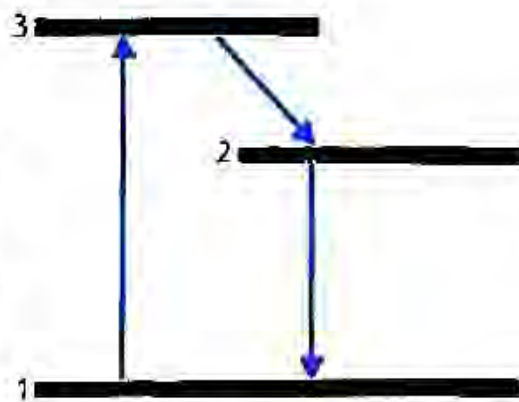


Умри система дар савияи 2 сад ҳазор бор зиёд, яъне қариб 10^3 с аст. Гузариш аз ҳолати 1 бо таъсири мавҷи электромагнитии берунӣ боиси нурафканиш мегардад. Дар лазерҳо маҳз ҳамин хусусияти ин гуна система истифода мешавад. Баъди шӯълаваршудани лампа система ба ҳолати 3 мегузарад ва пас аз муддати тақрибан 10^{-8} с ба ҳолати 2 меояд. Дар ин ҳолат система нисбатан дер мезияд. Савияи ангехтаи 2 нисбат ба савияи ноангехтаи 1 маҳз ба ҳамин тарз пуртар карда мешавад.



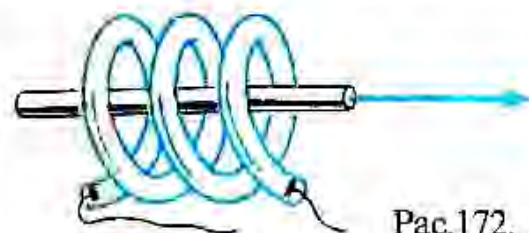
Рас.171.

Ин гуна савияҳои қороянда дар булӯри ёкут (кристалли рубин) мавҷуданд. Ёкут булӯри лаълформи оксиди алюмин Al_2O_3 аст, ки 0,05% гаши хромӣ (атомҳои хром) дорад. Маҳз савияҳои ионҳои хром (андар булӯр) соҳиби хосиятҳои матлубанд.

Сохти лазери ёкутӣ. Аз булӯри ёкут милае месозанд, ки нӯгҳои ҳамвори сайқалӣ ва нисбат ба якдигар мувозӣ (параллел) бошанд. Лампаи газталхия (газпардагӣ)-и морпечшакл (рас.172) рӯшноии кабудии сабзранг медиҳад. Импулси кӯтоҳмуддати ҷараёни электрии силсилаи конденсаторҳо (бо гунҷойиши чанд ҳазор микрофарад) лампаро саҳт фурузон мекунад. Пас аз муддати кӯтоҳе савияи 2 беш аз ҳад пури атоми ангехта мешавад.

Дар натиҷаи гузаришҳои худбахудии $2 \rightarrow 1$ афканиши мавҷҳои ҳамасамта оғоз меёбад. Мавҷҳои, ки нисбат ба меҳвари булӯр таҳти ин ё он кунҷ равонаанд, аз он берун мебароянд ва дар қори минбаъдаи лазер ҳисса намегузоранд. Вале мавҷе, ки ба қадди меҳвари булӯр раво аст, аз нӯгҳои он чандин бор инъикос мешавад. Ин мавҷ тобиши илқоӣ (тобиши маҷбурӣ)-и ионҳои ангехтаи хромо боис мегардад ва хеле зуд зӯр мегирад.

Як нӯги милаи ёкутӣ ойинавӣ асту нӯги дигараш – нимшаффоф. Импулси кӯтоҳмуддати бағоят қавии рӯшноии сурх (бо



Рас.172.

тӯли қариб сад микросония), ки дар бораи ҳосиятҳои фавқулодаи он дар оғози ҳамин банд сухан рафт, аз ҳамин нӯги мила берун меояд. Мавҷ ҳамчӯр (коҳерентӣ) аст, зеро ҳама атомҳо ҳамоянгона нур меафкананд. Ин мавҷ бағоят пурзӯр низ ҳаст, зеро дар тобиши илқои ҳама энергияи захирашуда дар муддати бисе кӯтоҳ афканда мешавад.

Навъҳои дигари лазерҳо. Лазери ёқутӣ режими импульсӣ дорад. Лазерҳое низ мавҷуданд, ки режимшон бефосила аст.

Дар ин навъи лазерҳо моддаи қорӣ газ аст. Атомҳои моддаи қорӣ ба воситаи тахлия (пардаҳт)-и электрикӣ ангехта мешаванд.

Лазерҳои бефосилакори нимоқили низ мавҷуданд. Онҳо пеш аз ҳама дар Русия сохта шудаанд. Дар ин қабил лазерҳо энергияи «ғизой» аз қараёни электрикӣ гирифта мешавад.

Лазерҳои газодинамикии бефосилакоре низ сохта шудаанд, ки тавонашон ба садҳо киловатт мерасад. Дар онҳо савияҳои энергияи болоӣ дар натиҷаи васеъ кардан ва ба таври адиабатӣ сард гардондани селҳои газии фавқуссадое пурбор мешаванд, ки ҳарораташон ба чанд ҳазор келвин мерасад.

Татбиқи лазерҳо. Истифодаи нури лазерӣ дар алоқа, хусусан дар алоқаи қайҳонӣ ояндаи хуб дорад (зеро фазои Қайҳон абрҳои рӯшнофурубаранда надорад).

Тавони фавқулодаи шуоҳои лазерӣ барои дар ҷойи беҳаво (вакуум) бухор кардани моддаҳо, барои кафшер кардани ашё ва ғ. истифода мешавад. Ба воситаи шуоҳои лазерӣ қарроҳӣ кардан, чунончи, шабакаи аз таҳи чашм чудошударо «кафшер» кардан ё тасвири ҳаҷмии ашёро ҳосил кардан (дар он замина ки нурҳои лазерӣ ҳамчӯр ҳастанд) имконпазир аст.

Ба воситаи лазерҳо бунёд сохтани *шуоолокатор* ном дастгоҳе имконпазир гашт, ки дурии ашёро бо дурустӣ то чанд миллиметр чен карда метавонад – ин гуна дараҷаи дурустӣ барои радиолокаторҳо дастнорас аст.

Шуоҳои лазерӣ атомҳоро молекулаҳоро ангехта, воқунишҳои кимиёе ба вучуд оварда метавонад, ки онҳо дар шароити муқаррарӣ воқеъӣ шуда наметавонанд.

Истифодаи шуоҳои лазерӣ дар қори воқеъӣ гардондани воқунишҳои гармоҳастаии идорашванда низ ояндаи умедбахш

дорад.

Ҳозир лазерҳо то он ҷо татбиқи бисёр ёфтаанд, ки ҳамаи онҳоро ҳатто ном бурдан муҳол аст.

Бунёд кардани лазерҳо мисоли рӯшани он аст, ки инкишоф додани назарияи квантӣ ворӣ як соҳаи бунёӣ (фундаменталӣ)-и илм соҳаҳои гуногуни техникаву технологияро то кучо раванк дода метавонад.



1. Тобиши лазерӣ аз тобиши тафслампа чӣ фарқ дорад?
2. Лазер чӣ гуна татбиқҳо дорад?

Машқи 9

1. Суръат ва шитоби электрон дар мадори якуми борӣ чиқадарианд?
Нишондод: Радиуси мадори борӣ ин тавр ёфта мешавад:

$$r_0 = \frac{4\pi\epsilon_0 h^2}{me^2}$$

Ин ҷо m ва e масса (ҷирм) ва барқайи электрон хастанду $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл/(Н·м²) – собити электрикӣ.

2. Алфа-зарраи суръаташ 10^9 см/с (массааш $6,7 \cdot 10^{-24}$ г) ба ҳастаи қарори арзиз (қалъагӣ) дар сурати марказӣ будани бархӯрд то кадом масофа наздик рафта метавонад?

3. Дарозии мавҷи рӯшноiero ёбед, ки онро атоми ҳидроген дар сурати аз ҳолати муқимӣ (статсионарӣ)-и энергияаш $E_4 = -1,7$ эВ ($k=4$) ба ҳолати энергияаш $E_2 = -6,8$ эВ ($n=2$) гузаштан меафканад.

4. Аз рӯйи рас.168 энергияи иониш (потенсиали ионизатсия)-и атоми ҳидрогенро муайян кунед.

Мухимтарин хулосаҳои боби нӯҳум

1. Резерфорд падидаи аз моддаҳо пареш хӯрдани алфа-зарраҳоро таҳқиқ карда, мавҷудияти ҳастаи атомро ошкор сохт. Ӯ дарёфт, ки тамоми барқайи электрикӣ (бори электрикӣ)-и мусбат ва қариб ҳамаи массаи атом дар ҳамин ҳаста гирд омадаанд ва андозаҳои ҳастаи атом ҳамагӣ 10^{-12} - 10^{-13} см аст,

ки назар ба андозаҳои худ атом 10^4 - 10^5 бор хурд мебошад. Барқои ҳастаи атом ба ҳосили зарби рақами атомии унсуре кимиёӣ дар чадвали даврии Менделеев ва қимати барқои электрон баробар аст.

Ҳастаи атоми ҳидроген аз як протон иборат аст.

2. Резерфорд дар заминаи таҷрибаҳои худ модели сайёравии атомро ба миён овард. Дар ин модел электронҳо гирди ҳастаи атом гардиш меҳӯранд, мисли он ки сайёраҳо гирди Офтоб гардонданд. Вале мувофиқи қонунҳои физикаи классикӣ ин гуна атом пайдор буда наметавонад, зеро электронҳо бояд (тибқи қонунҳои номбурда) энергияи худро охишта-охишта гум карда, ба сатҳи ҳаста биафтанд. Аммо атомҳо бар хилофи ин ҳулоса пайдоранд.

3. Ин муъамморо Бор шикоят. Ӯ қушоиши гирехро дар инкишофи минбаъдаи назарияи квантӣ дид. Бор ду постулате пеш ниҳод, ки ҳарду хилофи механикаи классикии Нютон ва электродинамикаи Максвел буданд.

Постулати якуми Бор мегӯяд: манзумаи атомӣ (системаи атомӣ) танҳо дар ҳолатҳои муқимӣ (ҳолатҳои стационарӣ) ё худ ҳолатҳои квантӣ воқеъ мегардад, ки ҳар яки онҳо бо энергияи муъайяни E_n тавсиф мешавад; атом дар ҳолатҳои муқимӣ нур (энергия) намеафканад.

