

**АЗОТ ПЕН ОТТЕК ЯДРОЛАРЫНЫҢ ТӨМЕНГІ ЭНЕРГИЯДАҒЫ СЕРПІМДІ
КУЛОНДЫҚ ШАШЫРАУ ҚИМАСЫН БОРН ЖУЫҚТАУЫНДА ЕСЕПТЕУ****Гіміңәлі Ділмұрат**dilmuratgiminali@gmail.com

Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Ядролық физика, жаңа материалдар және технологиялар мамандығының магистранты Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – Темербаев А.А.

Ионды үдететін техникалардың бірі ДЦ-60 қондырғысы. ДЦ-60 – бұл Қазақстан Республикасының астанасы Нұр-сұлтан қаласында 2006 жылы Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігі Ядролық физика институтының Астана филиалында салынған ауыр иондарды үдеткіш (изохронды циклотрон), Пәнаралық ғылыми-зерттеу кешенінің базалық қондырғысы болып табылады, сонымен қатар қазіргі заманғы ғылыми жабдықтары бар физикалық зертханалары бар. Циклотрон жобасы Дубнада Біріккен ядролық зерттеулер институтында жасалды.

ДЦ-60 үдеткіш кешенінің құрамы: изохронды циклотрон, ЭЦР түріндегі көп зарядтық ауыр иондардың көзі, иондар ағынының аксиальды инъекциясының жүйесі, төмен энергия иондары ағынының каналы (ЭЦР-көзден 25 кэВ/зарядқа дейін), жоғары энергия үдеткіш иондарының үш каналы, ғылыми және технологиялық жабдық. Жылдамдатылған иондар ағынының негізгі параметрлері: жылдамдатылған иондардың түрі – Li-ден Xe-ге дейін, массаның зарядқа қатынасы (A/Z) 6-дан 12-ге дейін, жылдамдатылған иондардың энергиясы – 0,4-тен 1,75 МэВ/нуклон.

Сонымен қатар ДЦ-60 қондырғысы: нано- және микроқұрылымдар жасау, полимерлердің модификациясы, металдар мен жартылай өткізгіштердің қасиеттерінің модификациясы, астрофизикалық және термоядролық қосымшалар үшін берілу және радиациялық басып алу реакцияларын зерттеу, иондық имплантация, атом энергиясын пайдалану саласында жоғары білікті мамандар кадрларын даярлау.

ДЦ-60 үдеткішіндегі ядролық физика эксперименттері үлкен қашықтықта - ядро перифериясында ядролық өзара әрекеттесу потенциалы туралы ақпарат алуға бағытталған. Жоғары температуралы плазмада да, жұлдыздарда да болатын ядролық реакциялардың жылдамдығы осы аймақтың мүмкін болатын мәндеріне қатты тәуелді. 2014 жылы «Ядролық физика институты» РМК Астана филиалында 1,25, 1,5 және 1,75 МэВ/нуклон энергиясында қазіргі заманғы ДЦ-60 үдеткішінің көмегімен серпімді шашыраудың ^{16}O (^{14}N , ^{14}N) ^{16}O көлденең қимасын эксперименттік зерттеу және өлшеу жұмыстары жүргізілді[1]. Мұндай энергия салыстырмалы түрде төмен деп саналады және астрофизикалық энергияға жақын. Менің қазіргі зерттеуім - осы эксперименттің кулондық каналын теориялық зерттеу.

Әдетте, бөлшек қозғалмайтын деп санауға болатын басқа бөлшектерге (нысанаға) ұшқанда жалпы тәжірибелік жағдай қарастырылады. Соқтығысудан кейін бөлшектер қозғалыс бағытын өзгертеді, ал нысана-бөлшектер қайтарымын сезінеді.

Нысана қозғалмайтын санау жүйесі зертханалық деп аталады. Теориялық соқтығысуды инерция орталығының есептеу жүйесінде, бөлшектердің салыстырмалы қозғалысымен ғана шектеліп қарауға ыңғайлы. Мысалы, масса орталығының жүйесінде екі бөлшектердің шашырауы жағдайында есеп қозғалмайтын жалған нысанаға келтірілген массасы бар бір бөлшектердің шашырауына түседі.

