $2.51 \text{ Вт}/(\text{м К})$, ал киіздің жылуөткізгіштік коэффициенті $0.0377 \text{ Вт}/(\text{м К})$. Киізден жасалған қабырғаның қалыңдығы қанша кіші болады, егер осындай жылу изоляция беретін кірпішке қарағанда?
302. Қайтымсыз ағынға арналған сызықтық феноменологтықтендеулер қалай жазылады?
303. Онзагердің сызықтық теориясындағы энтропия өндірілуі g қалай сипатталады?
304. Онзагердің айқас феноменологтық коэффициенттерге арналған қатынастардың жазылуы?
305. Табиғи процестердегі энтропия өндірілуі туралы не айтуға болады?
306. Сиретілген газдағы 1 секундта қабырғаның бірлік бетіне келіп соғатын молекулалардың санын қандай формуламен табылады?
307. Кнудсен газына арналған Рейнольдс формуласы:
308. Қатты денелер және сұйықтар диффузиясы үшін, Френкель формуласының жазылуы?
309. Асқынақшытық жағдайда сұйық гелий-II капиллярдан ағады.....
310. Гелийдің фазалық диаграммасы.
311. Гелий молекуласының массасын есептеңіз?
312. Азот молекуласының массасын есептеңіз?
313. Аргон молекуласының массасын есептеңіз?
314. Сутегі молекуласының массасын есептеңіз?
315. Оттегі молекуласының массасын есептеңіз?
316. Көмір қышқыл газы молекуласының массасын есептеңіз?
317. Су молекуласының массасын есептеңіз?
318. Температурасы $t = 92,2 \text{ }^\circ\text{C}$ және қысымы $25 \cdot 10^2 \text{ Па}$ 1 м^3 көлемде азоттың қанша молекуласы бар?
319. Температурасы $t = 92,2 \text{ }^\circ\text{C}$ және қысымы $25 \cdot 10^2 \text{ Па}$ 1 м^3 көлемде көмір қышқыл газының молекуласы бар?
320. Температурасы $t = 192,2 \text{ }^\circ\text{C}$ және қысымы $51 \cdot 10^2 \text{ Па}$ 1 м^3 көлемде неонның қанша молекуласы бар?
321. Молекулаларының массасы m газға арналған барометрлік формула:
322. Центріне перпендикуляр газбен толтырылған түтікше өз өсінен айналады. Түтікшенің қай жерінде қысым үлкен: центрінде немесе шет жақтарында?
323. Центріне перпендикуляр ауыр және жеңіл газдар қоспасымен толтырылған түтікше өз өсінен айналады. Түтікшенің қай жерінде ауыр газдың концентрациясы үлкен: центрінде немесе шет жақтарында?
324. Центріне перпендикуляр ауыр және жеңіл газдар қоспасымен толтырылған түтікше өз өсінен айналады. Түтікшенің қай жерінде жеңіл газдың концентрациясы үлкен: центрінде немесе шет жақтарында?
325. Қандай формуламен идеал газдың молярлық көлемін есептеуге болады?
326. Қалыпты жағдайларда идеал газ жуықтауында гелийдің молярлық көлемі неге тең (қысым $p = 0.1 \text{ МПа}$ және температура $T = 273,15 \text{ К}$) ?

327. Қалыпты жағдайларда идеал газ жуықтауында сутегінің молярлық көлемі неге тең (қысым $p=0.1$ МПа және температура $T=273,15$ К) ?
328. Тепе-теңдікте газ молекулаларының ең ықтимал жылдамдыққа арналған формула дұрыс?
329. Газ молекулаларының орташа квадраттық жылдамдыққа арналған формула дұрыс?
330. Газ молекулаларының орташа арифметикалық жылдамдықтың ең ықтимал жылдамдықтан қанша есе артық?
331. Қалыпты жағдайда гелий молекулаларының орташа энергиясы неге тең?