Мувофиқи постулати дуюми Бор афканиш ва фурӯбурди рӯшноӣ он гоҳ рӯй медиҳад, ки атом аз як ҳолати муқимӣ ба ҳолати муқимии дигар бигзарад. Дар ин маврид энергияи фотони афкандашаванда ё фурӯраванда бо фарқи энергияҳои ҳолатҳои муқимӣ таъин мешавад, ки гузариш дар байни онҳо рӯй медиҳад, яъне

$$h\nu_{kn} = E_k - E_n$$

4. Назарияи Бор барои ҳама басомадҳои спектр (тайф)-и тобиши ҳидроген қиматҳои саҳеҳ пешгӯӣ кард, имкон дод, ки қимати назарии радиуси атоми ҳидроген ёфта шавад.

Бо вуҷуди ин назарияи Бор аз муҳолифатҳои дохилӣ холи набуд. Дар заминаи ин назария бунёд сохтани назарияи микдории атомҳои ҳелий (гелий) ва атомҳои назар ба он мураккабтар илоч надошт.

Роич гардондани тасаввуроти квантӣ бозсозии қатъии механика ва электродинамикаро тақозо мекард. Ин гуна бозсозӣ солҳои бистуми а. XX сурат гирифт. Маҳз дар тайи ҳамон солҳо механикаи квантӣ ва электродинамикаи квантӣ ба арасаи вучуд қадам ниҳоданд.

5. Дар заминаи назарияи квантии нурафканиш генераторҳои квантии радиомавҷҳо ва генераторҳои квантии соҳаи рӯшноии намоён – лазерҳо сохта шудаанд. Лазерҳо шуоъҳои чӯрбасомади бағоят пуртавон ҳосил карда метавонанд. Нурҳои лазерӣ дар соҳаҳои гуногуни илму амалия татбиқи бисёр доранд.



Ибораҳои ҳастаи атом ва зарраҳои бунёдӣ (зарраҳои элементарӣ)-ро мо аллакай чанд бор истеъмол кардем. Шумо медонед, ки атом аз ҳаста ва электронҳо таркиб ёфтааст. Фасле аз фаслҳои физика, ки сохт ва табдилоти ҳастаҳои атомиро меомӯзад, физикаи ҳастаи атом ном гирифтааст.

Дар ибтидо физикаи зарраҳои бунёдӣ аз физикаи ҳастаи атом ҷудо набуд. Пажӯҳандагони соҳаи физика бо гуногунии олами зарраҳои бунёдӣ гоҳи таҳқиқи рӯйдодҳои ҳастаӣ дучор омаданд. Физикаи зарраҳои бунёдӣ соҳаи нисбатан ҷавони пажӯҳишхост – вай қарибҳои с.1950 ба вуҷуд омадааст. Акнун ду соҳаи мустақили илмӣ мавҷуд аст: якеи онҳо бо сохт ва табдилоти ҳастаӣ сарукор дораду дигаре – бо табиъат, хосиятҳо ва табдилоти зарраҳои бунёдӣ. Аммо дар ҳаллу фасли масъалаҳои ин ҷо муойинашаванда ва усулҳои таҳқиқ ин ду соҳа умумияти бисёре доранд.

Мо ин ҷо қисми зиёди вақти омӯзиширо ба муойинаи масъалаҳои асосии физикаи ҳаста мебахшем. Дар бораи хосиятҳои зарраҳои бунёдӣ дар охир ба таври бисёр мухтасар сухан меронем.

Ҷаҳони асбоби сабти зарраҳои бунёдӣ

Аввал, биеед, бо асбобҳои шинос шавем, ки умуман пайдоиш ва тараққиёти физикаи ҳаста ва зарраҳои бунёдиро имконпазир гардонданд. Инҳо асбобҳои сабт ва омӯзиши бархӯрдҳои табдилоти ҳастаҳо ва зарраҳои бунёдӣ мебошанд. Маҳз ба воситаи ҳамин гуна асбобҳо мо дар бораи рӯйдодҳои микролам маълумот ба даст меорем.

***Тарзи кори асбобҳои сабти зарраҳо.** Ҳама гуна асбоби сабти зарраҳо ё ҳастаҳои дарҳаракат ба туфанги пуртире монанд аст, ки кулангаш кашида шуда бошад. Чангаки туфангро бо қувваи андаке кашидан кофист, ки натиҷаи ҳазорҳо бор пуртаъсиртар – части тир воқеъ шавад.*

Асбоби сабткунанда – ин дастгоҳи макроскопии камобеш мураккабест, ки дар ҳолати ноустувор (нопойдор) буда метавонад. Дар ин гуна дастгоҳ баъди аз тарафи зарраи сабтшаванда ба вуҷуд оварда шудани ин ё он изтироб марҳалаи ба ҳолати нав – ба ҳолати устувортар гузаштани ҷузъи сабткунанда оғоз мешавад. Ана ҳамин

чараёни гузариш ба ҳолати нав имкон медиҳад, ки зарра сабт карда шавад. Дар замони ҳозира чанд тарзи сабт кардани зарраҳо истифода мешавад.

Вобаста ба мақсади таҷриба ва шароити кор ин ё он асбоби сабткунандаро истифода мекунанд.

Ҳисобгираки газтахлиягӣ (газпардаҳтӣ)-и **Гейгер**. Ҳисобгираки Гейгер барои ҳисоби автоматии зарраҳо яке аз асбобҳои асоситарин аст.

Ин ҳисобгирак (рас.173) аз найчаи шишагини сатҳи даруниаш филизандуд (катод) ва сими бориқе (анод), ки дар маркази найча ба қадди он кашида шудааст, иборат мебошад. Найчаро пури газ, масалан, пури аргон мекунанд. Қори ҳисобгирак бар падидаи иониш (ионизатсия)-и зарбатӣ асос ёфтааст. Зарраи барқаманд (электрон, протон ва ғ.) ба найча зада, аз девори шишагини он мегузарад ва дар муҳити газии даруни найча ҳаракат карда, аз атомҳои электронҳои сари роҳи худро бармеканад – дар натиҷа ионҳои мусбат ва электронҳои озод ба вуҷуд меоянд. Майдони электрикии байни аноду катод (ки ба манбаи воштажи баланд пайвастанд) электронҳоро то дараҷае шитоб мебахшад, ки онҳо бо зарбаи худ атомҳои газро ион-ион карда (ионизатсия карда), тавонанд. Он гоҳ «тармаи» ионӣ ба вуҷуд меояд ва дар занҷири ҳисобгирак чараён пайдо мешавад – дар натиҷа дар муқовимати R (бори занҷир) импулси воштаж ҳосил мешавад. Ин импулсро асбоби сабткунанда сабт мекунад.

Барои он ки ҳисобгирак зарраи ояндаро низ «ҳис» карда тавонад, тармаи номбурдаро ҳомӯшондан зарур аст. Ин ба таври автоматӣ рӯй медиҳад. Азбаски дар лаҳзаи пайдоиши импулси чараён дар муқовимати R афтиши зиёди воштаж рӯй медиҳад, пас, воштажи байни аноду катод якбора кам мешавад, ба дараҷае кам мешавад, ки аз задухӯрдҳои пешина нишоне намеронад.

Ҳисобгираки Гейгер асосан барои сабт кардани электронҳо ва гамма-квантҳо (яъне фотонҳои баландэнергия) истифода мешавад. Аммо гамма-квантҳо ба сабаби қобилияти ками ионофарӣ доштани худ бевосита сабт шуда наметавонанд. Барои ошкор соختани онҳо сатҳи даруни найчаи



Рас.173.

ҳисобгиракро моддае медавонанд, ки гамма-квантҳо аз он электрон бароварда тавонанд.

Ҳисобгираки Гейгер қариб ҳама электронҳои ба даруни найча даромадаро сабт мекунад. Вале барои гамма-квантҳо сурати ҳол дигар аст: аз ҳар сад кванте, ки ба ҳаҷми кории ҳисобгирак (найча) ворид мешавад, тақрибан яктоаш сабт мегардад. Сабт кардани зарраҳои вазнин (чун алфа-зарраҳо) душвортар аст, зеро дар ҳисобгирак «даричае» («тирезае») шинондан мушқил аст, ки барои алфа-зарраҳо шаффоф бошад.

Дар замони ҳозира ҳисобгиракҳои низ сохта шудаанд, ки тарзи корашон дигар аст.

Камераи Вилсон. Ҳисобгираки Гейгер имкон медиҳад, ки факти аз дохили он гузаштани зарра ва баъзе мушаххасот (характеристикаҳо)-и он сабт шавад. Дар камераи Вилсон бошад, зарраи барқаманди баландсуръат радд (из, пай) мегузорад, ки онро бевосита мушоҳида кардан ё сураташро гирифтани мумкин аст. Ин камера ихтироъи Ч. Вилсон (с.1912) мебошад. Онро «равзана»-и микроолам, яъне «равзана»-и олами зарраҳои бунёди ва манзумаҳо (системаҳо)-и физикии иборат аз онҳо номидан ҷоииз аст.

Кори камераи Вилсон бар он асос ҷффтааст, ки бухори фавқуссер дар ионҳои дар ҳаҷми кории камера ҳосилгашта конденсатсия мешаванд - дар натиҷа дар ин марказҳои конденсатсия (ионҳо) чакраҳои об ба вучуд меояд. Ин ионҳоро зарраи барқаманди дар бухори сер ҳаракаткунанда дар роҳи рафти худ ба вучуд меоварад.

Камераи Вилсон зарфи маҳкаме мебошад (рас.174), ки бо бухори қариб сери об ё алкул (спирт) пур аст. Дар сурати якбора поён ҳаракат додани сунба (поршен)-и камера, яъне дар натиҷаи якбора кам кардани фишори зери он бухори даруни камера ба таври адиабатӣ (яъне бе мубодилаи гармо) васеъ мешавад. Он гоҳ бухор сард мешавад ва ба ҳолати фавқуссерӣ меояд. Ин ҳолати бухор нопойдор аст, ҳолатест, ки дар он газ бо осонӣ конденсатсия мешавад. Ин ҷо ба сифати марказҳои конденсатсия ионҳои хидмат мекунанд, ки онҳоро зарраи аз даруни бухор гузаранда ба вучуд меоварад. Агар зарра ба камера бевосита пеш аз лаҳзаи васеъ



Рас.174.

шудан ё фавран баъди он ворид гардад, ионҳои ҳосилкардаи он, чунон ки гуфтем, чун марказҳои конденсатсия хидмат мекунанд ва дар атрофи онҳо чакрачаҳои об ҳосил мешаванд. Ин чакрачаҳо ради зарраи «муойинашаванда»-ро ба вучуд меоваранд (рас.175). Сипас камера ба ҳолати ибтидоиаш меояд ва майдони махсуси «тозакунанда» ионҳои акнун нодаркорро маҳв месозад. Фосилаи вақти барқарор гаштани режими кори камераро вобаста ба андозаҳои он аз чанд сония то даҳҳо дақиқа тағйир додан имконпазир аст.



