

ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Физика техникалық факультеті

Теориялық және ядролық физика кафедрасы

Факультеттің Әдістемелік кеңесінің отырысында

бекітілді хаттама №__ ____ 2013 ж

факультет деканы _____ Дәулетов А.Е..

" ____ " _____ 2013ж.

ПӘННІҢ ОҚУ ӘДІСТЕМЕЛІК КЕШЕНІ

Пәннің аты «Ядро модельдері 2»

Мамандығы «6M060500- Ядролық физика»

Оқыту түрі	<u>күндізгі бөлім (магистратура)</u>		
кредиттер саны	<u>3</u>		
курс	<u>1</u>	семестр	<u>1</u>
Дәрістер	<u>2 кредит</u>	семинар 1кредит	
		барлығы аудиторлық	<u>45</u> сағат
СОӨЖ	<u>45</u> сағат	еңбек сіңімділігі	<u>135</u> сағат
СӨЖ	<u>45</u> сағат	АБ саны	<u>2</u>
Емтихан	<u>1</u> семестр		

Алматы, 2013

Пәннің оқу әдістемелік кешенін ф.м.ғ.к, профессор. Ә.Х. Әбілдаев «6М060500-Ядролық физика» -мамандығы бойынша оқу бағдарламасының негізінде құрастырды.

___ _____2013 ж.теориялық және ядролық физика кафедрасының жиын отырысында қарастырылды. Хаттама №___

Кафедра меңгерушісі, профессор _____Әбішев М.Е.

Оқытушы, проф. _____ Әбілдаев Ә.Х.

Офис: Тимирязев көшесі, 71

Алғы сөз

«Зарядталған бөлшектердің, гамма нұрлардың, нейтрондардың және нейтринолардың затпен әсерлесуі» пәнінің оқу әдістемелік кешеніне

Мазмұндама

Көлемі 3 кредит «Зарядталған бөлшектердің, гамма нұрлардың, нейтрондардың және нейтринолардың затпен әсерлесуі» пәні «5В060500-Ядролық физика» -мамандығы үшін 3 курстың 6 семестрінде оқылады. Бұл кешенде зарядталған жылдам бөлшектердің затпен әсерлесуінің ерекшеліктері, гамма сәулелерінің, нейтрондардың, нейтриноның затпен әсерлесуі талқыланады. Жылдам электрондардың дифракциялануын пайдалана отырып протондардың ішкі құрылымын зерттеу әдістері де баяндалды.

Кешенге титул беті, мазмұндама, оқу жұмыс бағдарламасы, силлабус, дәрістер коспектісі кіреді.

Пәнді оқыту мақсаты: Ядролық сәулелердің тегін, сипаттамасын түсіну. Сәулелердің барлық түрлерінің затпен әсерлесу ерекшеліктерін анықтау, ол ерекшеліктердің заттың құрылымына да тәуелділігін түсіну, сезіне білу.

пәнді үйрену міндеттері:

а) Студент мынаны білу керек:

- Ядролық сәулелер, космостық сәулелер, тегі, сипаттамасы.
- Ядролық сәулелерді шығаратын табиғи көздер, үдеткіштер.
- Электромагниттік, ядролық, әлсіз сәулелердің ерекшеліктері, әсерлесу параметрлері.

ә) Студент мынаны іс жүзінде пайдаға асыра алу керек.

- Зарядталған жылдам бөлшектердің заттан шашырау ерекшеліктерін заттың ішкі құрылысын зерттеуге пайдалану
- Сәулелендіру кезінде пайда болатын ядролық реакцияларды талдай отырып техникада, ғылымда пайдалану.
- Қажетті параметрлерге сәйкес келетін сәулелерді алу жолдарын игеру.

Пәнді оқып үйренудің алдында студенттер мыналарды игерген болуы қажет:

- Математикалық анализ, Дифференциалдық теңдеулер.
- Жалпы физика курсының барлық бөлімдері
- Теориялық физиканың барлық бөлімдері

-Радиоэлектроника, микроэлектроника, ядролық электроника, ақпараттық жүйелер.

“ Зарядталған бөлшектердің, гамма нұрлардың, нейтрондардың және нейтринолардың затпен әсерлесуі” пәнінің оқуәдістемелік кешені «5В060500-Ядролық физика» мамандығының оқу жоспарына сәйкес дайындалған. Бұл кешен ұстаз бен студентке қажетті барлық оқу әдістемелік материалдарды қамтиды:

1. Пәннің оқу жұмыс бағдарламасы.
2. Силлабус
3. Дәрістердің қысқартылған коспектісі.

Факультеттің Әдістемелік кеңесінің отырысында
бекітілді хаттама №__ ____ 2013 ж
факультет деканы _____ Дәулетов А. Е.
" ____ " _____ 2013ж.

ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Физика техникалық факультеті

Теориялық және ядролық физика кафедрасы

ОҚУ ЖҰМЫС БАҒДАРЛАМАСЫ (SYLLABUS)

1. Ұстаз туралы мағлұматтар:
Әбілдаев Әділхан Хасенұлы, ф.м.ғ.к., профессор.
2. Байланыс ақпараттары: Алматы, Тимирязев көшесі 71. физика техникалық факультеті, теориялық және ядролық физика кафедрасы, 3773414 E-mail: xassen.adok@ gmail.com
3. Мамандық: 6М060500-Ядролық физика
4. Пәннің аты: Сәуленің затпен әсерлесуі.
5. Оқу пішіні: күндізгі (бакалавриат)
6. . Кредит саны 3 (135 сағат)
 7. Пәннің қысқаша сипаттамасы: Зарядталған бөлшектердің, гамма нұрлардың, нейтрондардың және нейтринолардың затпен әсерлесуі
жалпы сипаттап, зарядталған бөлшектердің затпен әсерлесуін, оның салыстырмалы энергиясына тәуелділігін анықтау. Электрондардың дифракциялануын пайдаланып объектінің өлшемдерін анықтау әдісін кеңірек түсіндіру. Электромагниттік толқынның затпен әсерлесу ерекшеліктеріне

ерекше тоқталу. Нейтрондардың заттан өткендегі ядролық күштің әсеріне ілігу ықтималдығын қарастыру, резонанстық энергияларды анықтау. Әлсіз күштер өрісіндегі құбылыстарды қарастыру. Зарядталған бөлшектердің, гамма нұрлардың, нейтрондардың және нейтринолардың затпен әсерлесуі»

пайдаланып заттың құрылысын зерттеу, элементар бөлшектердің құрылысын зерттеу.

8. Переквизиттер: физиканың жалпы курсы, жоғарғы математика.

9. Постреквизиттер: Ғылыми жұмыстарымен айналысқанда, ұстаздық жұмыстарда пайдалану

10. Пәннің қысқаша мазмұны.

