

Лекция 10: Нейтрондардың затпен әсерлесуі. Нейтрондарды энергиясы бойынша классификациялау

Лекцияның мақсаты: Нейтрондардың физикалық қасиеттерін және олардың затпен әсерлесу механизмдерін түсіндіру.

Нейтрондардың энергиясына байланысты жіктелуін және олардың радиациялық материалтанудағы маңызын сипаттау.

Негізгі сұрақтар

1. Нейтрондардың затпен әсерлесу түрлері.
2. Серпімді және серпімсіз шашырау процестері.
3. Нейтрондардың сіңірілуі және ядролық реакциялар.
4. Нейтрондардың энергиясы бойынша жіктелуі.
5. Нейтрондардың материалдарға әсері және қолданылу аймақтары.

Қысқаша мазмұны

Нейтрон – электрлік зарядсыз, тек қана массасы бар бөлшек. Оның затпен әсерлесуі атом ядроларымен тікелей байланысады, өйткені нейтронға Кулондық тебіліс әсер етпейді. Сондықтан нейтрондар материалдардың қалың қабатынан өтіп, ядролармен әртүрлі процестерге түседі. Радиациялық материалтануда нейтрондардың әсерін зерттеу маңызды, себебі олар ядролық реакторларда, радиациялық сынақтарда және материалдардың сәулелену тұрақтылығын бағалауда негізгі рөл атқарады.

1. Нейтрондардың затпен әсерлесу механизмдері

Нейтрондар затпен әрекеттескенде келесі процестер жүруі мүмкін:

1. Серпімді шашырау (elastic scattering)

- Нейтрон ядромен соқтығысып, энергиясын және бағытын өзгертеді.
- Бұл процесс арқылы нейтрондардың баяулауы (модерация) жүреді.
- Ең тиімді баяулатқыштар: сутек, дейтерий, көміртек.

2. Серпімсіз шашырау (inelastic scattering)

- Нейтрон ядроны қозған күйге ауыстырады.
- Қозған ядро кейін γ -квант шығарады.
- Бұл процесс нейтрон энергиясын жоғалтып, γ -сәуле түрінде шығуына әкеледі.

Сіңіру (absorption, радиациялық қармау)

- Нейтрон ядроға жұтылып, жаңа изотоп немесе радиоактивті ядро түзіледі.
- Бұл ядролық реакциялардың (n,γ) , (n,p) , (n,α) сияқты түрлеріне негіз болады.
- Мысалы: $^{59}\text{Co} + n \rightarrow ^{60}\text{Co}$ (радиоактивті изотоп алу).

Ядролық реакциялар

- Кейде нейтрон ядроны ыдырауға әкелуі мүмкін (мысалы, уран-235-тің бөліну реакциясы).

- Бұл процесс ядролық энергетикада қолданылады.

2. Нейтрондардың энергия бойынша классификациясы

1. Суық нейтрондар

- Энергиясы: 0,002–0,025 эВ-тан төмен

- Жылдамдығы өте аз, көбінесе криогендік модераторларда алынады.

- Ғылыми зерттеулерде, құрылымдық талдауда қолданылады.

2. Жылулық нейтрондар

- Энергиясы: 0,025 эВ шамасында (бөлме температурасына сәйкес).

- Материалдармен әсерлесуі тиімді, реакторларда негізгі рөл атқарады.

3. Жылдам нейтрондар

- Энергиясы: 0,1–10 МэВ аралығында.

- Ядролық бөліну нәтижесінде түзіледі.

- Материалдарға күшті сәулелік зақым келтіреді.

4. Өте жылдам (релятивистік) нейтрондар

- Энергиясы: 10 МэВ-тен жоғары.

- Әдетте үдеткіштерде алынады, материалдарға терең зақым түсіреді.

Радиациялық материалтанудағы маңызы

- Материал құрылымына әсері: жылдам нейтрондар кристалдық торда ығысу ақауларын тудырады, бұл материалдардың механикалық қасиеттерін өзгертеді.

- Реактор физикасында: нейтрондардың энергиясына байланысты реактордың жұмысы (тізбекті бөліну реакциясы) анықталады.

- Изотоп өндіруде: нейтрон қармау арқылы медициналық және өнеркәсіптік изотоптар алынады.