Рас.175.

Маълумоте, ки ба воситаи камераи Вилсон ба даст меояд, назар ба он ки ҳисобгираки Гейгер медиҳад, пурратар аст. Аз рӯи дарозии ради «пой»-и зарра энергияи он ва аз рӯи адади чакрачаҳои воҳиди дарозии радд суръати ҳаракати зарраро муайян кардан мумкин аст.

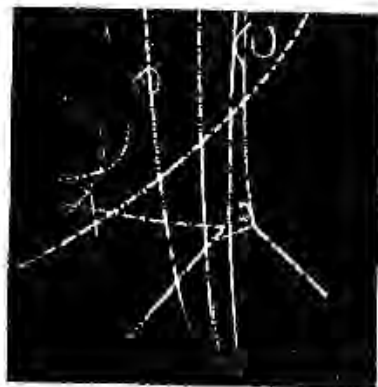
Ҳар қадре ки ради зарра дарозтар бошад, маълум мешавад, ки энергияи он ҳамон қадр зиёдтар будааст. Ва ҳар қадре, ки адади чакрачаҳои об дар воҳиди дарозии ради зарра бештар бошад, маълум мешавад, ки суръати он ҳамон дараҷа камтар будааст. Ва ҳамчунин, заррае, ки барқай бештар дошта бошад, ради ғафстар ба вучуд меорад.

Олимони рус П. Капитса ва Д. Скобелтсин пешниҳод карданд, ки камераи Вилсон дар майдони магнитии якҷинса ҷой дода шавад. Майдони магнитӣ ба зарраи ҳаракаткунанда бо қувваи муайян (бо қувваи лоренсӣ) таъсир меоварад. Ин қувва масир (траектория)-и зарраро қатъ мекунад (бе он ки модули суръати онро тағйир диҳад). Ҳар қадре ки барқай зарра зиёд ва массаи он кам бошад, ради он дар майдони магнитӣ ҳамон қадр қатътар меояд. Аз рӯи қачии радд нисбати барқай зарраро бар массаи он (яъне барқай ҳоси зарраро) ёфтани имконпазир аст. Дар сурати маълум будани якеи ин бузургиҳо бузургии дигарро ёфтани мумкин аст.

Ҳубобкамера. Соли 1952 олими амрикоӣ Д. Глейзер пешниҳод кард, ки барои ошкор сохтани ради зарраҳо моеъи фавкут-тафсон истифода шавад. Дар ин гуна моеъ дар рӯи ионҳои ҳосилкардаи зарраи барқаманди баландсуръат ҳубобчаҳои пайдо мешавад, ки ради зарраро менамоянд (яъне онро аён мегардонанд). Ин гуна камераро *ҳубобкамера* ном додаанд.

Дар ҳолати ибтидоӣ моеъро дар камера таҳти фишори баланд нигоҳ медоранд, то ки ҷӯш наояд, бо вучуде ки ҳарорати моеъ назар

ба ҳарорати чӯшиши он (дар фишори атмосферӣ) баланд бошад. Дар сурати якбора паст кардани фишор моеъ фавқуттафсон мешавад ва муддати кӯтоҳе дар ҳолати нопойдор воқеъ мешавад. Зарраи барқаманде, ки маҳз дар ҳамин лаҳза аз даруни камера мегузарад, радде ҳосил мекунад (рас.176), ки он аз хубобҳои бухорӣ иборат мебошад. Ба сифати моеъ аксаран ҳидрогени моеъ ва пропанро ба кор мебаранд. Тӯли як сикли кори хубобкамера тақрибан 0,1 с аст.



Рас.176.

Бартари хубобкамера дар пеши камераи Вилсон ин аст, ки моддаи кори хубобкамера зичии зиёд дорад. Аз ин рӯ дави¹ зарраҳо дар хубобкамера кӯтоҳтар меояд ва дигар ин, ки дави зарраҳои баландэнергия ҳам дар он «ғунҷида» метавонад. Ин хусусияти хубобкамера мушоҳидаи табдилоти паёпайи зарра ва воқунишҳо (реаксияҳо)-и ҳосилкардаи онро инконпазир мегардонад. Камераи Вилсон ва хубобкамера муҳимтарин воситаҳои ба даст овардани маълумот дар бораи рафтор ва хосиятҳои зарраҳо ба шумор мераванд.

Мушоҳидаи изи зарраҳо бағоят аҷиб аст ва бинандаро як ҳиссиёти шавқангези бо микроолам бархӯрдан мебахшад.

Усули фотоэмулсияҳои гафсқабат. Барои мушоҳида кардани зарраҳо дар баробари камераи Вилсон ва хубобкамера фотоэмулсияҳои гафсқабат низ истифода мешаванд. Таъсири ионофарандагии зарраҳои барқаманди баландсуръат ба эмулсияи фотолаваҳа олими фаронсавӣ Анри Беккирелро с.1896 ба сари кашфи падидаи радиоактивият (партавзойӣ)-и моддаҳо овард.

Фотоэмулсия микдори зиёди булӯракҳо (кристалчаҳо)-и микроскопии бромиди нукра дорад. Зарраи барқаманди баланд-суръат хангоми аз дохили булӯракҳо гузаштан чанде аз электронҳои атомҳои алоҳидаи бромро меканад. Занҷири ин гуна булӯракҳо тасвири ниҳоние ба вучуд меорад. Хангоми падида овардани тасвир дар ин булӯракҳо нукраи филизӣ барқарор мешавад ва силсилаи нукрадонаҳо радди зарраро зоҳир мегардонад (рас.177). Аз рӯйи дарозӣ ва гафсии радди зарра энергия ва массаи онро ёфтани осон аст.

Азбаски зичии моддаи фотоэмулсия зиёд аст, радди зарраҳо

¹Дави зарра зиёдтарии масофаест, ки онро зарра то дами битамом сарфшудани энергияи худ мепаймояд (С.К.).

кӯтоҳ меоянд (тақрибан 0,001 см барои алфа-зарраҳои афкандаи манбаҳои радиоактив); аммо онҳоро дар тасвирҳои фотографияи калон кардан душвор нест.

Бартариҳои фотоэмулсияҳо ин аст, ки онҳо таъсири зарраро бо модда «захира» мекунанд, яъне муддати «вобуд» (муддати экспозитсия)-и онҳо ба дараҷаи матлуб зиёд буда метавонад. Ин имкон медиҳад, ки падидаҳои нодир низ сабт карда шаванд. Ин ҳам муҳим аст, ки ба сабаби зиёд будани қобилияти боздорӣ (тормоздод)-и фотоэмулсия адади вокунишҳои байни зарраҳо ва ҳастаҳо меафзояд.

Мо ин ҷо дар бораи на ҳама асбобҳои сабткунандаи зарраҳо сухан рондем. Асбобҳои, ки дар замони ҳозира барои сабт кардани зарраҳои камдучороянда ва бағоят кӯтоҳумр истифода мешаванд, бисёр мураккабанд. Барои қорбаст ва истифода кардани онҳо садҳо одамро машғули қор доштан мебоянд.



1. Оё ба воситаи камерои Вилсон зарраҳои хунсо (бебарқа)-ро сабт кардан имконпазир ҳаст?
2. Хубобкамера дар пеши камерои Вилсон чӣ бартарӣ дорад?

❖ Кашфи радиоионизатсияи зарраҳои

Нопойдор будани атомҳо охири а.ХІХ ошкор гардида буд. Баъди 46 сол нахустин реактори атомӣ бунёд карда шуд. Мо ин ҷо ин гуна инкишофи нуравҷи физикаи ҳастаи атомро ба тартиби воқеъ шудани кашфиёти марбути ин ҷабҳа хоҳем омӯхт.

Падидаи *радиоактивият* – падидае, ки мураккаб будани сохти ҳастаи атомро собит кард, дар натиҷаи тасодуфи хушбахтонае кашф шуд. Тобиши рентгенӣ, чунон ки шумо аллақай медонед, бори аввал дар натиҷаи ба девори шишагини пардахтлула (найчаи разрядӣ) бархӯрдани электронҳои баландсуръат бо вуҷуд меоянд. Дар айни



Рас.177.

хол деворҳои найча низ нур меафкананд.

Олими фар. А.Беккирел муддати тӯлоние ба таҳқиқи падидаи монанди радиоактивият – нурафшони баъдинаи моддаҳои машғул гашт, ки пеш аз таҷриба таҳти тобиши Офтоб қарор дода мешуданд. Аз ҷумла, намакҳои уран, ки Беккирел истифода мекард, аз ҷумлаи ҳамин моддаҳо буданд.

Ва дар сари \bar{u} суол пайдо шуд, ки оё баъди офтоб додани намакҳои уран дар баробари рӯшноии намоён нурҳои рентгенӣ низ ба вучуд намеоянд?

Беккирел фотолаваҳаеро дар қоғази сиёҳи гафс печонда, дар рӯйи он чанд гуруша (дона)-и намаки уран гузошт ва онро дар ҷойи офтобрас ниҳод. Баъди падидаи овардани тасвир маълум шуд, ки ҷойҳои гурушадори фотолаваҳа тира (сиёҳ) гаштаанд. Пас, фаҳмост, ки намакҳои уран ягон навъ нуре афкандаанд, ки мисли тобиши рентгенӣ аз ҷисмҳои ношаффоф гузаштаанд ва фотолаваҳаро тирагун кардаанд. Беккирел гумон кард, ки ин тобиш бо таъсири тобиши Офтоб ба вучуд меоянд. Аммо боре, феввали 1896, вақте ки абр Офтобро панаҳ мекард, \bar{u} имкони таҷриба кардан наёфт ва фотолаваҳаро дар даруни миз гузошта, дар рӯяш як чалипо (салиб)-и мисини уранолуд ниҳод. Ва \bar{u} пас аз ду рӯз фотолаваҳаро падидаи оварда, дид, ки сатҳи он ба шакли чалипо тирагун аст. Ин нишони он буд, ки *намакҳои уран худбахуд, бе таъсири ягон омил берунӣ ким-чи хел нур афкандаанд.*

Пажӯҳиши бесаброна, вале пурмахсул оғоз ёфт. Албатта, агар ин тасодуфи дилпазир рӯй намедод ҳам, падидаи радиоактивият ба яқин ошкор карда мешуд. Аммо, аз афташ, ин хеле дер муяссар мегардид.

Дере нагузашта Беккирел ошкор сохт, ки тобиши уранӣ мисли тобиши рентгенӣ хаворо ион-ион (ионизатсия) ва электроскопро хунсо (бемарка) мекунанд. \bar{U} пайвастагиҳои гуногуни кимиёии уранро санҷида, ба ин гуна хулосаи муҳим омад: шиддати тобиш танҳо ба миқдори урани таркиби намакҳо вобаста аст ва навъи пайвастагиҳо тамоман вобастагӣ надорад. Пас, хулосаи гирифт Беккирел, ин хусусият на хоси пайвастагиҳо, балки хоси уран, хоси атомҳои уран мебошад.