Апта	Тақырыбы	Сағаты	СӨЖ-дің тақырыптары
1-2	Ядролық сәулелердің, космостық сәулелердің жалпы сипаттамасы	2	1) Альфа бөлшектің тегін анықтау 2) Ядроның орташа өлшемін анықтау
3-5	Электромагниттік әсерлесулер. Резерфорд, Мотт, Бете-Блок формулалары. Форм-фактор	3	1) Серпімді соқтығыс 2) Абсолют серпімсіз соқтығыс
6-8	Заттың құрылысы туралы мәлімет. Молекулалық атомдық, ядролық, адрондық, партондық энергия деңгейлері	3	1) Атом күрделілігін дәлелдейтін тәжірибелер 2) Ядроның өлшемдерін анықтайтын тәжірибелер
9-11	Зарядталған жылдам бөлшектердің денеде шашырауы, жұтылуы.	3	1) Гейзенбергтің анықталмағандық принципі 2) Де-Бройль толқыны
12-13	Нейтронның затпен әсерлесуі. Абсолют серпімді соқтығыс, абсолют серпімсіз соқтығыс	2	1) Нейтронның бар екендігін дәлелдейтін тәжірибелер 2) Нейтронның резонанстық қамтылуы
14-15	Нейтриноның затпен әсерлесуі. Әлсіз әсер. Лептондар.	2	1) Нейтриноны тіркеу әдістері 2) Еркін бозондар

11. СӨМЖ түрлері: СӨМЖді дайындау, талдау.
12. СӨЖді тапсыру мерзімдері: 2,5,9,13 апталарда. Ауызша коллоквиум.
- 13 Аралық бақылау мен емтихан түрлері:
- а) Аралық бақылау жұмыстары (2 рет)
 - ә) емтихан ауызша (билет бойынша)
14. Баға қою саясаты:
- | | |
|-----------------------------|-----------|
| 1-аралық бақылау (0 ÷ 30) % | (7-апта) |
| 2-аралық бақылау (0 ÷ 30) % | (14-апта) |
| емтихан (0 ÷ 40) % | |
15. Курс саясаты: Сабақтарға қатысу міндеті. СӨМЖде, семинарда белсенділік көрсету.
16. Бағалар кестесі: А (95 ÷ 100) % үздік
 А⁻ (90-94) % үздік
 В (75-89) % жақсы
 С (60-74) % қанағат.
 Д (50-59) % қанағат.
 F (0-49) % қанағат.
- 17 Әдебиеттер
- А. Негізгі әдебиет
- 17.1. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. М., «Наука» 1972. 672 стр.
- 17.2 Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т5, части 1-2, (атомная и ядерная физика) М., Наука 1986.
- 17.3. Вихман Э. Квантовая физика. (БКф. Т IV) М. Наука, 1977.
- 14.4 Қадыров Н.Б. Ядролық физика негіздері. Алматы «Қазақ университеті» 2000-526 б.
- Ә. Қосымша әдебиеттер
- 17.5. Капитанов М.М. Введение в физику ядра и частиц. М.: КРСС, 2002 г.
- 17.6 Новиков И.Д. Как взорвалось Вселенная М., Наука, 1988.
18. Бірінші аралық бақылау сұрақтары.
- 18.1. Ядролық сәулелер. Жалпы сипаттамасы.
- 18.2. Заттың құрылысы. Құранды бөліктерінің өлшемдері.
- 18.3. Де-Бройль толқыны. Электрондардың заттан өткендегі дифракциялануы.
- 18.4. Резерфорд тәжірибесі.
- 18.5. Альфа-бөлшектің шашырауы. Резерфорд формуласы
- 18.6. Хофштадтер тәжірибесі.
- 18.7. Мотт формуласы. Форм-фактор түрлері.
- .1.8. Зарядтың нуклон ішіндегі таралуы.
- 18.9. Электронның «терең серпімсіз» әсерлесуі.

19. Екінші аралық бақылау сұрақтары.
- 19.1. Адрон ішіндегі кварктардың бар екенін анықтайтын тәжірибелер.
- 19.2. Қазіргі кездегі үдеткіштер. Коллайдерлер. Жұмыс істеу принципі. Қолдану мақсаты.
- 19.3. Кванттық электродинамика (КЭД), Кванттық хромодинамика (КХД) ұқсастығы, айырмашылығы
- 19.4. Кварктар, теңіз кварктар, теңіз кварктары, партондар. Конфаймент анықтамасы
- 19.5. Нейтрондардың ядроға қамтылуының көлденең қимасы. Резонанстық қамтылу.
- 19.6. Лептондық зарядтар. Әлсіз әсерлесу тұрақтысы.
- 19.7. Кварктық атоамдар туралы ұғым.
- 19.8. Ядролық реакциялар. Сақталу заңдары.
- 19.9. Ғаламшар үлкен жарылыс. Жұлдыздар эрасы.

20. Емтихан сұрақтары

1. Ядролық сәулелер. Жалпы сипаттамасы.
2. Заттың құрылысы. Құранды бөліктерінің өлшемдері.
3. Де-Бройль толқыны. Электрондардың заттан өткендегі дифракциялануы.
4. Резерфорд тәжірибесі.
5. Альфа-бөлшектің шашырауы. Резерфорд формуласы
6. Хофштадтер тәжірибесі.
7. Мотт формуласы. Форм-фактор түрлері.
8. Зарядтың нуклон ішіндегі таралуы.
9. Электронның «терең серпімсіз» әсерлесуі.
10. Адрон ішіндегі кварктардың бар екенін анықтайтын тәжірибелер.
11. Қазіргі кездегі үдеткіштер. Коллайдерлер. Жұмыс істеу принципі. Қолдану мақсаты.
12. Кванттық электродинамика (КЭД), Кванттық хромодинамика (КХД) ұқсастығы, айырмашылығы
13. Кварктар, теңіз кварктар, теңіз кварктары, партондар. Конфаймент анықтамасы
14. Нейтрондардың ядроға қамтылуының көлденең қимасы. Резонанстық қамтылу.
15. Лептондық зарядтар. Әлсіз әсерлесу тұрақтысы.
16. Кварктық атоамдар туралы ұғым.
17. Ядролық реакциялар. Сақталу заңдары.
18. Ғаламшар үлкен жарылыс. Жұлдыздар эрасы.
19. Альфа бөлшектердің тегін анықтайтын тәжірибе
20. Аса нәзік әсерлесулер
21. Фотозэффект, Комптон эффекті, жұптың пайда болуы, гамма-адрон реакциясы
22. Нейтронның абсолют серпімді шашырауы
23. Лептондар. Электр-әлсіз үлгі туралы түсінік.

24. Гейзенбергінің анықталмағандық принципі. Классикалық физика мен кванттық физиканың ара жігін ашатын белгі.

Дәрістердің қысқартылған конспектісі

№1 дәріс

Кіріспе Ядролық сәулелер дегеніміз – атом ядросының ыдырауының салдарынан пайда болатын, яғни қозған күйінен орнықты күйіне көшкен кездегі ядродан ұшып шығатын бөлшектер. Ол бөлшектер ядроның козу энергиясын алып шығады.