Қорытынды

Нейтрондардың затпен әсерлесуі күрделі әрі көпқырлы құбылыс. Нейтрондардың энергиясына байланысты олардың материалдармен әрекеттесу сипаты өзгереді. Жылулық нейтрондар реактордағы негізгі тізбекті процестерге жауап берсе, жылдам нейтрондар материалдардың сәулелік төзімділігін анықтайды. Осы құбылыстарды түсіну радиациялық материалтанудың негізгі міндеттерінің бірі болып табылады.

Бақылау сұрақтары

1. Нейтрондардың серпімді және серпімсіз шашырауының айырмашылығы неде?
2. Жылулық нейтрондардың энергиясы қандай және олар неге маңызды?

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті. Қатты дене физикасы және жаңа материалдар технологиясы кафедрасы. Физика техникалық факультеті.
Радиациялық материалтану пәні. Мархабаева А.А.

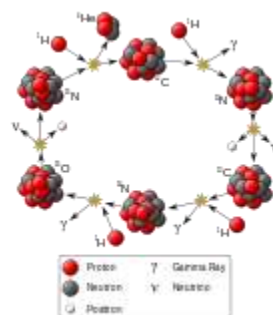
3. Нейтрондардың сіңірілуі қандай реакцияларға алып келеді?
4. Жылдам және өте жылдам нейтрондардың әсерін сипаттаңыз.
5. Нейтрондардың радиациялық материалтанудағы рөлін түсіндіріңіз.

Ұсынылатын әдебиеттер

- Мукашев К.М, Мархабаева А.А. Яр Мухамедова Г.Ш. Радиационное материаловедение. Алматы. Қазақ университеті. 2016 ж;
- Асабина Е.А. Дефекты в твердых телах и их влияние на свойства функциональных материалов. Новгород, 2012;
- Углов В.В. Радиационные эффекты в твердых телах. 2011;
- 2.Кирсанов В.В., Суворов А.Л., Трушин Ю.В. Процессы радиационного дефектообразования в металлах. - М.: Энергоатомиздат, 2003. -272 с;
- 3.Ахиезер И.А., Давыдов Л.Н. Введение в теоретическую радиационную физику металлов и сплавов. - Киев: Наукова Думка, 2001. - 142 ;

АЛЫ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ ФИЗИКА ТЕХНИКАЛЫҚ ФАКУЛЬТЕТІ

НЕЙТРОНДАРДЫҢ ЗАТПЕН ӘСЕРЛЕСУІ. НЕЙТРОНДАРДЫ ЭНЕРГИЯСЫ БОЙЫНША КЛАССИФИКАЦИЯЛАУ



ОҚЫТУШЫ: МАРХАБАЕВА А.А

Нейтронның ашылуы

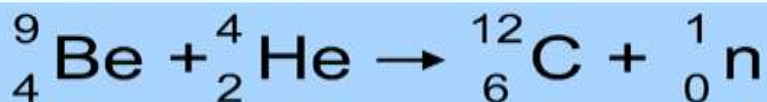
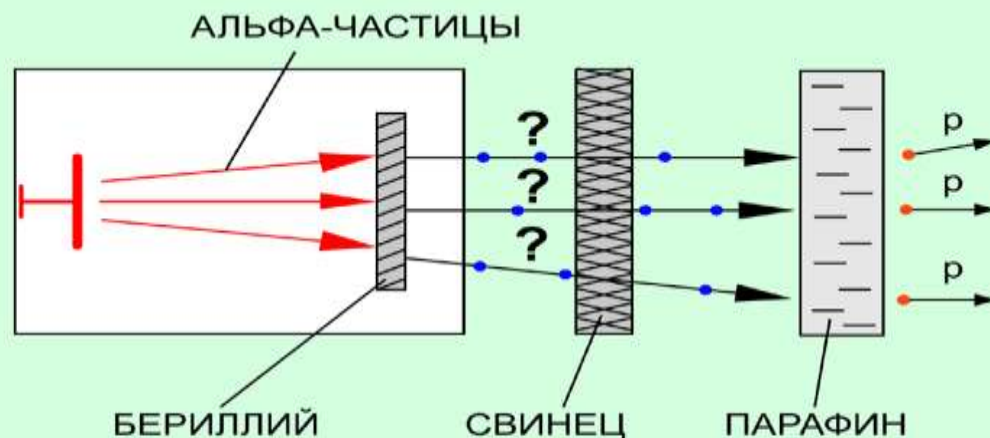
1930 жылы жасаған тәжірибелерінде литий мен бериллийді а-бөлшектермен атқылағанда, протонның орнына өте нашар жұтылатын бөлшектер ұшып шығатынын байқайды. Бұл бөлшектер қалыңдығы 20 см болатын қорғасын қабатынан өтіп кеткен.