Баъди ин кашфиёт ба миён овардани суоли зайл табиӣ буд: оё унсурҳои кимиёии дигар низ қобилияти худбахуд нур афкандан надоранд? Соли 1898 Мария Склодовская Кюри дар Фаронса ва муҳикиқони дигар тобиши торийро ошкор сохтанд. Дар давраи минбаъда дар роҳи ҷустуҷӯи унсурҳои нав М.Склодовская-Кюри

ва ҳамсари \bar{y} П.Кйурй кӯшиши зиёде кардаанд. Тадқиқи мурағтаби маъданҳои урандор ва торийдор онҳоро имкон дод, ки унсурҳои то он дам номаълумро ошкор созанд. Ин унсур ба шарафи ватани М.Склодовская-Кйурй – Полша (Лаҳистон) *полоний* ном гирифт. Онҳо унсурҳои дигаре низ кашф карданд, ки сели тобишаш ба сепид буд. Онро *радий* (яъне тобон) ном ниҳоданд. Худи падидаи худбахуд нур афкандани моддаси Кйуриҳо *радиоактивият* номиданд, ки маънои *партавзоӣ* дорад.

Радий соҳиби массаи атоми нисбии 226 аст ва дар ҳонаи 88-уми ҷадвали унсурҳои кимиёии Менделеев ҷой дорад. Ин ҳонаи ҷадвал то рӯзи кашфи унсурҳои номбурда ҳолӣ буд. Радий аз рӯи хосиятҳои кимиёии худ ба унсурҳои ишқорзамини мансуб мебошад.

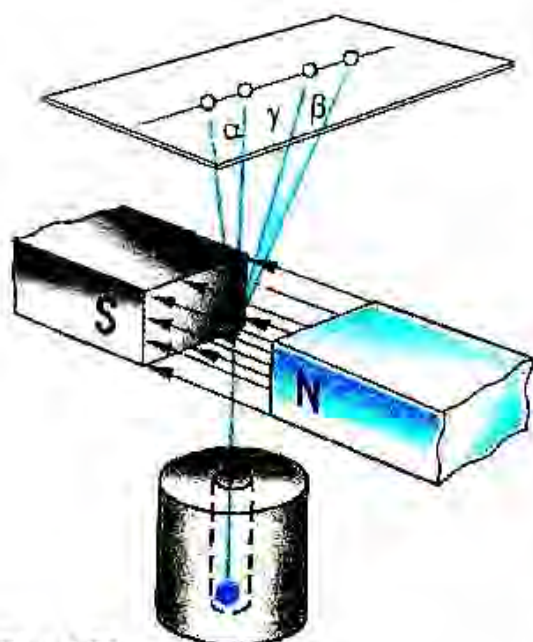
Дар давраи минбаъда маълум шуд, ки ҳама унсурҳои кимиёии рақами тартибиашон $Z > 82$ радиоактив, яъне партавзо ҳастанд.

* * * * *

Дар охири а.ХІХ падидаи нави физикӣ – падидаи радиоактивият кашф гардид. Ва маълум шуд, ки баъзе унсурҳои кимиёӣ худбахуд, бе таъсири берунӣ нур (нурҳои гуногун) меафкананд.

§78. Алфа-, бета- ва гамма-тобиш

Баъди кашфи унсурҳои кимиёии радиоактив тадқиқи табиати физикӣ нурҳои афкандани онҳо оғоз ёфт. Гайр аз Беккерел ва Кйуриҳо ба ин ҷустуҷӯ Резерфорд низ ҳамроҳ шуд.



Рас.178.

Таркиби мураккаб доштани тобиши радиоактивӣ дар таҷрибаи классикӣ зайл ба исбот расид. Манбаъи радиоактиви радийдорро дар қазри сӯроҳи борики хоначаи сурбӣ ҷой дода, дар муқобили он сӯроҳ фотолаваҳа гузошанд. Дастаи зарраҳои аз сӯроҳ бароянда ба майдони магнитии пурзӯре дохил мешафт, ки хатҳои индуксия (яъне хатҳои илқо)-и он нисбат ба самти даста амудона равона буд (рас.178).

Склодовская-Кйурй Мария (1867-1934) – физикдон ва кимиёдони барҷаста. Дар Лаҳистон, дар оилаи омӯзгор зода шудааст. Дар Фаронса кор кардааст. Ӯ нахустин профессорзани Донишгоҳи Париж буд.

М.Склодовская-Кйурй ҳамроҳи ҳамсараш П. Кйурй ду унсури нави радиоактив — радий ва полонийро кашф карда, хосиятҳои онҳоро омӯхтааст. Таҳияи нахустин усули классикии коркард ва таҳлили конҳои уран, таҳқиқи нахустин изотопҳои радиоактив, хосиятҳои тобиши радиоактивӣ ва таъсири онҳо ба ҳуҷайраҳои зинда ва ғ. бо номи ӯ алоқаманданд.

Склодовская-Кйурй бо ду мукофоти нобелӣ – аз физика ва кимиё сарфароз гардонда шудааст.



Дастгоҳи таҷриба дар чойи беҳаво (вакуум) чойгир буд.

Маълум шуд, ки дар сурати вучуд надоштани майдони магнитӣ дар фотолавҳа (баъди палид овардани тасвир) танҳо як доғ (дар ростии даҳони сӯроҳ) пайдо мешавад. Аммо дар майдони магнитӣ дастаи нурҳо се тақсим мешавад. Ду ҷузъи даста ба тарафҳои муқобили якдигар майл мехӯранд. Ин далел буд, ки он ҷузъҳо аз зарраҳои гуногунбарқа (гуногунзаряд) иборатанд. (Зимнан, ҷузъи манфии даста назар ба ҷузъи мусбат зиёдтар майл меид). Ҷузъи сеюми даста дар майдони магнитӣ майле надид. Ҷузъи мусбати дастаро алфа-тобиш (α -тобиш), ҷузъи манфии онро бета-тобиш (β -тобиш) ва ҷузъи хунсоро гамма-тобиш (γ -тобиш) номиданд.

Ин нурҳо аз ҷиҳати қобилияти нуфуз, яъне қобилияти аз дохили моддаҳои гуногун гузарандагии худ фарқи куллӣ доранд. Алфа-тобиш соҳиби камтарин қобилияти нуфуз аст. Коғазӣ ғафсиаш ҳамагӣ 0,1 мм барои алфа-тобиш ношаффоф аст. Агар дар роҳи нурҳои аз сӯроҳи хоначаи сурбӣ бароянда як варақ коғазӣ муқаррарӣ гузошта шавад, дар фотолавҳа доғи хоси α -тобиш пайдо намешавад.

Бета-тобиш дар мавриди аз дохили моддаҳо гузаштан назар ба алфа-тобиш хеле кам фурӯ бурда мешавад. Лавҳаи алюминӣ онҳоро танҳо дар сурати чанд миллиметр будани ғафсиаш пурра фурӯ мебарад.

Гамма-тобиш қобилияти нуфузи зиёдтарин доранд. Дарачаи фурӯбурди γ -тобиш ба андозаи афзудани рақами атоми моддаи фурӯбаранда зиёд мешавад. Аммо қабати сурбии ғафсиаш як сантиметр барои гамма-тобиш садди ногузаштанӣ буда наметавонад. Дар сурати аз ин гуна садд гузаштани γ -тобиш шиддати онҳо ин ё он дараҷа кам мешаваду бас.

Табиати физикии алфа-, бета ва гамма-тобиш гуногун аст, албатта.

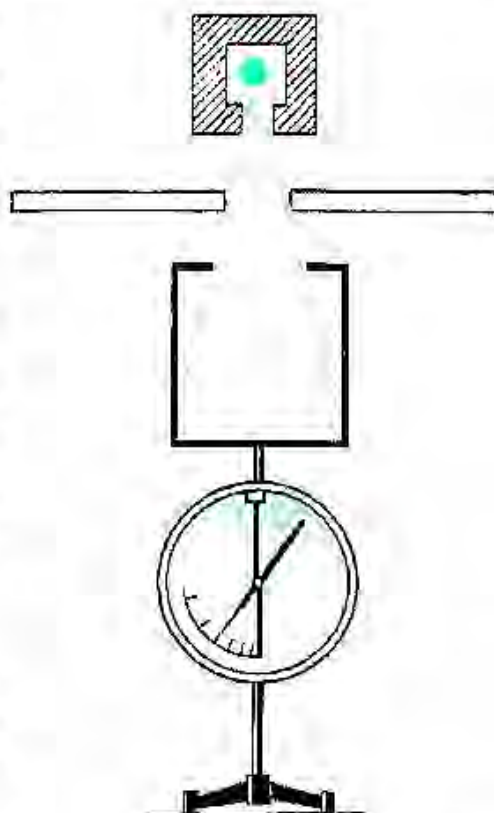
Гамма-тобиш. Хосиятҳои гамма-тобиш ба хосиятҳои тобиши рентгенӣ бисёр монандӣ доранд, аммо қобилияти нуфузи гамма-тобиш назар ба тобиши рентгенӣ хеле баланд аст. Ин он гуна фикрро пеш меорад, ки γ -тобиш мавҷҳои электромагнитӣанд. Ҳамаи ин шакку шубҳа он гоҳ аз байн рафт, ки дифраксияи γ -тобиш ошкор гардид ва дарозии мавҷи ин тобиш дар таҷриба чен карда шуд. Дарозии мавҷи гамма-тобиш 10^{-8} - 10^{-11} см баромад, яъне гамма-тобиш назар ба тобиши рентгенӣ ҳам кӯтоҳмавҷ-таранд.

Дар шкала (микрос)-и мавҷҳои электромагнитӣ γ -тобиш бевосита пас аз тобиши рентгенӣ меояд. Суръати гузариши γ -тобиш баробари суръати гузариши мавҷҳои электромагнитӣ, яъне 300 000 км/с аст.

Бета-зарраҳо. Аз ибтидои тадқиқот алфа- ва бета-тобиш чун сели зарраҳои барқаманд муойина мешуданд. Омӯзиши таҷрибавии бета-зарраҳо осонтар буд, зеро онҳо ҳам дар майдони магнитӣ ва ҳам дар майдони электрикӣ саҳт майл меҳӯрданд.