Бөлшектердің шашырауы – басқа бөлшектермен соқтығысу нәтижесінде бөлшектердің қозғалыс бағытын өзгерту. Сандық шашырауы тиімді көлденең қимамен сипатталады.

Ядролық физикада серпімді және серпімсіз шашырау құбылыстары екі жағдайда жүреді. Серпімді соқтығысу дегеніміз – екі ядроның массалары, энергиясы, күйлері өзгеріссіз қалатын тек қана бағыттары ғана өзгереді процес. Бұл жағдай – ұшып келе жатқан

бөлшектің энергиясы келіп соқтығысқан бөлшектің кулондық тосқауыл энергиясынан аз деген сөз.

Ал серпімсіз соқтығысу – ядролардың бірі екіншісіне еніп кетіп, олардың түрлендірілуі немесе ішкі энергияларын өзгертуі. Бұл – екі ядроның бір-біріне енуі ұшып келген бөлшектің энергиясы екінші бөлшектің кулондық тосқауыл энергиясынан жоғары болғаны, сол себепті серпімсіз соқтығысу орын алды. Екі бөлшек бір-бірімен соқтығысқан кездегі ұшып келген бірінші бөлшектің энергиясы соқтығысатын екінші бөлшектің потенциалдық тосқауыл энергиясына тең болса, онда серпімсіз және серпімді соқтығысу процестері бірге орын алады.

Эксперимент кезінде таза ядролармен жұмыс істеу үшін олардың электрондарын шығарып тастау керек болады, бірақ ядролардан электрондарды ажыратып алу қыйындық туғызады. Өйткені ядролар оңайлықпен электрондарын бере салмайды, электрондарды ядродан бөліп алу үшін өте көп энергия қажет. Сондықтан таза ядролардың орнына иондармен жұмыс істейміз.

Ион зарядталған бөлшек болғандықтар оларды үдету техникасында бағыт бағдар беріп жұмыс істеу оңайырақ болады, өйткені үдету техникасы магниттерден және электр өрісімен жабдықталған. Сол себепті ион деген зарядталған бөлшекті магниттелген электр өрісімен үдетеміз.

Ал электромагниттік (кулондық) әсерлесу – ол зарядталған бөлшектің атом арқылы ядроға жақын жерден өткен кезде болатын әсерлесу. Ал енді осы төмен энергиялы әсерлесу кулондық тосқауылда немесе одан да төмен энергияда өтетін болса, онда бұл жерден кулондық әсерлесу басты рөл атқарады. Бірақ 0 градусқа шашырау болса, кулондық потенциал шексіз жоғары болады[2], сол кезде соны кесу керек. Атомның электрондары да көп әсерлеседі, оны экранировка деп атаймыз. Осыларды қарастыратын – Юкава потенциалы [3].

Юкава нуклондар арасындағы әсерлесуді қарастыра отырып электромагниттік әсерлесу мен сол куштердің потенциалдық әсерлесуін қарастырды. Бірақ нуклондар әсерлескен кезде олардың әсерлесу аймағы өте үлкен болатындықтан, осы әсерлесу аймақтың біраз бөлігін қарастыру арқылы есептейтін кулондық әсерлесуге қарағанда оңайырақ жаңа потенциал енгізді.

Юкава потенциалы жеңіл иондардың электрондық экранировкасын қарастырылған экспериментімізде қарастырып алмады, себебі Юкава потенциалы баяу түсетін болды. Осы электрондық экранировканы қарастыру үшін Юкавының формуласына қосымша дәреже қосты[4]. Юкава потенциалы ядролық потенциалға ұқсас болды, енді стандартты кванттық шашырау теориясына қолдануға болады

Ядролық әсерлесудің негізгі теңдеуі Шредингер теңдеуі болып саналады. Шредингер теңдеуі – кеңістіктегі (жалпы жағдайда, конфигурациялық кеңістікте) және гамильтонды кванттық жүйелерде толқындық функциямен берілетін таза күй уақытында өзгерісті сипаттайтын жеке туындылардағы сызықтық дифференциалдық теңдеу [4]. Кванттық механикада Гамильтон теңдеуі немесе классикалық механикада Ньютон екінші заңының теңдеуі немесе электромагниттік толқындар үшін Максвелл теңдеуі сияқты маңызды рөл атқарады. 1925 жылы Эрвин Шредингер жасады, 1926 жылы жарияланды.