332. Қалыпты жағдайда аргон молекулаларының орташа энергиясы неге тең?
333. Қалыпты жағдайда азоттың бір молекуласына келетін орташа энергиясы неге тең?
334. Қалыпты жағдайда оттегінің бір молекуласына келетін орташа энергиясы неге тең?
335. Қалыпты жағдайда (CO_2) ның бір молекуласына келетін орташа энергиясы неге тең?
336. Жеткілікті сиретілген 3 моль азоттың $T=6 \cdot 10^2$ К температурадағы ішкі энергиясы неге тең?
337. Жеткілікті сиретілген 2 моль гелийдің $T=5 \cdot 10^2$ К температурадағы ішкі энергиясы неге тең?
338. Жеткілікті сиретілген 3 моль (CO_2)–нің $T=500$ К температурадағы ішкі энергиясы неге тең?
339. Жеткілікті сиретілген 2 моль (CO_2) және 3 моль аргоннан құрылған қоспаның $T=500$ К температурадағы ішкі энергиясы неге тең?
340. Жеткілікті сиретілген 2 моль (CO_2) және 3 моль гелийдің құрылған қоспаның $T=500$ К температурадағы ішкі энергиясы неге тең?
341. Как выражается изохорная молярная теплоемкость газа C_V через число степеней свободы молекул i ?
342. Как выражается изобарная молярная теплоемкость газа C_p через число степеней свободы молекул i ?
343. Адиабаттық γ көрсеткіш қалай енгізіледі?
344. Адиабаттық көрсеткіш γ молекулалар еркіндік дәрежелері санымен i қалай өрнектеледі?
345. Адиабаттық көрсеткішті меншікті жылусиымдылықтар арқылы қалай өрнектеуге болады?
346. Газдың адиабаттық көрсеткіші 1,667 болса, газдың молекулаларында қанша атом бар?
347. Газдың адиабаттық көрсеткіші 1,667. Молекулалардың еркіндік дәрежелер саны қанша?
348. Газдың адиабаттық көрсеткіші 1,33. Молекулалардың еркіндік дәрежелер саны қанша?
349. Газдың адиабаттық көрсеткіші 1,33 болса, газдың молекуласы қанша атомнан тұрады?
350. Газдың адиабаттық көрсеткіші 1,40 болса, газдың молекуласы қанша атомнан тұрады?
351. Гелийдің 0,3 мольдік және оттегінің 0,7 мольдік үлестерінен құралған газ қоспасының адиабаттық көрсеткіші неге тең?
352. Гелийдің 0,8 мольдік және оттегінің 0,2 мольдік үлестерінен құралған газ қоспасының адиабаттық көрсеткіші неге тең?
353. Гелийдің 0,75 мольдік және оттегінің 0,25 мольдік үлестерінен құралған газ қоспасының адиабаттық көрсеткіші неге тең?
354. Гелийдің 0,2 мольдік және көміртегі қышқыл газының 0,8 мольдік үлестерінен құралған газ қоспасының адиабаттық көрсеткіші неге тең?
355. Адиабаттық ұлғаюда сиретілген аргонның көлемі 4 есе ұлғайса, қысым қанша есе өседі?
356. Адиабаттық ұлғаюда сиретілген аргонның көлемі 2 есе ұлғайса, қысым қанша есе өседі?
357. Адиабаттық ұлғаюда сиретілген азоттың көлемі 3 есе ұлғайса, қысым қанша есе кемиді?
358. Қандай процесс политроптық деп аталады?
359. Ван-дер-Ваальс теңдеуіндегі келтірілген қысым масштабына қолданылатын параметрлер?
360. Келтірілген параметрлердегі Ван-дерВаальс теңдеуі:
361. Ван-дер-Ваальс теңдеуіндегі келтірілген көлем қалай енгізіледі?
362. Ван-дер-Ваальс теңдеуіндегі келтірілген қысым қалай енгізіледі?