Масъалаи асосӣ чен кардани барқа (бори электрикӣ) ва массаи зарраҳо буд. Таҳқиқи надидаи дар майдонҳои электрикӣ ва магнитӣ майл хӯрдани β -зарраҳо нишон дод, ки онҳо ба ҷуз электронҳо чизи дигаре нестанд ва бо суръатҳои наздики суръати вакуумии рӯшноӣ ҳаракат мекунанд. Ҷолиби диққат аст, ки β -зарраҳои афкандаи унсурҳои радиоактив суръати гуногун доранд. Маҳз ҳамин аст, ки дастаи бета-зарраҳо дар майдони магнитӣ васеъ мешавад (ниг. рас.178).

Алфа-зарраҳо. Табиати алфа-зарраҳоро дарк кардан мушкилтар буд, зеро онҳо дар майдонҳои электрикӣ ва магнитӣ кам майл меҳӯрданд.



Рас.179.

Ин масъаларо Резерфорд ҳал кард. \bar{U} нисбати барқай зарраро бар масса (чирм)-и он аз рӯйи дараҷаи дар майдони магнитӣ майл хӯрдани он муъайян кард. Ин нисбат барои алфа-зарра назар ба протон (ҳастаи атоми ҳидроген) тақрибан ду бор камтар баромад. Барқай протон ҳамчени барқай бунёдӣ, яъне ҳамчени барқай электрон аст, вале массааш назар ба массаи электрон хеле зиёд, тақрибан як воҳиди атомии масса (ВАМ)¹ мебошад. Пас, барои алфа-зарра бар як барқай бунёдӣ массаи баробар ба ду ВАМ рост меояд. Аммо барқа ва массаи алфа-зарра ҳанӯз маълум набуданд. Пас, дар навбати аввал барқа ё массаи α -зарраро чен кардан мебоист. Баробари пайдо шудани ҳисобгиракҳои Гейгер маҳз барқай α -зарраҳо чен кардан осонтар ва эътимодноктар буд. Агар ҳисобгирак даричае дошта бошад, ки монети ҳаракати α -зарраҳо нагардад (яъне бағоят тунук бошад), ин зарраҳо ба даруни ҳисобгирак даромада ва сабт шуда метавонанд.

Резерфорд ҳисобгиракҳои Гейтерро дар роҳи α -зарраҳо гузошта, адади зарраҳоеро чен кард, ки онҳоро манбаи радиоактив дар муддати муъайян хориҷ мекунанд. Баъд \bar{U} ба ҷойи ҳисобгирак силиндри филизие гузошта, онро бо электрометри ҳассосе пайваст (рас.179). Резерфорд ба воситаи электрометр адади α -зарраҳоеро чен кард, ки онҳоро манбаъ дар ҳамон муддат ба даруни цилиндр равона мекунанд. (Радио-активияти бисёр моддаҳои дар ин маврид истифодашуда бо мурури замон қариб тағйир намепазируфт). Барқай умумии зарраҳо ва адади онҳоро дониста, Резерфорд нисбати ин бузургҳо, яъне барқай як α -зарраро ёфт. Ин барқа ҳамчени ду барқай бунёдӣ (барқай элементарӣ) баромад.

Ҳамин тариқ, Резерфорд дарёфт, ки ба сари ҳар яке аз ду барқай воҳидии α -зарра массаи баробар ба ду воҳиди атомии масса рост меояд. Ба иборати дигар, α -зарра ду воҳид барқа (бори электрикӣ) дораду чаҳор воҳид масса (тақрибан 4 ВАМ). Ҳамин гуна барқа ва ҳамин гуна массаро ҳастаи атоми ҳелий соҳиб аст. Аз ин ҷо бармеояд, ки α -зарра ҳастаи атоми ҳелий будааст².

Ин бурхон қотей буд. Аммо Резерфорд бо он қаноъат накарда, баъдтар бо таҷрибаҳои бевосита собит сохт, ки ҳангоми рӯй додани

¹Массаи зарраҳо, атомҳо ва молекулаҳо бо воҳидҳои атомии масса (ВАМ) ифода мекунанд. 1ВАМ ба 1/12 ҳиссаи массаи изотопи ¹²C ё худ ба $(1,66043 \pm 0,00031) \cdot 10^{-27}$ кг баробар аст. (С. Қ.).

²Он вақт (даҳсолаи аввали а.ХІХ) ҳастаи атом ҳанӯз кашф нашуда буд. Аз ин рӯ Резерфорд ба ҷойи ҳастаи атоми ҳелий истилоҳи «иони атоми ҳелий»-ро истифода мекард.

α -коҳиши радиоактивӣ (ниг. §79) ҳелий ҳосил мешавад. Ҷ дар бадали чанд рӯз α -зарраҳоро дар зарфи махсусе захира карда, ба воситаи таҳлили тайфӣ (таҳлили спектрӣ) дарёфт, ки дар зарф ҳелий чамъ мешавад (ҳар як α -зарра ду электрон рабуда, ба атоми хунсои ҳелий табдил меёбад).

* * * * *

Дар коҳиши радиоактивӣ α -зарраҳо (ҳастаҳои атоми ҳелий), β -зарраҳо (электронҳо) ва γ -тобиш (тобиши электромагнитии кӯтоҳмавҷ) афканда мешаванд.



1. Табиати α -зарраҳоро дарк кардан назар ба дарки хосиятҳои β -зарраҳо душвортар буд. Сабаби ин дар чӣ буд?
2. (Иловаи тарҷумон). Резерфорд барқии α -зарраҳоро чӣ тавр муайян кард?

§79. Табдилоти радиоактивӣ

Хуб, модда гоҳи коҳиши радиоактивӣ чӣ тағйирот мебинад? Дар ибтидои а. ХХ ба ин пурсиш посух додан осон набуд. Ҳанӯз дар оғози таҳқиқи падидаи радиоактивият бисёр чиз аҷоиб ва ғайриодӣ менамуд.

Аввалан, суръати тобиши нурафкании уран, торий ва радий ба дараҷаи тааҷҷубангез собит (дойимӣ) буд. Шиддати тобиши онҳо дар тӯли шаборӯзҳо, моҳҳову солҳо ба қадри назаррас тағйир намеёфт. Гарм кардан ё зиёд кардани фишор ворӣ омилҳои муқаррарӣ ба шиддати тобиш асаре надошт. Воқунишҳои кимиёе ҳам, ки бо иштироки ин моддаҳои радиоактив рӯй медоданд, ба шиддати тобиш дигаргунӣ ворид намесошт.

Сониян, пас аз кашфи радиоактивият дере нагузашта рӯшан гашт, ки дар ин маврид ғайри тобишҳои гуногун энергияи зиёде низ хориҷ мешавад. П.Кйурӣ ампули пури хлориди радийро дар калориметр ҷой дода, муайян кард, ки дар натиҷаи дар калориметр фуру рафтани энергияи алфа- ва бета-зарраҳову гамма-квантҳои афкандаи 1 г радий ҳар соъат тақрибан 582 Ҷ энергия ҷудо мешавад. Ва ин миқдор энергия дар тӯли солҳо бефосила ҷудо шудан мегирад.

Ин энергия, ки пайдоиши он ба асари омилҳои беруна вобастагӣ надорад, аз кадомин сарчашма ба вуҷуд меояд? Аз афташ, моддаи

радиоактив дар натиҷаи коҳиши радиоактивӣ ким-чӣ ҳел тағйироти чуқуре мебинад, ки он аз табдилоти муқаррарии кимиёӣ ба кулӣ фарқ мекунад. Ва тахмине ба миён омад, ки табдилот бо «ташаббус»-и худӣ атомҳо рӯй медиҳад.

Ҳозир ин фикр касеро дар вартаи ҳайронӣ намеандозад, зеро ҳар хонандаи мактаб дар бораи он ҳанӯз пеш аз омӯхтани хатхонӣ огоҳӣ ёфта метавонад. Аммо дар ибтидои а.ХХ ин фикр ғайриодӣ менамуд ва барои изҳор кардани он чуръати беҳамто доштан мебоист. Он вақтҳо мавҷудияти атомҳо навакак ба таври раднопазир собит гардида буд. Тахмини чандин аср пеш аз замони мо изҳоркардаи Демокрит дар бораи сохти атомӣ доштани модда тантана кард.

Вале якбора баъди ин тантана масъалаи тағйирнопазирии атомҳо мавриди шакк қарор гирифт.

Мо ин ҷо ҳама таҷрибаҳоеро, ки охири охирон муҳаққонро ба хулосаи дуруст оварданд - ин ки дар натиҷаи коҳиши радиоактивӣ атомҳо силсилаи табдилоти гуногунро «аз сар мегузаронанд», баён накарда, танҳо дар сари нахустин таҷрибаҳои таваққуф мекунем, ки онҳоро Резерфорд оғоз карда, баъдҳо ҳамроҳи кимиёдони англис Ф. Соддӣ идома додааст.

Резерфорд ошкор сохт, ки фаъолияти торий (яъне адади алфа-зарраҳои дар воҳиди вақт афкандани торий) дар ампули маҳкам собит мемонад. Вале агар макони таҷриба таҳти сели хатто сусти ҳаво қарор дода шавад, радиоактивияти торий хеле кам мешавад. Резерфорд гумон бурд, ки торий дар баробари α -зарраҳо газе низ хориҷ мекунад, ки он ҳам радиоактив аст.

Баъд Резерфорд ҳавоӣ ампули торийдорро кашида, гази радиоактивро ҷудо кард. \bar{U} аз таҳқиқи фаъолияти ионофарандагии ин газ хулоса гирифт, ки фаъолияти ин газ (бар хилофи фаъолияти уран ва радий) хеле зуд кам мешавад; адади коҳишҳои он (дар воҳиди вақт) ҳар дақиқа ду баробар кам мешавад ва баъди даҳ дақиқа аз он амалан асаре намемонад. Ф. Соддӣ хосиятҳои кимиёии ин газро таҳқиқ карда, дарёфт, ки он дар ҳеч гуна воқуниши кимиёӣ иштирок намекунад, яъне гази нофаъол (гази инертӣ) мебошад. Баъдҳо ин газро *радон* номиданд. Ҷойи он хонаи 86-уми ҷадвали Менделеев аст.

Унсурҳои радиоактиви дигар – уран, актиний ва радий ҳам паёнаӣ табдил меёфтанд. Хулосаи умумии пажӯҳишро Резерфорд ин гуна шакли дақиқ дод: «Атомҳои моддаи радиоактив қобили *тағйироти худбахуд* мебошанд. Дар ҳар лаҳзаи вақт қисми

муъайяни атомҳо нопойдор шуда, таркишсон коҳиш меёбад. Дар аксари кулли мавридҳо як пораи атом – алфа-зарра бо суръати хеле баланд берун андохта мешавад. Дар баъзе мавридҳои дигар дар натиҷаи таркиш электрони баландсуръат хориҷ мегардад ва тобише ба вучуд меояд, ки мисли тобиши рентгенӣ қобилияти баланди нуфуз дорад – ин тобиш *гамма-тобиш* ном гирифт.