Ядролық сәулелердің сипаттамасы. 1. альфа бөлшек - гелий ядросы. Құрамында 2 протон, 2 нейтрон бар. +2e заряды бар. Массасы

2. бета бөлшек - электрондар – e заряды бар және позитрондар +e заряды бар. Массасы

3. нейтрон - электр заряды жоқ нейтрал бөлшек. Массасы

4. протон - +e заряды бар. Массасы

5. нейтрино – электр заряды жоқ. Тыныштық күйдегі массасының бар жоғы әлі анықталған жоқ.

Заттың құрылысы. Зат молекуладан тұрады. Мысалы, су, ас тұзы, газдар: оттегі, азот, көмірқышқыл газы. Металдар алюминий, мыс, темір. Молекула бір немесе бірнеше атомдардан тұрады. Атом ядродан және сол ядроны алыстан айналып жүрген электрондардан тұрады. Ядро – нуклондардан тұрады, ал нуклондар бариондар тобына кіретін бөлшектер. Бариондар өз кезегінде адрондар тобына кіреді. Адрондар тобында бариондардан басқа мезондар бар. Адрондар өзара күшті әсер өрісі арқылы әсерлеседі.

Адрондар кварктардан тұрады. Қысқасы қазіргі күнде белгілі 500-ге жуық бөлшектер 12 фермиондардан құралады – 6 кварк + 6 лептон. (антибөлшектерді есептегенде). Аталған бөлшектердің өлшемдері мынандай: молекула, атом, ядро, нуклон, кварк, лептондар. Бүгінгі таңда ішкі құрылымы жоқ бөлшектер кварктар, лептондар болып саналады. Оларды іргелі фермиондар деп атайды. Антибөлшектері мен қоса есептегенде саны 24 (12(кварк+ антикварк) 12 (лептон+ антилептон) бұл фермиондар өзара әсерлескенде 4 түрлі бозондардың бірімен алмасу арқылы әсерлеседі. Ол бозондар мыналар: фотон, глюон, W бозон, Z бозон. Сонымен, шын мағынасындағы элементар бөлшектер кварктар мен

лептондар болса, олар өз кезегінде үш топқа бөлінеді. Ол топтарды буын деп атайды.

1 – буынға кварктар мен электрон және электрондық нейтрино кіреді.

2 – буынға C, S кварктар мен мюон және мюондық нейтрино кіреді.

3 – буынға t, b кварктар мен топон және топондық нейтрино кіреді.

№2 Дәріс.

Зарядталған бөлшектердің затпен әсерлесуі

Бөлшек затпен әсерлескенде ол бөлшектің де-Бройль толқын ұзындығын білу қажет. Егер альфа бөлшектің кинетикалық энергиясы $T_\alpha = 5\text{МэВ}$ болса, $1\text{ферми}=10^{-15}\text{м}$.

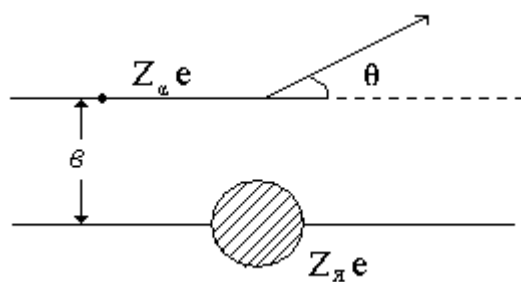
$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mT}} = \frac{hc}{\sqrt{2mc^2T}} = \frac{2\pi\hbar c}{\sqrt{2mc^2T}} = \frac{6,28 \cdot 200\text{МэВ}}{\sqrt{2mc^2T[\text{МэВ}]}} = \frac{6,28 \cdot 200\text{МэВ} \cdot \phi\text{м}}{200\text{МэВ}} = 6\phi\text{м}$$

болады.

Затпен әсерлесетін сәулелердің (бөлшектің) де-Бройль толқын ұзындығын білудің қажеттілігі мындан туындайды: бөлшектің де-Бройль толқын ұзындығы зат құрамындағы объектілердің қайсысының өлшемімен қарайлас болса, сол объекіден шашырайды, дифракциялық құбылысқа ілінеді, сөйтіп объектінің бар екенін сезеді. Резерфорд алтын жапырақшасын энергиясы $\sim 5\text{МэВ}$ болтын альфа бөлшектермен атқылағанда ол өлшемі 10^{-14}м болтын ($6 \cdot 10^{-15}\text{м} \sim 10^{-14}\text{м}$) объектінің бар екенін сезді. Ол объекті атом ядросы болып шықты (№1 дәрісті қара). Альфа бөлшектердің заттан өткендегі шашырауын тәжірибе жүзінде зерттеген Резерфорд шашыраудың дифференциалдық көлденең қимасының шашырау бұрышына тәуелділігін тапты. Ол тәуелділікті Резерфорд формуласы деп атайды.

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{Z_\alpha \cdot Z_\gamma \cdot e^2}{4T_\alpha} \right)^2 \frac{1}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}; \quad \text{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{r_{\min}}{2b} = \frac{Z_\alpha \cdot Z_\gamma \cdot e^2}{2bT_\alpha}$$

Мұндағы $Z_\alpha \cdot e$ - альфа бөлшектің заряды, $Z_\gamma \cdot e$ - заттың ядросының заряды, T_α - альфа бөлшектің кинетикалық энергиясы, b - нысананың параметрі.



№3 Дәріс.

Протонның орташа квадраттық радиусын анықтау

Электрондар, лептондар тобына жатады. Олар тек электромагниттік және гравитациялық әсерге ғана қатыса алады. Күтші әсер мен әлсіз әсерлерге қатыса алмайды. Электрондар заттан өткенде шашырайды. Шашыраудың көлденең қимасы электронның қандай кедергігі кездестіргені туралы мағлұмат береді. Электронның қайдай кедергіні кездестіргені туралы туралы мағлұмат береді. Электронның энергиясын көбейту арқылы оның де-Бройль толқын ұзындығын азайтамыз. Сөйтіп өте ұсақ құрылымдардың бар екенін, оның бойындағы электр зарядының таралуын, магнит моментінің мөлшерін бағалай аламыз. Электронның де-Бройль толқын ұзындығы $\lambda \approx c$ болғанда мына формуламен анықталады:

$$\lambda_{эл} = \frac{6,28 \cdot 200 [МэВ \cdot \phi_m]}{T_{эл} [МэВ]},$$

Егер $T_{эл} = 250$ МэВ болса, онда $\lambda_{эл} \approx 5\phi_m$. Өлшемі мұндай объектіден шашыраған электрондар $\sin \theta_{\min} \approx m \frac{0,61}{R} \lambda_{эл}$ бұрыштарда дифракциялық минимумдар беруге тиіс. Яғни $I(\theta) = \frac{d\sigma}{d\Omega}$ тәжірибелерден шашыраған электрондардың интенсивтігін азимуталдық бұрышқа тәуелді өшей отырып әрбір минимумға сәйкес келетін кедергінің өлшемін R-ді табуға болады.