363. Ван-дер-Ваальс теңдеуіндегі келтірілген температура қалай енгізіледі?
364. Ван-дер-Ваальс тұрақтысы $b=3,9 \cdot 10^{-5}$ м³/моль бір моль азоттың сындық көлемі қандай?
365. Азоттың молярлық сындық көлемі $11,7 \cdot 10^{-5}$ м³/моль, болса b тұрақтысы неге тең?
366. Ван-дер-Ваальс тұрақтысы $b=3,2 \cdot 10^{-5}$ м³/моль бір моль оттегінің сындық көлемі қандай?
367. Оттегінің молярлық сындық көлемі $9,6 \cdot 10^{-5}$ м³/моль, болса b тұрақтысы неге тең?
368. Ван-дер-Ваальс тұрақтысы $b=2,7 \cdot 10^{-5}$ м³/моль бір моль сутегінің сындық көлемі қандай?
369. Қандай айнымалыларда еркін энергия сипаттамалық функция болады?
370. Сутегінің молярлық сындық көлемі $8,1 \cdot 10^{-5}$ м³/моль, болса b тұрақтысы неге тең?
371. Күй диаграммалары қандай координаталарда тұрғызылады?
372. Жылу машиналар циклының жұмыс диаграммалары қандай координатада тұрғызылады?
373. Жылу машиналар циклының жылулық диаграммалары қандай координатада тұрғызылады?

374. Қыздырғыштың температурасы $t_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, ал мұздатқыштың температурасы $t_2 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ болса, Карно циклі бойынша жұмыс жасайтын жылу машинасының ПӘК – і неге тең?
375. Қыздырғыштың температурасы $t_1 = 150 \text{ }^\circ\text{C}$, ал мұздатқыштың температурасы $t_2 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ болса, Карно циклі бойынша жұмыс жасайтын жылу машинасының ПӘК – і неге тең?
376. Қыздырғыштың температурасы $t_1 = 500 \text{ }^\circ\text{C}$, ал мұздатқыштың температурасы $t_2 = -10 \text{ }^\circ\text{C}$ болса, Карно циклі бойынша жұмыс жасайтын жылу машинасының ПӘК – і неге тең?
377. Қыздырғыштың температурасы $t_1 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$, ал мұздатқыштың температурасы $t_2 = -10 \text{ }^\circ\text{C}$ болса, Карно циклі бойынша жұмыс жасайтын жылу машинасының ПӘК – і неге тең?
378. Карно циклі бойынша жұмыс жасайтын жылу насосы, температурасы $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ бөлмені жылытадады, егер сыртқы ауаның температурасы $t_2 = -20^\circ\text{C}$. Насостың эффективтілігі қандай?
379. Жылу насосының эффективтілігі ξ_1 және Карно циклінің η пайдалы әсер коэффициентінің арасындағы қатынас қандай?
380. Карно циклі бойынша жұмыс жасайтын жылу насосы, температурасы t_1 бөлмені жылытадады, егер сыртқы ауаның температурасы t_2 . Карно тікелей циклінің ПӘК 0,071 болса, насостың эффективтілігі қандай?
381. Карно циклі бойынша жұмыс жасайтын жылу насосы бөлмені белгілі-бір температурада жылытадады. Осы жағдайдағы Карно тікелей циклінің ПӘК–і 0,088 болса, насостың эффективтілігі қандай?
382. Термодинамикалық ықтималдылық дегеніміз не?
383. Термодинамикалық жүйенің қандай күйі ең ықтимал саналады?
384. Сабын судың беттік керілу коэффициенті $\sigma = 43 \text{ мН/м}$. Радиусы 1,2 см көпіршіктегі қосымша қысым неге тең?
385. Сабын судың беттік керілу коэффициенті $\sigma = 43 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$. Радиусы 0,9 см көпіршіктегі қосымша қысым неге тең?