Шредингер теңдеуі ядролық әсерлесудің физикалық шамаларын анықтайды. Шредингер теңдеуі дифференциялық теңдеулердің ішінде Гамильтон теңдеуі болады. Гамильтон теңдеуінің нақты шешімі жоқ болғандықтан Шредингер теңдеуінің шешімін жуықталған әдістермен қарастырамыз. Олардың біреуі - Борндық жуықтау.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1 A.Morzabaev et al. Analysis of Elastic Scattering ^{14}N on ^{16}O at Energies Near Coulomb Barrier in Frame of Optical Model. International Journal of Mining, Metallurgy & Mechanical Engineering (IJMMME) – 2014. –Vol. 3. –P. 2320-4060

2 Goldberg D.A., Smith S.M. Resolving Ambiguities in Heavy-Ion Potentials // Phys.Rev.Lett. – 1974.-V. 33. - P. 715-718.

3 Yukawa H. On the Interaction of Elementary Particles // PTP.-1935. - Vol. 17. - P. 48.

ӘӨЖ 539.173.84

Ядролық реактордағы баяу нейтрондардың әсерімен болатын процестерді зерттеу

Дауыл Кеңес, Болат Нұрсолтан

Kenes.2094@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Ядролық физика, жаңа материалдар және технологиялар мамандығының магистранты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Ғылыми жетекші – Амангелді Н.

Баяу нейтронды реакторлар әдетте баяулатқыштары бойынша жіктеледі. Реакторда жалпы түрде баяулатқыш ретінде нейтрондарды жұту қабілеті төмен, баяулатқыштық қасиеті жоғары бірнеше материалдар қолданылады. Олар сутегі (кәдімгі немесе жеңіл су), дейтерий (ауыр су), бериллий немесе көмртегі (графит түрінде). Бұл баяулатқыштардың бәрі өндірісте энергетикалық реакторларда қолданылады, бериллийден басқасы. Бериллийдің нейтрондарды жұту қабілеті төмен болғанына қарамастан ол өте қымбат, энергетикалық реакторларды қолдану тиімсіз [1, 322 с].

Жеңіл сулы реакторлардың екі түрі болады: қысымдағы ауыр сулы реактор(PWR) және қайнайтын сулы реактор (BWR). Бұл реакторлардың жұмыс істеу принципі бірдей, баяулатқыш пен жылу тасымалдағыш рөлін жеңіл су атқарады. Белсенді аймақта орналасқан суға нейтрондардың жұтылуы үшін 2-2,5 % байытылған $^{235}_{92}\text{U}$ отыны пайдаланылады. Конструкциясы бойынша екі реакторда үлкен қысымға шыдайтын болат корпуспен қапталады.

PWR-де жылу тасымалдағыш каналдың қысымы өте жоғары болады, шамамен 15,8 МПа, бұл қысымда су 320 °С температурада тұрса да қайнамайды. Белсенді аймақтан шыққан жылу тасымалдағыш жылуалмастырғышқа келіп түседі және энергиясын екінші контурдағы суға береді де оны қыздырады, бұл жерде су 5,5 МПа қысымда буға айналдырылады. Бу генераторларындағы бу турбинаға енеді, содан кейін сыртқы су көздерімен суытылатын конденсатордағы суға айналады, мысалы, өзен немесе көл сулары. Егер жылу беру жүйесі бірінші контурдағы жылу екінші контурдың жылуалмастырғышындағы жылу тасымалдағышқа берілетіндей етіп жасалынса онда екі циклды немесе жанама циклды жүйе деп аталады [2, 209 с].