№4 Дәріс

Хофштадтер тәжірибесі

Хофштадтер 1953 жылы АҚШ-да $T_{эл}=750$ МэВ электрондар шоғын пайдаланып олардың $^{40}\text{Ca}_{20}$ изотопынан шашырауын зерттеген. Мұндай бұрыштарда шашыраған электрондардың интенсивтілігінің минимумы тіркелген: $\theta_{m=1} \approx 18^\circ \Rightarrow R \approx 3,3\phi\text{м}$

$$\theta_{m=2} \approx 31^\circ \Rightarrow R \approx 3,9\phi\text{м}$$

$$\theta_{m=3} \approx 48^\circ \Rightarrow R \approx 3,6\phi\text{м}$$

Олай болса $^{40}\text{Ca}_{20}$ ядросының радиусы: $R = (1,2A - 0,5)\phi\text{м} = 3,6\phi\text{м}$.

№5 Дәріс

Мотт формуласы. Форм-фактор.

Электрондар денеден шашырағанда олар өзінің де-Бройль толқын ұзындығынан өлшемдері анағұрлым кіші объектілерден тік абсолют серпімді шашырайды. Себебі бұндай, объект электрон үшін нүктелік объект болып есептеледі. Электрон объектінің ішкі құрылысын «сезбейді». Сондықтан электрон объектіні қоздыра алмайды (объектіні қоздыру деген сөз-оның ішкі құрылымдарына энергияны беру деген сөз). Сонымен электронның де-Бройль толқын ұзындығы зерттейін деп отырған ядромыздың өлшемінен үлкен болса, онда электрон ядродан серпімді шашырайды. Бұл шашырау Резерфорд формуласына ұқсас. (альфа бөлшектің орнына электронның параметрлерін қойса болғаны). Бірақ Резерфорд формуласына электронның да ядроның да спині туралы ешбір мағлұмат жоқ. Мотт Резерфорд формуласына түзетулер енгізді.

1) Егер ядроның спині 0 болып, электронның спині 0 болмай $\frac{1}{2}$ болса, онда Мотт формуласының түрі мынадай болады:

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\text{МОТТ}} = \left(\frac{Z_{\text{я}}e^2}{2T_{\text{эл}}}\right)^2 \frac{\cos^2 \frac{\theta}{2}}{\sin^4 \frac{\theta}{2}};$$

Мұндағы $\cos^2 \frac{\theta}{2}$ электронның спині болғанының нәтижесінде пайда болды.

Жоғарыда айтылғандай Моттың формуласы ядроның нүктелік объект және оның спині нольге тең болған жағдай үшін ғана қорытылып шығарған.

Егер ядро нүктелік объект болмай өлшемдері бар созылыңқы сфералық симметриялы, спині де жоқ болып келсе, оның үстіне бойындағы заряды бір келкі орналаспай радиусқа тәуелді өзгеріп отырса, онда электрондардың серпімді шашырауының тәжірибеден алынған мәні Моттың формуласынан алынған мәнінен өзгеше болады. Екеуін тексеру үшін Моттың қимасын $|F|^2$ қа көбейтуге тура келеді. Бұл көбейткішті *Кулондық форм-фактор* деп атайды, себебі бұл шама электрондардың ядромен кулондық әсермен ғана пайда боады.

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_T = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\text{МОТТ}} \cdot |F|^2$$

$$\text{Ал, } F \equiv F(q) = \frac{1}{Z_{\text{я}} \cdot e} \int \rho(r) e^{iqr/\hbar} dV$$

$$\text{мұндағы } \rho(r) = \frac{\rho(0)}{1 + e^{(r-R)/a}};$$

$$R = (1,2 \cdot A^{1/3} - 0,5) \text{ фм. (ядроның радиусы).}$$

Ядроның бетінің қалыңдығы тұрақты $t = (4 \ln 3)a \approx 4,4a$.

Тәжірибеден t ны тауып орнына қойып параметр a ны табуға болады.

3) Егер ядроның магнит моменті бар болса, онда электрон бұл ядродан серпімді магниттік шашырауға да ұшырайды. Бұл жағдайда Мотт формуласына Кулондық форм-фактормен қайырластыра магниттік форм-факторды да қою керек.

№6 Дәріс

Протонның орташа квадраттық радиусын анықтау.

Электронның энергиясын 20 ГэВ қа дейін көтеріп, нуклонның ішкі құрылысын зерттген. Протонның заряды центірінен шетіне қарай біркелкі азаяды екен. $\rho(r) = \rho(0)e^{-r/a}$; $a = 0,23 \text{ фм}$, $\rho(0) = 3 \frac{e}{[\text{фм}]^3}$

Бұл формуладан протонның орташа квадраттық радиусын табуға

$$\text{болады: } \langle r_p^2 \rangle = \frac{\int_0^{\infty} 4\pi r^2 \rho(r) r^2 dr}{\int_0^{\infty} 4\pi r^2 \rho(r) dr} = 0,62 \text{ фм}^2 \text{ бұдан}$$

$$r_{\text{протон}} = \sqrt{\langle r_p^2 \rangle} \approx 0,8 \text{ фм}$$

нейтронның заряды центрінде оң, ал шетінде теріс. Қосындысы ноль.

№7 Дәріс

Адрон ішінде кварктың бар екенін анықтайтын тәжірибелер.

1968-1969 жылдары АҚШ-тың Калифорния штатындағы Стэнфордта SLC сызықтық үдеткіштің көмегімен алынған 20 ГэВ электрондармен протонды атқылағанда электрондардың протон ішінде «өте терең серпімсіз» шашырағаны байқалған. (Резерфорд тәжірибесіндегі ядродан серпілген альфа-бөлшектер секілді электрондар да күтпеген жерден үлкен бұрыштарға серпілген). Бұл протонның ішіндегі электр зарядының бір текті үздіксіз орналаспағанын, керісінше электр зарядының протон ішіндегі таралуы үздік-

үздік секірістерге ұшырайтынын көрсетеді. Кейіннен тәжірибе $15 \div 200$ ГэВ энергиялы электрондардың көмегімен көптеген рет қайталанды. Солардың нәтижесінде мынандай қортынды жасалды:

1) Нуклонның ішінде өлшемі $< 10^{-18}$ м нүктелік объектілер байқалды, осы объектілерде нуклонның барлық массасы шоғырланған (протонның зарядтары).

2) Зарядталған объектілердің зарядтары $\left(+\frac{2}{3}e\right)$ немесе $\left(-\frac{1}{3}e\right)$

3) Нейтрал объектілер нуклонның ішкі импульсінің жартысын иеленеді.

№8 Дәріс

Қазіргі заманғы үдеткіштер

Үдеткіштер циклдық және сызықтық боып бөлінеді. Циклдықтарға циклотрон, синхрофазатрон жатады. Сызықтыққа барлық сызықтық үдеткіштер жатады. Осциллографтардағы үдеткіш трубкалардан бастап, электрондық микроскоптар, рентген түтіктері, 3,2 км-лік сызықтық үдеткішке дейін жатады. Коллайдерлер дегеніміз үдетілген бөлшектер бір біріне қарама-қарсы ұшып келіп соқтығысуды қамтамасыз ететін қондырғылар. Оның артықшылығы-соқтығысуға қатысатын бөлшектердің массалар центрінің қозғалысына энергия жұмсалмайды (егер қарама-қарсы ұшып келе жатқан бөлшектердің жылдамдықтары әртүрлі болса, онда массалар центрі қозғалады, бірақ аз жылдамдықпен қозғалады). (126-127 бет).