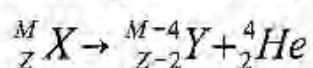
Хулоса, дар натиҷаи табдилоти атомӣ моддаи нава ба вучуд меояд, ки бо хосиятҳои физикиву кимиёии худ аз моддаи ибтидоӣ ба кулли фарқ мекунад. Аммо худи ин моддаи нава нопойдор аст ва тобиши ба худ хосе дорад¹.

Яқин гашт, ки атомҳои баъзе унсурҳо худбахуд коҳиш ёфта, он миқдор энергия меафкананд, ки он назар ба энергияи дар натиҷаи тағйироти муқаррарии молекулаи хориҷшаванда бағоят зиёд мебошад».

Ҳамоно баъди кашфи ҳастаи атом рӯшан гашт, ки *сабабгори табдилоти радиоактивӣ* маҳз ҳамин ҳаста мебошад. Дарвоқеъ, дар қишри электрони атом α -зарра мавҷуд нест ва ба як воҳид кам шудани адади электронҳо атомро на ба унсури кимиёии нава, балки ба ион табдил медиҳад. Вале аз ҳаста хориҷ гаштани электрон барқои ҳастаро як воҳид тағйир медиҳад (зиёд мекунад).

Хулоса, *радиоактивият падидаи худбахудии табдили ҳастаҳои радиоактив ба ҳастаҳои нави дигар аст, ҳодисаест, ки дар натиҷаи он ҳаста ин ё он нави зарра меафканад.*

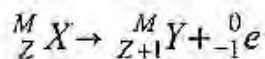
Қоидаи кӯчиш. Табдилоти ҳастаҳо тобеи *қоидаи кӯчиш* ном қоидаест, ки онро бори нахуст Соддӣ баён кардааст: дар α -коҳиш барқои ҳаста ба қадри 2е ва массааш ба қадри тақрибан чаҳор воҳиди атомии масса кам мешавад – дар натиҷа унсури маҳсул ду хона сӯйи ибтидоӣ чадвали даврӣ мекӯчад. Ин нуктаро ба воситаи рамзҳо чунин ифода кардан мумкин аст:



Ин ҷо унсур бо рамзҳои маъмулии кимиёӣ ишорат шудааст: дар тарафи чапи рамзи унсур дар шакли шохис (индекс)-и поёнӣ барқои ҳаста сабт мешаваду дар шакли шохиси болоӣ – массаи атомӣ. Чунончи, водороди рамзи ${}^1_1 H$ дорад. Барои α -зарра (ҳастаи атоми ҳелий) ишорати ${}^4_2 He$ қабул шудааст ва ғ.

Дар бета-коҳиш ҳаста электрон меафканад – дар натиҷа барқои ҳаста як воҳид меафзояд, вале массааш қариб бетағйир мемонад:

¹Дар ин маврид ҳастаҳои пойдор низ ба вучуд омада мегарданд.



Ин чо ${}^0_{-1} e$ ишорати электрон аст: шохиси «0» нишон медиҳад, ки массаи электрон назар ба як воҳиди атомии масса ночиз аст. Баъди β -коҳиш унсур як хона сӯйи поёни ҷадвали даврии унсурҳо мекӯчад.

Дар афканиши гамма-квант барқои ҳаста тағйир намеёбад; массаи ҳаста низ дар ин маврид хеле кам тағйир меёбад.

Қоидаҳои кӯчиш нишон медиҳанд, ки дар коҳиши радиоактивӣ барқа ба дурустӣ бобако аст ва массаи атомии нисбии ҳаста тақрибан бақо дорад.

Ҳастаҳои нави дар натиҷаи коҳиши радиоактивӣ пайдошуда (дар навбати худ) низ радиоактив буда метавонанд.

* * * * *

Дар коҳиши радиоактивӣ табдили ҳастаҳои атомӣ рӯй медиҳад.



1. Дар коҳиши радиоактивӣ кадом қонунҳои ба шумо маълуми бақо риёоя мешаванд?
2. (Иловаи тарҷумон). Дар сурати аз ҳастаи атом хориҷ гардидани электрон барқои ҳаста як воҳид зиёд мешавад. Шумо инро чӣ шарҳ медиҳед?

§80. Қонуни коҳиши радиоактивӣ. Даври нимкоҳиш

Падидаи коҳиши радиоактивӣ тобеъи қонуни омор (қонуни статистикӣ) мебошад.

Резерфорд табдилоти ҳастаҳои радиоактивро таҳқиқ карда, бо роҳи таҷрибавӣ дарёфт, ки фаъолияти он моддаҳо бо мурури замон тағйир меёбад. (Аз ин хусус дар банди пешина сухан рафт). Чунончи, фаъолияти радон пас аз 1 дақ аллакай ду бор кам мешавад¹. Фаъолияти уран, торий ва радий ворӣ унсурҳои радиоактив низ бо мурури замон мекоҳад (кам мешавад), аммо ин коҳиш бағоят оҳиста аст. Барои ҳар як моддаи радиоактив фосилаи муъайяни вақте вучуд дорад, ки дар он фаъолият ду бор кам

¹Аслан ин чо гап на дар бораи худӣ радон, балки дар бораи торон ном изотопии он меравад, ки ишорати ${}^{220}\text{Rn}$ дорад ва даври нимкоҳишаш қариб 1 дақ (55,6 с) аст. (С.Қ.).

мешавад. Ин фосила даври нимкоҳиши ном гирифтааст.

Даври нимкоҳиши T фосилаи вақтест, ки дар тӯли он нисфи адади мавҷудани атомҳои радиоактив мекоҳад. Дарвоқеъ, фаъолияти манбаъро дар натиҷаи ду тақсими баробар кардани он ҳам ду бор кам кардан мумкин аст.

Коҳиши фаъолият, яъне кам шудани адади коҳишҳо дар воҳиди вақт барои яке аз моддаҳои радиоактив дар рас.180 тасвир ёфтааст. Даври нимкоҳиши ин модда 5 шабонарӯз аст.

Акнун бубинем, ки қонуни коҳиши радиоактивиро чӣ тавр ифода кардан мумкин аст. Бигзор адади атомҳои радиоактив дар лаҳзаи аввали вақт ($t=0$) N_0 бошад. Он гоҳ пас аз муддати баробар ба як даври нимкоҳиш ин адад баробари $N_0/2$ мешавад. Пас аз як даври дигар ин баробари

$$\frac{1}{2} \frac{N_0}{2} = \frac{N_0}{4} = \frac{N_0}{2^2}$$

мешавад. Пас аз муддати $t = nT$, яъне пас аз n даври нимкоҳиш ин миқдор атоми радиоактив боқӣ мемонад:

$$N = N_0 \frac{1}{2^n}$$

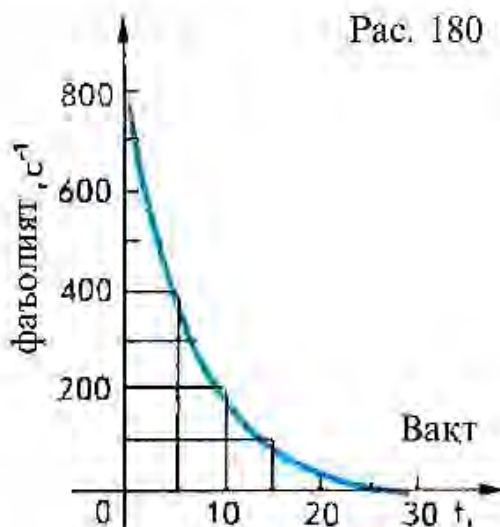
ё ин, ки азбаски $n = t/T$ аст, пас

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} \quad (10.1)$$

Ҳамин аст ифодаи риёзии қонуни коҳиши радиоактивӣ. Аз рӯйи ин ифода адади атомҳои то ин ё он лаҳза нокоҳидаи радиоактивро муъайян мекунанд.

Даври нимкоҳиш бузургии асосиест, ки суръати коҳиши радиоактивиро ифода мекунад. Ҳар қадре ки даври нимкоҳиш кам бошад, атомҳо муддати ҳамон қадр кӯтоҳтар мезиянд (нокоҳида боқӣ мемонанд), яъне коҳиш ҳамон қадр зудтар рӯй медиҳад. Даври нимкоҳиш барои моддаҳои радиоактиви гуногун қиматҳои бисе гуногун дорад. Мисол, даври нимкоҳиши урани ${}^{238}_{92}\text{U}$ тақрибан $4,5 \cdot 10^9$ сол аст. Маҳз ҳамин аст, ки фаъолияти уран солҳои сол қариб бе тағйир мемонад. Даври нимкоҳиши радий ${}^{226}\text{Ra}$ назар ба уран хеле кам – ҳамагӣ 1600 сол аст. Ҳамин аст, ки радий назар ба ҳамон миқдори уран фаъолияти хеле зиёд дорад. Унсурҳои радиоактиве низ мавҷуданд, ки даври нимкоҳиши миллионяки

Рас. 180



сония ё камтар аз он мезиянд.

Барои аз рӯйи формулаи (10.1) муъайян кардани даври нимкоҳиш адади ибтидоии атомҳои N_0 -ро дониста, адади атомҳои нокоҳида N -ро барои ин ё он фосилаи вақти t ёфтаи мебоҷад.

Худи қонуни коҳиши радиоактивӣ бисе сода аст. Вале маъноии физикии онро фаҳм кардан осон нест. Дарвоқеъ, мувофиқи ин қонун дар ҳар яке аз фосилаҳои вақт ҳамон як ҳиссаи атомҳои мавҷуда (дар муддати як даври нимкоҳиш нисфи атомҳо) мекоҳад. Пас, бо мурури замон суръати коҳиш ҳеҷ тағйир намеёбад.

Атомҳои радиоактив «пир» намешаванд. Масалан, атомҳои радон, ки аз коҳиши радий ба вучуд меоянд, чӣ дар лаҳзаҳои пайдоиши худ ва чӣ баъди 10 дақиқаи тавлиди худ имкони якхелаи коҳиш ёфтаи доранд. Коҳиши ҳар як ҳаста – ин, содатар гӯем, на «марг аз пирӣ», балки «фалокати ногаҳонист» дар «ҳаёти» он. Мафҳуми сини барое атомҳо (саҳеҳтар гӯем, барои ҳастаҳо)-и радиоактив маънӣ надорад. Барои онҳо танҳо умри миёнаи атомҳои радиоактив τ маъноии рӯшан дорад.