Ирен



Фредерик



- Олар бериллийді а-бөлшектермен атқылағанда пайда болатын сәуле жолына парафин пластинасын қойғанда, суретте көрсетілгендей сутегіге қаныққан парафиннен протондар ұшып шығады деп болжам жасайды

Ағылшын ғалымы Дж. Чедвик осы жылы берилийді а-бөлшектермен атқылағанда одан бөлінетін табиғаты белгісіз сәуленің қасиеттерін зерттеу жұмыстарын жүргізеді.

Энергияның және импульстің сақталу заңдарына сүйене отырып, жүргізілген есептеулер нәтижесінде белгісіз бөлшектің массасын анықтайды.



Чедвик бұл сәуленің электрлік бейтарап бөлшектер ағыны екенін дәлелдеген. Белгісіз бөлшектің массасы жуықтап алғанда протонның массасына тең болып шыққан. Атом ядросының құрамында протон сияқты ауыр, бірақ бейтарап бөлшектің бар болуы мүмкін деген батыл болжамды 1920 жылы Э. Резерфорд айтқан және оны нейтрон деп атауды ұсынған еді. Сонымен, жаңа бөлшек нейтрон деп аталды. Нейтронның электр заряды нөлге тең, сол себепті оның зат арқылы өтетін өтімділік қабілеті өте жоғары. Қазіргі дәл өлшеулер бойынша нейтронның массасы

$$m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00866 \text{ м.а.б.} = 939,56 \text{ МэВ.}$$

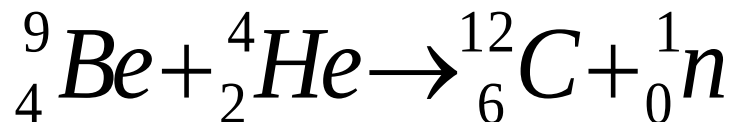


Энергия мен импульстің сақталу заңынан нейтронның зат атомдарымен соқтығысу нәтижесінде

$$v_{\text{я}} = \frac{2m_n}{m_n + M_{\text{я}}} v_n;$$

где m_n -нейтрон массасы;
 v_n – нейтронның соқтығысуға дейінгі жылдамдығы;
 $M_{\text{я}}$ – ядро массасы.

А бөлшектерінің бериллий атомымен соқтығысу реакциясы:



Массалық сандары A бірдей, зарядтық сандары Z әр түрлі нуклидтерді изобаралар (бірдей ауыр деген сөз) деп атайды.

Ядроның құрамына кіретін нейтрондар санын N анықтауға болады:

$$N = A - Z$$

Ядролық зарядтары (реттік нөмірлері Z) бірдей, ал массалық сандары A әр түрлі элементтер атомдарын изотоптар (грекше *isos* — бірдей және *topos* — орын) деп атайды.

Атом ядросының құрылымы

Д. Д. Иваненко және
В. Гейзенберг ядронның
протонно-нейтронды
моделін ұсынады: ядро екі
түрлі бөлшектен: протон
және нейтронан тұрады.

- атом нейтраль болғандықтан
протондар саны электрондар санына
тең болады.

- Протон және нейтрон – нуклондар
деп аталады.



Дмитрий Дмитриевич
Иваненко
(1904-1994)



Вернер Карл
Гейзенберг
(1901-1976)

Атом ядросының өлшемдері

- Ядролар үшін кванттық заңдар тән болғандықтан олар белгіленген шекараға ие емес. Сондықтан ядроның орташа радиусы туралы айтуға болады. Ядроның радиусы оған соқтығысқан бөлшектердің шашырау бұрышынан анықталады.
- Массалық сан өскен сайын ядроның радиусы өседі:

$$R = 1,2\sqrt[3]{A} * 10^{-13} \text{ см};$$

- Ядроның көлемі нуклондар санына тура пропорционал
- Есептеулер жуықтап алғанда ядролық заттың орташа тығыздығы

$$\rho = \frac{M_{\text{я}}}{\frac{4}{3}\pi R^3} = 10^{14} \text{ г / см}^3 \quad 2,7 \cdot 10^{17} \text{ кг/м}^3$$