2. Дәрістік сабақтардың мазмұны.

- 2.1. Кіріспе. Ядролық сәулелердің сипаттамалары. Заттың құрылысы, өлшемі. Резерфорд тәжірибесі. Ядролық сәулелердің затпен әсерлесуіндегі ерекшеліктер.-2 сағат.
- 2.2. Зарядталған бөлшектердің затпен әсерлесуі. Альфа-бөлшектің затпен әсерлесуі. Абсолют серпімді соқтығыс. Шашыраудың дифференциалдық көлденең қимасы. Резерфорд формуласы.-2 сағат.
- 2.3. Электрондардың затпен әсерлесуі. Электронның де Бройль толқын ұзындығы. Электронның затпен шашырауы. Дифракциялық көріністер.-2 сағат.
- 2.4. электрондардың ядродан шашырауы. Хофштадтер тәжірибесі.-2 сағат.
- 2.5. Мотт формуласы. Форм-фактор. Ядроның ішіндегі зарядтың таралуы.-2 сағат.
- 2.6. Зарядтың нуклон ішіндегі таралуы. Протонның орташа квадраттық радиусын анықтау.-2 сағат.

- 2.7. Адрон ішіндегі кварктардың бар екенін анықтайтын тәжірибелер. Ауыр кварктар (с,b,t). Бос күйдегі кварктардың болмайтынын дәлелдеу.-2 сағат.
- 2.8. Қазіргі замандағы үдеткіштер. Коллайдерлер электромагниттік әсерлесу үшін Фейнман диаграммасы.- 2 сағат.
- 2.9. Кванттық хромодинамика (КХД) негіздері. Кванттық электродинамикамен салыстыру. «Түс» (цвет) туралы түсінік, «Хош иіс» туралы түсінік. «Глюон» туралы түсінік. Партондар-2 сағат.
- 2.10. Электромагниттік толқындардың затпен әсерлесуі. Абсолют серпімсіз әсерлесу. Фотозэффект. Комптон эффекті. Жұп бөлшектің пайда болуы.-2 сағат.
- 2.11. Нейтронның затпен әсерлесуі. Нейтронның абсолют серпімсіз соқтығысы. Қамту қимасы. Резонанстық қамтулар.-2 сағат.
- 2.12. Әлсіз әсерлесулер. Лептондық зарядтар. Нейтронның түрлері. Әлсіз әсерлесу тұрақтылары-2 сағат.

3. Студенттердің өз бетімен істейтін жұмыстарының тақырыптары мен оларды тапсыру кестесі.

- 3.1. Резерфорд тәжірибесі. Альфа бөлшектердің кейін серпілуінің физикалық мағынасы. 2-апта.
- 3.2. Электронның «терең серпімсіз әсерлесуі». Дененің ішкі құрылысын анықтаудағы электронның серпімді әдісін пайдаланудың физикалық негіздері. 5-апта.
- 3.3. Кварктық атомдар туралы ұғым. Жеңіл бариондар мен мезондардың кварктық құрылымы. 9-апта.
- 3.4. Ғаламшар. Үлкен жарылыс. Жұлдыздар эрасы. 13-апта

4. Әдебиеттер тізімі

А. Негізгі әдебиет

- 4.1. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. М., «Наука» 1972. 672 стр.
 - 4.2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т5, части 1-2, (атомная и ядерная физика) М., Наука 1986.
 - 4.3. Вихман Э. Квантовая физика. (БКф. Т IV) М. Наука, 1977.
 - 4.4. Қадыров Н.Б. Ядролық физика негіздері. Алматы «Қазақ университеті» 2000-526 б.
 - 4.5. Әбілдаев Ә.Х. физика Қазақ университеті 2011
- Ә. Қосымша әдебиеттер
- 4.5. Капитанов М.М. Введение в физику ядра и частиц. М.: КРСС, 2002 г.
 - 4.6. Новиков И.Д. Как взорвалась Вселенная М., Наука, 1988.

8. Силлабус «050605-Ядролық физика»

8.1. – «Зарядталған бөлшектердің, гамма нұрлардың, нейтрондардың және нейтринолардың затпен әсерлесуі»

пәні бойынша.

8.2. Оқу пішіні: күндізгі.

8.3. Кредит саны 3 (135 сағат)

8.4. Ұстаз туралы мағлұматтар:

Әбілдаев Әділхан Хасенұлы, ф.м.ғ.к., профессор.

8.5. Байланыс ақпараттары: Алматы, Тимирязев көшесі, 71, физика техникалық факультеті, теориялық және ядролық физика кафедрасы, 3773414, xassen.adok@gmail.com

8.6. Курстың қысқаша сипаттамасы:

Курстың мақсаты: физика заңдары мен құбылыстарын, радиациялық факторларды техникада, технологияда, өндіріс салаларында пайдалану.

Осы пәнді игеру нәтижесінде студенттің

А) білетіндері:

- механикалық, термодинамиканың, электродинамиканың, оптиканың, атомдық-ядролық физиканың, қатты денелер физикасының кейбір заңдарын пайдаланатын нысандар

- ядролық сәулелерді техникада, технологияда пайдалану, оның қауіпсіздік шараларын терең түсініп іс жүзінде қолдану.

ә) Қолынан келетіні

- радиациялық жағдайда сараптау.

- адамдардың сәулеленуден алған .

- өндірісте ядролық физика әдістеріін пайдалануды бағалай білу.

Осы пәнді оқып үйрену үшін мына курстарды білу керек:

·Жалпы физика курсы · ядролық электроника · ядролық энергетика · үдеткіштер мен реакторлар

Үйренгеннен кейінгі білетіні: · ядролық реакциялар физикасы

· физикалық өлшеулерді ақпараттандыру және автоматтандыру

· элементар бөлшектер физикасы

8.7. Курстың қысқаша мазмұны:

8.7.1. Ядролық сәулелердің жалпы сипаттамасы

а) Жүрдек зарядталған бөлшектер (альфа бөлшек, протон, электрон, мюон)

ә) Нейтрондар

б) гамма сәулелері

в) нейтринолар

Заттардың құрылысы, жалпы сипаттамасы. Дәріс 1 сағат, семинар 1 сағат, зерханалық жұмыс 2 сағат.

8.7.2. зарядталған бөлшектердің ионизациялық тежелуі.

8.7.3. гамма сәулелерінің затта тежелуі.

8.7.4. нейтрондардың затпен әсерлесуі.

8.7.5. нейтринолардың затпен әсерлесуі.

2. Дәрістік сабақтардың мазмұны.