Муддати мавҷудияти атомҳои алоҳида аз ҳиссаҳои сония то миллиардҳо сол буда метавонад. Масалан, атоми уран метавонад, ки миллиардҳо сол қарор хоҳада, ногаҳон битаркад, бо вучуде, ки атомҳои ҳамсояҳои он наметавонанд, ки миллиардҳо соли дигар қарор бихобанд. Умри миёна τ – ин қимати миёнаи арифметикӣ (ҳисобӣ), умри адади ба қадри кофӣ зиёди ҳамон як навъи атомҳо ва бо даври нимкоҳиш T чунин алоқаманд аст:

$$\tau \approx 1,4T \quad (10.2)$$

Лаҳзаҳои коҳиши атоми алоҳидаро пешгӯӣ кардан имкон-нопазир аст. Танҳо дар бораи умри миёнаи атомҳои таркиби маҷмӯъии сератом сухан рондан маънӣ муъайян дорад. Қонуни коҳиши радиоактивӣ адади атомҳои маҳз ба ҳисоби миёна дар ин ё он фосилаи вақт коҳандаро муъайян мекунад. Вале майл аз қимати миёна ба ин ё он дараҷа ҳамеша вучуд дорад ва ҳар қадре ки адади атомҳои маҷмӯъ (чунончи, адади атомҳои радиоактиви манбаъ) кам бошад, ин майл ҳамон қадр зиёд хоҳад буд. Қонуни коҳиши радиоактивӣ қонуни оморӣ (қонуни статистикӣ) мебошад¹.

Дар бораи қонуни коҳиши радиоактивии адади ками атомҳо ба таври муъайян муҳокима рондан беҳуда аст, зеро ин қонун танҳо

¹Яъне танҳо барои адади зиёди атомҳои радиоактив дуруст аст (С.Қ.).

барои маҷмӯи иборат аз адади зиёди атомҳои таҳқиқ-шаванда рӯоя мешавад.



1. *Ҳисобгирак бета-зарраҳои манбаи радиоактиви камфаъолиятро сабт мекунад. Оё фосилаҳои байни импульсҳои сабткардаи ҳисобгирак баробар меоянд?*
2. *(Иловаи тарҷумон). Мо гуфтем, ки атомҳои радиоактив «пир» намешаванд. Ин чӣ маънӣ дорад?*

§81. Изотопҳо

Омузиши падидаи радиоактивият кашфиёти муҳимро боис гардид, ки он бо табиати ҳастаҳои атомӣ алоқаманд аст.

Чунон ки аз мушоҳидаи адади зиёди табдилоти радиоактивӣ оҳиста-оҳиста рӯшан гашт, моддаҳои мавҷуданд, ки бо вучуди хосиятҳои кимиёии қомилан якхела доштан соҳиби хосиятҳои ба қуллӣ гуногуни радиоактивиянд (яъне бо тарзҳои гуногун хоҳиш меёбанд). Онҳоро бо ҳама усулҳои мавҷудаи кимиёӣ ҷудо кардан муяссар нагардид. Дар ҳамин замина с.1911 Соддӣ тахмин кард, ки атомҳои аз ҷиҳати кимиёӣ ҳамхосият, вале аз ҷиҳати дигар (масалан) аз ҷиҳати радиоактивият гуногунхосият мавҷуданд – ин унсурҳоро дар ҳамон як ҳонаи ҷадвали даврии Менделеев ҷой додан мебояд. Соддӣ онҳоро *изотоп* номид (аз юн. *isos* – баробар, монанд ва *topos* – ҷой, яъне унсурҳои, ки ҳамон як ҷойро ишғол мекунанд).

Баъди як сол, вақте ки Ч.Ч. Томсон массаи ионҳои неонро бо усули дар майдонҳои магнитӣ ва электрикӣ майл додани онҳо чен кард, гуфтаи Соддӣ ба қуллӣ тасдиқ гашт ва шарҳ ёфт. Қисми зиёди онҳо массаи атомии нисбии 20 ва қисми хеле қамшон массаи 22 доранд. Ҳамин аст, ки массаи атомии нисбии омехта 20,2 мешавад. Атомҳои соҳиби ҳамон як хосиятҳои кимиёӣ дорои массаи гуногун буда метавонистанд. Табиъист, ки ҳарду навъи неон дар ҷадвали Менделеев ҳамон як ҳонаро ишғол мекунанд, яъне изотоп мебошанд.

Ҳамин тариқ, изотопҳо на танҳо бо хосиятҳои радиоактивӣ, балки *бо массаи худ низ фарқ мекунанд*. Зимнан, рӯшан гашт, ки маҳз фарқи массаҳо муҳим аст. Барқои ҳастаҳои атомҳои изотопҳо, ки адади электронҳои атомӣ ва аз ин рӯ хосиятҳои кимиёии атомҳоро ифода мекунанд, баробаранд. Вале массаи ҳастаҳои

изотопҳо аз якдигар фарқ доранд.

Ҳастаҳо пойдор ҳам буда метавонанд нопойдор ҳам. Тафовути хосиятҳои радиоактивии изотопҳо бо он алоқаманд аст, ки ҳастаҳои онҳо массаи гуногун доранд.

Холо собит шудааст, ки ҳама унсурҳо изотоп доранд. Аммо на ҳама унсурҳо изотопи пойдор доранд. Баъзеи онҳо танҳо изотопҳои нопойдор (яъне изотопҳои радиоактив) доранд. Вазнинтарин унсури табиӣ – уран ҳам чанд изотоп дораду (массаи атомии нисбиашон 238, 235, 234) сабуктарин унсур – ҳидроген ҳам (массаи атомии нисбиашон 1, 2, 3).

Изотопҳои ҳидроген шоёни тавачҷӯханд, зеро массаи онҳо аз якдигар ду ё се бор фарқ мекунанд. Изотопи массаи атомии нисбиаш 2 *дейтерий* ном гирифтааст. Дейтерий пойдор аст (яъне радиоактив нест). Миқдори он дар омехтаи изотопҳои ҳидроген ба се кам – ҳамагӣ 1:4500 мебошад.

Дар натиҷаи бо оксиген омезиш ёфтани дейтерий *оби вазнин* ном обе ҳосил мешавад, ки хосиятҳои физикии он аз хосиятҳои оби муқаррарӣ фарқи намоён доранд. Дар фишори атмосферии мӯътадил ин об дар ҳарорати $101,2^{\circ}\text{C}$ меҷӯшаду дар ҳарорати $3,8^{\circ}\text{C}$ ях мебандад.

Изотопи дигари ҳидрогенро, ки массаи атомии нисбиаш 3 аст, *третий* мегӯянд. Ин изотоп бета-радиоактив мебошад (яъне электрон меафканад) ва даври нимкоҳиши тақрибан 12,3 сол дорад.

Мавҷудияти изотопҳо нишон медиҳад, ки барқои ҳастаи атом на ҳама хосиятҳои он, балки танҳо хосиятҳои кимиӣ ва ҳамон хосиятҳои физикии атомро муъайян мекунанд, ки онҳо (чунончи, андозаҳои атом) ба сарҳади қишри электронӣ вобастаанд. Вале қимати саҳеҳи масса ва хосиятҳои радиоактивии атомро аз рӯи рақами тартибии он (дар чадвали унсурҳо) муъайян кардан муҳол аст.

Дақиққорона чен кардани массаи атомии изотопҳо нишон дод, ки массаи атомии нисбии изотопҳо ба ададҳои том наздиканд. Аммо массаи атомии унсурҳои кимиӣ дар баъзе мавридҳо аз ададҳои том хеле фарқ мекунанд. Чунончи, массаи атомии хлор 35,5 аст. Ин он гуна маънӣ дорад, ки дар ҳолати табиӣ моддаи (аз ҷиҳати кимиӣ) пок иборат аз омехтаи изотопҳоест, ки ҳиссаи онҳо дар офариниши масса гуногун мебошад. Ба адади том наздикӣ доштани массаи атомии нисбии изотопҳо барои рӯшан кардани сохти ҳастаи атом ба се муҳим буд.

* * * * *

Ҳама унсурҳои кимиёӣ изотоп доранд. Ҳастаҳои атомии изотопҳо барқои якхела, вале массаи гуногун доранд.



1. (Иловаи тарҷумон). Изотопҳои ҳидроген аз якдигар бо кадом ҷиҳати худ фарқ мекунанд?
2. Оё барий, ки массаи атомии нисбиаш 137,34 аст, изотоп дорад?

§82. Кашфи нейтрон

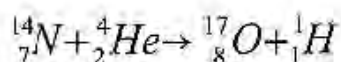
Дар роҳи инкишофи физикаи ҳастаи атом кашфи нейтрон (с. 1932) оғози марҳалаи муҳиме буд.

Табдили сунъии ҳастаҳои атомӣ. Ҳастаи атомро ба таври сунъӣ бори нахуст с.1919 Э.Резерфорд табдил додааст. Ин акнун кашфи тасодуфӣ набуд.

Азбаски ҳастаи атом манзума (система)-и бисе пайдор мебошад ва азбаски **на** ҳароратҳои баланду **на** фишорҳои баланд ва **на** майдонҳои электрикӣ ва магнитӣ ба ҷараёни табдили унсурҳо ва ба суръати коҳиши радиоактивӣ асаре надоранд, Резерфорд пай бурда тавонист, ки барои хароб кардан ё табдил додани ҳаста энергияи зиёде зарур аст. Он вақтҳо воситаи беҳтарин α -зарраҳо буданд, ки дар натиҷаи коҳиши радиоактивӣ ба вуҷуд меомаданд.

Нахустин ҳастае, ки ба таври сунъӣ табдил дода шуд, ҳастаи атоми нитроген 1_7N буд. Резерфорд нитрогенро бо α -зарраҳои афкандаи радий алфаборон карда, ошкор сохт, ки дар натиҷаи ин ҳастаҳои атоми ҳидроген – *протонҳо* ба вуҷуд меоянд.

Дар тарҷибаҳои нахустин протонҳо бо усули шараршуморӣ (усули синтиллатсияҳо) ба ҳисоб гирифта мешуданд. Бино бар ин санҷишҳо чандон саҳеҳ набуданд. Аммо баъди чанд сол табдили нитроген дар камераи Вилсон мушоҳида карда шуд. Ҳастаҳои нитроген тақрибан ҳар як α -зарраи 50 000-уми афкандаи манбаи радиоактивро (ки дар даруни камера ҷой дошт) фуру бурда, ба ҳастаи оксиген табдил меёфтанд:



Дар рас.181 яке аз фотосуратҳои ин рӯйдодҳо тасвир ёфтааст. Дар тарафи



Рас.181.

чапи сурат душохагие ба назар мерасад, ки шоҳаи гафси он хоси ҳастаи оксиген асту шоҳаи борикаш-хоси протон. Радд (пай, из)-и алфа-зарраҳои дигаре, ки дар расм падида омадаанд, ростхаттаанд зеро онҳо бо ҳастаҳои нитроген барнахӯрдаанд.