386. Сабын судың беттік керілу коэффициенті $\sigma = 43 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$. Сабын көпіршігінің ішіндегі қысым қанша есе өседі, егер көлем 3 есе кемісе?
387. Газдардың элементар кинетикалық теориясының формулалары белгілі тасымалдау коэффициенттерінің мәніне сәйкес молекулалардың соқтығысу диаметрін анықтауға мүмкіндік береді. Егер аргон тұтқырлығының гелий тұтқырлығына қатынасы 1,18 болса, молекулалар диаметрінің қатынастары қандай мәнді береді?
388. Газдардың элементар кинетикалық теориясының формулалары белгілі тасымалдау коэффициенттерінің мәніне сәйкес молекулалардың соқтығысу диаметрін анықтауға мүмкіндік береді. Егер азот тұтқырлығының гелий тұтқырлығына қатынасы 0,89 болса, молекулалар диаметрінің қатынастары қандай мәнді береді?
389. Газдардың элементар кинетикалық теориясының формулалары белгілі тасымалдау коэффициенттерінің мәніне сәйкес молекулалардың соқтығысу диаметрін анықтауға мүмкіндік береді. 273 К температурада гелийдің тұтқырлығы 18,5 мкПа болса, гелий молекуласының диаметрінің қандай мәнін береді?
390. Егер молекулалардың соқтығысу диаметрлері белгілі болса, газдардың элементар теориясының формулалары арқылы молекулалардың орташа еркін жүру жолының ұзындығын есептеуге болады. Қалыпты жағдайда соқтығысу диаметрі 0,18 нм болса, аргон молекулаларының еркін жүру жолының ұзындығының қандай мәнін береді?
391. Егер молекулалардың соқтығысу диаметрлері белгілі болса, газдардың элементар теориясының формулалары арқылы молекулалардың орташа еркін жүру жолының ұзындығын есептеуге болады. Қалыпты жағдайда соқтығысу диаметрі 0,295 нм болса, гелий молекулаларының еркін жүру жолының ұзындығының қандай мәнін береді?
392. Азот молекулаларының соқтығысу диаметрінің мәні 0,31 нм пайдаланып, қалыпты жағдайда газдардың элементар теориясының формулаларымен тұтқырлықты есептеуге болады.
393. Азот молекулаларының соқтығысу диаметрінің мәні 0,31 нм пайдаланып, қалыпты жағдайда газдардың элементар теориясының формулаларымен өзіндік диффузия коэффициентін есептеңіз.
394. Қалыпты жағдайда азот молекулаларының еркін жүру жолының ұзындығын есептеңіз. Азот молекулаларының соқтығысу диаметрін 0,31 нм деп алуға болады.
395. Аргон молекулаларының соқтығысу диаметрінің 0,295 нм мәнін пайдаланып, қалыпты жағдайда газдардың элементар теориясының формулаларымен өзіндік диффузия коэффициентін есептеу.

396. Гелия молекулаларының соқтығысу диаметрінің 0,18 нм мәнін пайдаланып, қалыпты жағдайда газдардың элементар теориясының формулаларымен өзіндік диффузия коэффициентін есептеу.
397. Газдардың элементар кинетикалық теориясының формулалары белгілі тасымалдау коэффициенттерінің мәніне сәйкес молекулалардың соқтығысу диаметрін анықтауға мүмкіндік береді. Егер гелийдің жылуөткізгіштік коэффициенті 58 мВт/(К·м) болса, 273 К температурадағы гелий молекулаларының соқтығысу диаметрі қандай?
398. Газдардың элементар кинетикалық теориясының формулалары белгілі тасымалдау коэффициенттерінің мәніне сәйкес молекулалардың соқтығысу диаметрін анықтауға мүмкіндік береді. Егер аргонның жылуөткізгіштік коэффициенті 7,0 мВт/(К·м) болса, 273 К температурадағы аргон молекулаларының соқтығысу диаметрі қандай?