- 2.1. Кіріспе. Ядролық сәулелердің сипаттамалары. Заттың құрылысы, өлшемі. Резерфорд тәжірибесі. Ядролық сәулелердің затпен әсерлесуіндегі ерекшеліктер.-2 сағат.
- 2.2. Зарядталған бөлшектердің затпен әсерлесуі. Альфа-бөлшектің затпен әсерлесуі. Абсолют серпімді соқтығыс. Шашыраудың дифференциалдық көлденең қимасы. Резерфорд формуласы.-2 сағат.
- 2.3. Электрондардың затпен әсерлесуі. Электронның де Бройль толқын ұзындығы. Электронның затпен шашырауы. Дифракциялық көріністер.-2 сағат.
- 2.4. электрондардың ядродан шашырауы. Хофштадтер тәжірибесі.-2 сағат.
- 2.5. Мотт формуласы. Форм-фактор. Ядроның ішіндегі зарядтың таралуы.-2 сағат.
- 2.6. Зарядтың нуклон ішіндегі таралуы. Протонның орташа квадраттық радиусын анықтау.-2 сағат.
- 2.7. Адрон ішіндегі кварктардың бар екенін анықтайтын тәжірибелер. Ауыр кварктар (с,b,t). Бос күйдегі кварктардың болмайтынын дәлелдеу.-2 сағат.
- 2.8. Қазіргі замандағы үдеткіштер. Коллайдерлер электромагниттік әсерлесу үшін Фейнман диаграммасы.- 2 сағат.
- 2.9. Кванттық хромодинамика (КХД) негіздері. Кванттық электродинамикамен салыстыру. «Түс» (цвет) туралы түсінік, «Хош иіс» туралы түсінік. «Глюон» туралы түсінік. Партондар.-2 сағат.
- 2.10. Электромагниттік толқындардың затпен әсерлесуі. Абсолют серпімсіз әсерлесу. Фотоэффект. Комптон эффект. Жұп бөлшектің пайда болуы.-2 сағат.
- 2.11. Нейтронның затпен әсерлесуі. Нейтронның абсолют серпімсіз соқтығысы. Қамту қимасы. Резонанстық қамтулар.-2 сағат.
- 2.12. Әлсіз әсерлесулер. Лептондық зарядтар. Нейтронның түрлері. Әлсіз әсерлесу тұрақтылары.-2 сағат.

3. Студенттердің өз бетімен істейтін жұмыстарының тақырыптары мен оларды тапсыру кестесі.

- 3.1. Резерфорд тәжірибесі. Альфа бөлшектердің кейін серпілуінің физикалық мағынасы. 2-апта.
- 3.2. Электронның «терең серпімсіз әсерлесуі». Дененің ішкі құрылысын анықтаудағы электронның серпімді әдісін пайдаланудың физикалық негіздері. 5-апта.
- 3.3. Кварктық атомдар туралы ұғым. Жеңіл бариондар мен мезондардың кварктық құрылымы. 9-апта.
- 3.4. Ғаламшар. Үлкен жарылыс. Жұлдыздар эрасы. 13-апта

8.8. Әдебиет

Негізгі

1. Жусупов М. А., Юшков А.В. Общий курс физики. Т. 1 Начала физики. – Алматы.: Парус, 2006, 464 с.
2. Жусупов М. А., Юшков А.В. Общий курс физики. Т. II Начала физики. – Алматы.: Парус, 2006, 488 с.
3. Жусупов М. А., Юшков А.В. Общий курс физики. Т. III Начала физики. – Алматы.: Парус, 2006, 464 с.
4. Альфа-, бета – и гамма- спектроскопия. Под. Ред. К . Зигбана. Вып. 1-4/М.: Атомиздат, 1969-675 с.
5. Ободовский И. М. Сборник задач по экспериментальным методом ядерной физики. М.: Энергоатомиздат, 1987-279 с.
6. Практикум по ядерной физике и методам атомной тьехнике в народном хозяйстве. М.: Атомиздат, 1967-59.с.
7. Валантэн Л. Субатомная физика: ядра и частиц. М.: Мир, 1986-336 с.

Қосымша

8. Юшков А.В., Канашевич В.И., Жусупов М. А. Ядерная физика. Понятийный аппарат. Алматы: Казак университеті, 2002.-151 с.
9. Дмитриев П.П. Выход радионуклидов в реакциях с протонами, дейтронами, альфа-частицами и гелием-3. Справочник. М.: Энергоатомиздат.-1986, 269 с.
10. Закон Республики Казахстан «О радиационной безопасности населения» от 23 апреля 1997г.
11. Закон Республики Казахстан «Об использовании атомной энергии» от 14 апреля 1997 г.
12. Климов А.Н. Ядерная физика и ядерные реакторы. М.: Атомиздат., 1971 г. 384 с.
- 13 . Сердюкова А.С., Капитонов Ю.Т. Изотопы радона и продукты их распада в природе // М.: Атомиздат, 1975-295 с.
14. Быховский А.В. Гигиенические вапрсы при подземной разработке урановых руд/ Гос. Изд. Лит., М.: 1963, 289 с.

8.9. Көрнекті құралдар, техникалық жүйелер. ЭЕМ

Радиоэкологиялық карта, сызбалар.

8.10. Студенттердің өзбетінше жұмысының тақырыптары және оларды тапсыру мерзімдері.

1. Ядролық энергетиканың қауісіздік негіздері.

2. Зарядталған бөлшектер ағынының радиациялық қаупін есептеу принциптері. 9 апта

3. Күн белсенділігінің радиациялық қауіптілігі. 14 апта

8.11. Аралық бақылау мен емтихандық өткізу түрлері.

I інші аралық бақылау-коллоквиум 7 апта

II інші аралық бақылау -коллоквиум 15 апта

Емтихан ауызша өткізіледі. Билет жойылады.

8.12. Баға қою саясаты.

АБ I тах 30% -7 апта

АБ II тах 30% -7 апта

Емтихан тах 40%

Екі АБ ның қорытынды бағасы 30% аз болса, ол студент емтиханға жіберілмейді.

8.13. Курстың саясаты

1. Сабақтардың барлық түріне студент міндетті түрде қатысуы керек.

2. Семинар сабақтарында белсенділік көрсету керек.

3. СӨЖ ді уақытында орындап тапсырып отыру қажет. Төмендегі іс-әрекеттерге үзілді кесілді тыйымсалынады:

1. Сабаққа кешігіп келу және сабақтан кетіп қалу.

2. Сабақ үстінде ұялы телефонмен сөйлесу.

3. Тапсырмаларды белгіленген уақыттан кешілдіртіп тапсыру.

Дәрістердің қысқартылған конспектісі

№1 дәріс

Кіріспе Ядролық сәулелер дегеніміз – атом ядросының ыдырауының салдарынан пайда болатын, яғни қозған күйінен орнықты күйіне көшкен кездегі ядродан ұшып шығатын бөлшектер. Ол бөлшектер ядроның козу энергиясын алып шығады.

Ядролық сәулелердің сипаттамасы. 1. альфа бөлшек - гелий ядросы. Құрамында 2 протон, 2 нейтрон бар. +2e заряды бар. Массасы

2. бета бөлшек - электрондар – e заряды бар және позитрондар +e заряды бар. Массасы

3. нейтрон - электр заряды жоқ нейтрал бөлшек. Массасы

4. протон - +e заряды бар. Массасы

5. нейтрино – электр заряды жоқ. Тыныштық күйдегі массасының бар жоғы әлі анықталған жоқ.

Заттың құрылысы. Зат молекуладан тұрады. Мысалы, су, ас тұзы, газдар: оттегі, азот, көмірқышқыл газы. Металдар алюминий, мыс, темір. Молекула бір немесе бірнеше атомдардан тұрады. Атом ядродан және сол ядроны алыстан айналып жүрген электрондардан тұрады. Ядро – нуклондардан

тұрады, ал нуклондар бариондар тобына кіретін бөлшектер. Бариондар өз кезегінде адрондар тобына кіреді. Адрондар тобында бариондардан басқа мезондар бар. Адрондар өзара күшті әсер өрісі арқылы әсерлеседі.

Адрондар кварктардан тұрады. Қысқасы қазіргі күнде белгілі 500-ге жуық бөлшектер 12 фермиондардан құралады – 6 кварк + 6 лептон. (антибөлшектерді есептемегенде). Аталған бөлшектердің өлшемдері мынандай: молекула, атом, ядро, нуклон, кварк, лептондар. Бүгінгі таңда ішкі құрылымы жоқ бөлшектер кварктар, лептондар болып саналады. Оларды іргелі фермиондар деп атайды. Антибөлшектері мен қоса есептегенде саны 24 (12(кварк+ антикварк) 12 (лептон+ антилептон) бұл фермиондар өзара әсерлескенде 4 түрлі бозондардың бірімен алмасу арқылы әсерлеседі. Ол бозондар мыналар: фотон, глюон, W бозон, Z бозон. Сонымен, шын мағынасындағы элементар бөлшектер кварктар мен лептондар болса, олар өз кезегінде үш топқа бөлінеді. Ол топтарды буын деп атайды.

1 – буынға кварктар мен электрон және электрондық нейтрино кіреді.

2 – буынға C, S кварктар мен мюон және мюондық нейтрино кіреді.

3 – буынға t, b кварктар мен топон және топондық нейтрино кіреді.

№2 Дәріс.

Зарядталған бөлшектердің затпен әсерлесуі

Бөлшек затпен әсерлескенде ол бөлшектің де-Бройль толқын ұзындығын білу қажет. Егер альфа бөлшектің кинетикалық энергиясы $T_\alpha = 5\text{МэВ}$ болса, $1\text{ферми}=10^{-15}\text{м}$.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mT}} = \frac{hc}{\sqrt{2mc^2T}} = \frac{2\pi\hbar c}{\sqrt{2mc^2T}} = \frac{6,28 \cdot 200\text{МэВ}}{\sqrt{2mc^2T[\text{МэВ}]}} = \frac{6,28 \cdot 200\text{МэВ} \cdot \text{фм}}{200\text{МэВ}} = 6\text{фм}$$

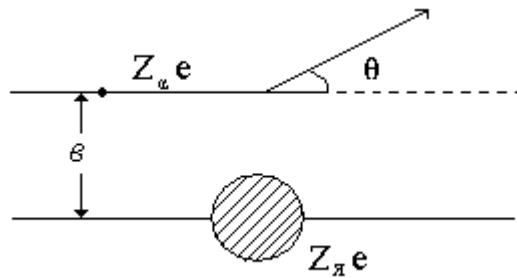
болады.

Затпен әсерлесетін сәулелердің (бөлшектің) де-Бройль толқын ұзындығын білудің қажеттілігі мындан туындайды: бөлшектің де-Бройль толқын ұзындығы зат құрамындағы объектілердің қайсысының өлшемімен қарайлас болса, сол объектіден шашырайды, дифракциялық құбылысқа ілінеді, сөйтіп объектінің бар екенін сезеді. Резерфорд алтын жапырақшасын энергиясы $\sim 5\text{МэВ}$ болтын альфа бөлшектермен атқылағанда ол өлшемі 10^{-14}м болтын ($6 \cdot 10^{-15}\text{м} \sim 10^{-14}\text{м}$) объектінің бар екенін сезді. Ол объекті атом ядросы болып шықты (№1 дәрісті қара). Альфа бөлшектердің заттан өткендегі шашырауын тәжірибе жүзінде зерттеген Резерфорд шашыраудың

дифференциалдық көлденең қимасының шашырау бұрышына тәуелділігін тапты. Ол тәуелділікті Резерфорд формуласы деп атайды.

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{Z_\alpha \cdot Z_\gamma \cdot e^2}{4T_\alpha} \right)^2 \frac{1}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}; \quad \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{r_{\min}}{2\epsilon} = \frac{Z_\alpha \cdot Z_\gamma \cdot e^2}{2\epsilon T_\alpha}$$

Мұндағы $Z_\alpha \cdot e$ - альфа бөлшектің заряды, $Z_\gamma \cdot e$ - заттың ядросының заряды, T_α - альфа бөлшектің кинетикалық энергиясы, ϵ - нысананың параметрі.



№3 Дәріс.

Протонның орташа квадраттық радиусын анықтау

Электрондар, лептондар тобына жатады. Олар тек электромагниттік және гравитациялық әсерге ғана қатыса алады. Күтші әсер мен әлсіз әсерлерге қатыса алмайды. Электрондар заттан өткенде шашырайды. Шашыраудың көлденең қимасы электронның қандай кедергігі кездестіргені туралы мағлұмат береді. Электронның қайдай кедергіні кездестіргені туралы мағлұмат береді. Электронның энергиясын көбейту арқылы оның де-Бройль толқын ұзындығын азайтамыз. Сөйтіп өте ұсақ құрылымдардың бар екенін, оның бойындағы электр зарядының таралуын, магнит моментінің мөлшерін бағалай аламыз. Электронның де-Бройль толқын ұзындығы $\lambda \approx c$ болғанда мына формуламен анықталады:

$$\lambda_{эл} = \frac{6,28 \cdot 200 [МэВ \cdot фм]}{T_{эл} [МэВ]}$$

Егер $T_{эл} = 250$ МэВ болса, онда $\lambda_{эл} \approx 5 фм$. Өлшемі мұндай объектіден шашыраған электрондар $\operatorname{Sin} \theta_{\min} \approx m \frac{0,61}{R} \lambda_{эл}$ бұрыштарда дифракциялық

минимумдар беруге тиіс. Яғни $I(\theta) = \frac{d\sigma}{d\Omega}$ тәжірибелерден шашыраған электрондардың интенсивтігін азимуталдық бұрышқа тәуелді өшей отырып әрбір минимумға сәйкес келетін кедергінің өлшемін R -ді табуға болады.

№4 Дәріс

Хофштадтер тәжірибесі

Хофштадтер 1953 жылы АҚШ-да $T_{эл}=750$ МэВ электрондар шоғын пайдаланып олардың $^{40}\text{Ca}_{20}$ изотопынан шашырауын зерттеген. Мұндай бұрыштарда шашыраған электрондардың интенсивтілігінің минимумы тіркелген: $\theta_{m=1} \approx 18^\circ \Rightarrow R \approx 3,3\text{фм}$

$$\theta_{m=2} \approx 31^\circ \Rightarrow R \approx 3,9\text{фм}$$

$$\theta_{m=3} \approx 48^\circ \Rightarrow R \approx 3,6\text{фм}$$

Олай болса $^{40}\text{Ca}_{20}$ ядросының радиусы: $R = (1,2A - 0,5)\text{фм} = 3,6\text{фм}$.