399. Газдардың элементар кинетикалық теориясының формулалары белгілі тасымалдау коэффициенттерінің мәніне сәйкес молекулалардың соқтығысу диаметрін анықтауға мүмкіндік береді. Егер аргонның жылуөткізгіштік коэффициенті 12 мВт/(К·м) болса, 273 К температурадағы аргон молекулаларының соқтығысу диаметрі қандай?
400. Аргон молекулаларының соқтығысу диаметрінің мәні 0,29 нм пайдаланып, қалыпты жағдайда газдардың элементар теориясының формулаларымен жылусиымдылық коэффициентін есептеу.
401. Гелий молекулаларының соқтығысу диаметрінің мәні 0,18 нм пайдаланып, қалыпты жағдайда газдардың элементар теориясының формулаларымен қалыпты жағдайда өзіндік диффузия коэффициентін есептеу.
402. Аргон молекулаларының соқтығысу диаметрінің мәні 0,295 нм пайдаланып, қалыпты жағдайда газдардың элементар теориясының формулаларымен қалыпты жағдайда өзіндік диффузия коэффициентін есептеу.
403. Азот молекулаларының соқтығысу диаметрінің мәні 0,31 нм пайдаланып, қалыпты жағдайда газдардың элементар теориясының формулаларымен қалыпты жағдайда өзіндік диффузия коэффициентін есептеу.
404. Екі ыдыс өте кіші саңлауы бар қабырғамен бөлінген және молекулалардың еркін жүру жолының ұзындығы саңлаудың диаметрінен үлкен. 1 - ші ыдыста жоғары температура, ал 2 - ші ыдыста – төмендеу температура берілген болса, қай ыдыста жоғары қысым болады?
405. Екі ыдыс өте кіші саңлауы бар қабырғамен бөлінген және молекулалардың еркін жүру жолының ұзындығы саңлаудың диаметрінен үлкен. 1 - ші ыдыста жоғары температура, ал 2 - ші ыдыста – төмендеу температура берілген болса, қай ыдыста молекулалардың сандық тығыздығы үлкен?
406. Екі ыдыс өте кіші саңлауы бар қабырғамен бөлінген және молекулалардың еркін жүру жолының ұзындығы саңлаудың диаметрінен үлкен. 1 - ші ыдыста жоғары температура, ал 2 - ші ыдыста төмендеу температура берілсе. Екі ыдыстағы қысымдардың қатынасы қандай?
407. Екі ыдыс өте кіші саңлауы бар қабырғамен бөлінген және молекулалардың еркін жүру жолының ұзындығы саңлаудың диаметрінен үлкен. 1 - ші ыдыста жоғары температура, ал 2 - ші ыдыста – төмендеу температура берілген болса. Екі ыдыстағы сандық тығыздықтардың қатынастары қандай?
408. Екі ыдыс өте кіші саңлауы бар қабырғамен бөлінген және молекулалардың еркін жүру жолының ұзындығы саңлаудың диаметрінен үлкен. 1 - ші ыдыста жоғары температура $t_1=75,0$ °С, ал 2 - ші ыдыста – төмендеу $t_2=12,0$ °С температура берілген. Бірінші ыдыстағы қысымның, екінші ыдыстағы қысымға қатынасы қандай?
409. Екі ыдыс өте кіші саңлауы бар қабырғамен бөлінген және молекулалардың еркін жүру жолының ұзындығы саңлаудың диаметрінен үлкен. 1 - ші ыдыста жоғары температура $t_1=92,2$ °С, ал 2 - ші ыдыста – төмендеу $t_2=15,5$ °С температура берілген болса, 1 - ші ыдыстағы молекулалардың сандық тығыздығының, 2 - ші ыдыстағы молекулалардың сандық тығыздығына қатынасы қандай?
410. Температура өскенде молекулалардың эффективтік соқтығысу диаметрі құлай өзгереді?