№5 Дәріс

Мотт формуласы. Форм-фактор.

Электрондар денеден шашырағанда олар өзінің де-Бройль толқын ұзындығынан өлшемдері анағұрлым кіші объектілерден тік абсолют серпімді шашырайды. Себебі бұндай, объект электрон үшін нүктелік объект болып есептеледі. Электрон объектінің ішкі құрылысын «сезбейді». Сондықтан электрон объектіні қоздыра алмайды (объектіні қоздыру деген сөз-оның ішкі құрылымдарына энергияны беру деген сөз). Сонымен электронның де-Бройль толқын ұзындығы зерттейін деп отырған ядромыздың өлшемінен үлкен болса, онда электрон ядродан серпімді шашырайды. Бұл шашырау Резерфорд формуласына ұқсас. (альфа бөлшектің орнына электронның параметрлерін қойса болғаны). Бірақ Резерфорд формуласына электронның да ядроның да спині туралы ешбір мағлұмат жоқ. Мотт Резерфорд формуласына түзетулер енгізді.

2) Егер ядроның спині 0 болып, электронның спині 0 болмай $\frac{1}{2}$ болса, онда Мотт формуласының түрі мынадай болады:

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\text{МОТТ}} = \left(\frac{Z_{\text{я}}e^2}{2T_{\text{эл}}}\right)^2 \frac{\text{Cos}^2 \frac{\theta}{2}}{\text{Sin}^4 \frac{\theta}{2}};$$

Мұндағы $\text{Cos}^2 \frac{\theta}{2}$ электронның спині болғанының нәтижесінде пайда болды.

Жоғарыда айтылғандай Моттың формуласы ядроның нүктелік объект және оның спині нольге тең болған жағдай үшін ғана қорытылып шығарған.

Егер ядро нүктелік объект болмай өлшемдері бар созылыңқы сфералық симметриялы, спині де жоқ болып келсе, оның үстіне бойындағы заряды бір келкі орналаспай радиусқа тәуелді өзгеріп отырса, онда электрондардың серпімді шашырауының тәжірибеден алынған мәні Моттың формуласынан

алынған мәнінен өзгеше болады. Екеуін тексеру үшін Моттың қимасын $|F|^2$ қа көбейтуге тура келеді. Бұл көбейткішті *Кулондық форм-фактор* деп атайды, себебі бұл шама электрондардың ядромен кулондық әсермен ғана пайда боады.

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_T = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\text{МОТТ}} \cdot |F^2|$$

$$\text{Ал, } F \equiv F(q) = \frac{1}{Z_a \cdot e} \int \rho(r) e^{iqr/h} dV$$

$$\text{мұндағы } \rho(r) = \frac{\rho(0)}{1 + e^{(r-R)/a}};$$

$$R = (1,2 \cdot A^{1/3} - 0,5) \text{ фм. (ядроның радиусы).}$$

Ядроның бетінің қалыңдығы тұрақты $t = (4 \ln 3)a \approx 4,4a$.

Тәжірибеден t ны тауып орнына қойып параметр a ны табуға болады.

3) Егер ядроның магнит моменті бар болса, онда электрон бұл ядродан серпімді магниттік шашырауға да ұшырайды. Бұл жағдайда Мотт формуласына Кулондық форм-фактормен қайырластыра магниттік форм-факторды да қою керек.

№6 Дәріс

Протонның орташа квадраттық радиусын анықтау.

Электронның энергиясын 20 ГэВ қа дейін көтеріп, нуклонның ішкі құрылысын зерттген. Протонның заряды центірінен шетіне қарай біркелкі азаяды екен. $\rho(r) = \rho(0)e^{-r/a}$; $a = 0,23 \text{ фм}$, $\rho(0) = 3 \frac{e}{[\text{фм}]^3}$

Бұл формуладан протонның орташа квадраттық радиусын табуға

$$\text{болады: } \langle r_p^2 \rangle = \frac{\int_0^{\infty} 4\pi r^2 \rho(r) r^2 dr}{\int_0^{\infty} 4\pi r^2 \rho(r) dr} = 0,62 \text{ фм}^2 \text{ бұдан}$$

$$r_{\text{протон}} = \sqrt{\langle r_p^2 \rangle} \approx 0,8 \text{ фм}$$

нейтронның заряды центрінде оң, ал шетінде теріс. Қосындысы ноль.

№7 Дәріс

Адрон ішінде кварктың бар екенін анықтайтын тәжірибелер.

1968-1969 жылдары АҚШ-тың Калифорния штатындағы Стэнфордта SLC сызықтық үдеткіштің көмегімен алынған 20 ГэВ электрондармен протонды атқылағанда электрондардың протон ішінде «өте терең серпімсіз» шашырағаны байқалған. (Резерфорд тәжірибесіндегі ядродан серпілген альфа-бөлшектер секілді электрондар да күтпеген жерден үлкен бұрыштарға серпілген). Бұл протонның ішіндегі электр зарядының бір текті үздіксіз орналаспағанын, керісінше электр зарядының протон ішіндегі таралуы үздік-үздік секірістерге ұшырайтынын көрсетеді. Кейіннен тәжірибе 15 ÷ 200 ГэВ энергиялы электрондардың көмегімен көптеген рет қайталанды. Солардың нәтижесінде мынандай қортынды жасалды:

1) Нуклонның ішінде өлшемі $<10^{-18}$ м нүктелік объектілер байқалды, осы объектілерде нуклонның барлық массасы шоғырланған (протонның зарядтары).

2) Зарядталған объектілердің зарядтары $\left(+\frac{2}{3}e\right)$ немесе $\left(-\frac{1}{3}e\right)$

3) Нейтрал объектілер нуклонның ішкі импульсінің жартысын иеленеді.

№8 Дәріс

Қазіргі заманғы үдеткіштер

Үдеткіштер циклдық және сызықтық боып бөлінеді. Циклдықтарға циклотрон, синхрофазатрон жатады. Сызықтыққа барлық сызықтық үдеткіштер жатады. Осциллографтардағы үдеткіш трубкалардан бастап, электрондық микроскоптар, рентген түтіктері, 3,2 км-лік сызықтық үдеткішке дейін жатады. Коллайдерлер дегеніміз үдетілген бөлшектер бір біріне қарама-қарсы ұшып келіп соқтығысуды қамтамасыз ететін қондырғылар. Оның артықшылығы-соқтығысуға қатысатын бөлшектердің массалар центрінің қозғалысына энергия жұмсалмайды (егер қарама-қарсы ұшып келе жатқан бөлшектердің жылдамдықтары әртүрлі болса, онда массалар центрі қозғалады, бірақ аз жылдамдықпен қозғалады).

(126-127 бет).