Бо таъсири α -зарраҳо табдил ёфтани ҳастаҳои фтор натрий алюмин ва ғ.-ро муҳаққиқони дигар ошкор кардаанд. Аз ҳамаи ин ҳастаҳо бо таъсири α -зарраҳо протон хориҷ мегардад. Вале ҳастаҳои вазнин (ҳастаҳои охири чадвали унсурҳо) бо таъсири α -зарраҳо табдил намеёфтанд. Рӯшан буд, ки баркаи бузурги онҳо α -зарраҳои истифодашавандаро ба ҳаста наздик шудан намонд.

Кашфи нейтрон. Соли 1932 дар таърихи физикаи ҳастаи атом воқеаи бисе муҳим ба вуқӯъ пайваст – он сол Ч. Чэдвик (ҳамкори Резерфорд) заррае кашф кард, ки он *нейтрон* ном гирифт.

Дар сурати алфаборон кардани бериллий протон ба вучуд намеомад. Вале дар ин маврид тобише мушоҳида мешуд, ки қобилияти зиёди нуфуз дошт ва аз варақаҳои сурбии гафсиашон 10-20 см гузашта метавонист. Гумон рафт, ки ин тобиш гӯё гамма-квантҳои баландэнергия бошанд. Ирен Жолио-Кӯурӣ (духтари Мария ва Пйер Кӯурӣ) ва ҳамсари ӯ Фредерик Жолио-Кӯурӣ ошкор карданд, ки агар дар роҳи тобиши бериллий лавҳаи парафинӣ гузошта шавад, қобилияти ионофарии он нурҳо якбора меафзояд. Онон дуруст тахмин карданд, ки тобиши бериллий аз парафин (ки моддаи серҳидроген аст) протонҳоро зада мебаранд. Жолио-Кӯуриҳо ба воситаи камераи Вилсон (тарҳи таҷриба дар рас. 18) омадааст) ин протонҳоро ошкор сохта, аз рӯи дарозии дави онҳо энергияшонро баҳодод карданд. Агар гӯем, ки протонҳо дар натиҷаи ба онҳо задани гамма-квантҳо шитоб гирифтаанд, пас энергияи ин квантҳо мебоист бисе зиёд – қариб 55 МэВ (миллион электронвольт) мебуд. Ҳамон с. 1932 Чэдвик дар камераи Вилсон радд (пай)-и ҳастаҳои бо зарраҳои бериллийӣ бархӯрдаи нитрогенро мушоҳида кард.

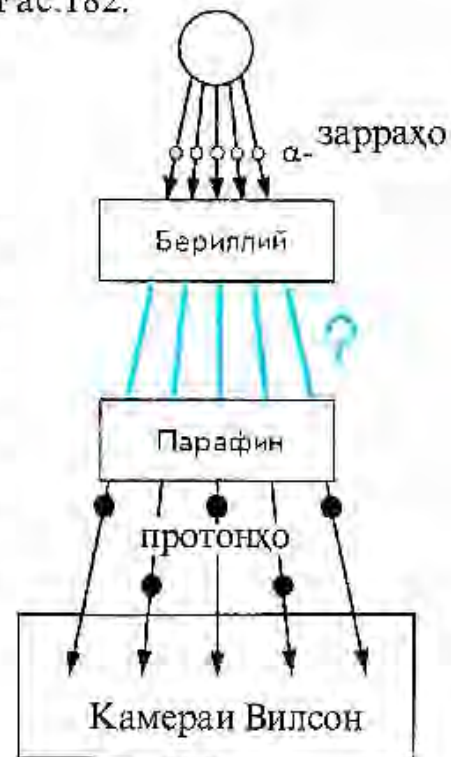
Аз рӯи баҳододи ӯ энергияи гамма-кванте, ки ҳастаи нитрогенро суръати мутобиқ ба суръати мушоҳидашуда мебахшад бояд камаш 90 МэВ бошад. Мушоҳидаи ҳастаҳои акибрафтаи аргон дар ҳамон гуна шароит рақами боз ҳам зиёдтар – 150 МэВ дод.

Ҳамин тариқ, муҳаққиқон пайдоиши ин ҳастаҳоро натиҷаи бархӯрди онҳо ба зарраҳои маҳрум аз массаи оромиш (гамма-квантҳо) пиндошта, ба муҳолифати ошкоро бархӯрданд: тавре ба назар мерасид, ки гӯё ҳамон як навъи гамма-квантҳо дар ҳақ

маврид энергияи ҳарҳела дошта бошанд.

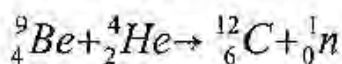
Рӯшан гашт, ки тахмини муҳаққиқон дар бораи он ки гӯё беррилий гамма-квант меафканда бошад, заминаи мантиқӣ надорад. Ҳамчунин рӯшан гашт, ки бериллий бо таъсири α -зарраҳо ким-чӣ хел зарраҳои вазнин меафканад, зеро протонҳо ё ҳастаҳои нитроген ва аргон маҳз дар натиҷаи бо зарраҳои вазнин бархӯрдан соҳиби энергияи зиёд гардида метавонанд. Азбаски ин зарраҳо қобилияти баланди нуфуз доштанду газро бевосита ионида (ионизатсия карда) наметавонистанд, хулоса гирифта шуд, ки онҳо зарраҳои хунсо (яъне бепарқа) мебошанд. Ин фаҳмост, зеро агар онҳо хунсо намебуданд, бо моддаҳо таъсири мутақобили зӯр медоштанд ва аз ин рӯ энергияи худро басе зуд сарф мекарданд.

Рас.182.



Зарраи нав *нейтрон* ном гирифт. Буди онро ханӯз с. 1920 Резерфорд пешгӯӣ карда буд. Массай нейтронҳоро аз рӯи энергия ва импулси ҳастаҳои бо онҳо бархӯрда муайян кардаанд. Массай ин зарра назар ба массай протон, ки $1836,1 m_e$ аст (m_e - массай электрон) андак зиёдтар – $1838,6 m_e$ баромад.

Дар натиҷаи дар ҳастаи бериллий фуру рафтани α -зарра воқуниши зайл рӯй медихад:



Ин ҷо ${}^1_0\text{n}$ рамзи нейтрон аст; массай нисбии нейтрон тақрибан як воҳиди атомии масса асту барқай он баробари сифр.

Нейтрон зарраи нопадор аст: нейтрони озод (он ки аз ҳастаи атом берун аст) бо даври нимкоҳиши 11,3 дақ мекоҳад ва як протону як электрону як *нейтрино* ном зарраи бемассай оромиш ба вучуд меоварад.



Нейтрон зарраест, ки барқа (бори электрикӣ, заряди электрикӣ) надорад. Массай нейтрон назар ба массай протон ба қадри 2,5 массай электрон афзунтар аст. Ин зарра нопадор мебошад ва бо даври нимкоҳиши тақрибан 11,3 дақ мекоҳад.



1. Чарост, ки нейтрон дар натиҷаи бархӯрди ростакӣ бо протон энергияи худро битамом ба он медиҳаду дар бархӯрд бо ҳастаи нитроген – таиҳо қисми онро?
2. (Иловаи тарҷумон). Нейтрон чӣ тавр кашф шудааст?

§83. Сохти ҳастаи атом. Қувваҳои ҳастаӣ

Дафъатан пас аз кашфи нейтрон олими рус Д.Иваненко ва олими олмонӣ В. Хайзенберг беҳабар аз якдигар модели протонӣ-нейтронии ҳастаҳои атомиро пешниҳод карданд, ки он дар тадқиқоти ояндаи табдилоти ҳастаӣ тасдиқ гардид ва ҳоло ҷойи шакку шубҳа надорад.

Модели протонӣ-нейтронии ҳастаи атом. Мувофиқи модели протонӣ-нейтронӣ ҳаста аз ду навъ зарра – аз протонҳо ва нейтронҳо таркиб меёбад.

Адади протонҳои таркиби ҳаста ба адади электронҳои қишри электрони атом баробар аст, зеро атом ҷамъан хунсо (яъне сифрибарқа) мебошад. Пас, адади протонҳои ҳаста ба рақами атомии унсури кимиёӣ (дар ҷадвали Менделеев Z баробар аст.

Ҷамъи адади протонҳои ҳаста Z ва нейтронҳои он N , яъне

$$Z + N = A \quad (10.3)$$

адади *массавӣ* (яъне адади *чирмӣ*) ном гирифтааст. Азбаски массаи протон ба массаи нейтрон наздик аст ва ҳар яки онҳо тақрибан баробари як воҳиди атомии масса мебошад, пас, адади *массавӣ* ба массаи атомии нисбии то адади том яклухтшудаи унсур баробар меояд (массаи электронҳои таркиби атомро дар ин муқоиса ба эътибор нагирифта мумкин аст, зеро он назар ба массаи ҳаста ҳазорҳо бор кам аст). Барои муъайян кардани ададҳои *массавӣ* асбобҳои *массасанҷии* махсусе истифода мешаванд, ки саҳеҳияти баланд доштани онҳо ҳатмӣ нест.

Изотопҳо гуфта ҳастаҳоеро мефаҳманд, ки миқдори протонҳои он Z баробар аст, миқдори нейтронҳои он N (ё адади *массавӣ* A) гуногун.

Қувваҳои ҳастаӣ. Азбаски ҳастаҳо бисёр пайдоранд, пас, протонҳои нейтронҳои онҳо андаруни ҳаста бояд бо қувваҳои пурзӯр алоқаманд бошанд. Чигунаанд ин қувваҳо?

Пешакӣ метавон гуфт, ки қувваҳои ҳастаӣ қувваҳои ҷозиба

естанд (кувваҳои ҷозоба бағоят сустанд). Ин кувваҳо кувваҳои электромагнитӣ низ нестанд, зеро онҳо дар байни зарраҳои амбарка – протонҳо ҳам вучуд доранду дар байни зарраҳои аз ҷиҳати электрикӣ хунсо – нейтронҳо ҳам.

Пас, дар байни зарраҳои даруниҳастай – протонҳову нейтронҳо онҳоро аксаран нуклон мегӯянд) кувваҳои махсус амал мекунанд. Ҷоми онҳо худбахуд ёфт шуд – *кувваҳои ҳастай*.

Хуб, хосиятҳои асосии кувваҳои ҳастай чигунаанд?

Кувваҳои ҳастай назар ба кувваҳои электрикӣ (ё худ кувваҳои кулонӣ) тақрибан сад бор қавитаранд. Ва умуман, онҳо пурзӯртарин кувваҳои табиъатанд. Ҳамин аст, ки таъсири мутақобили зарраҳои ҳастаиро *таъсири мутақобили зӯр* меноманд.

Таъсири мутақобили зӯр бо таъсири мутақобили нуклонҳои таркиби ҳаста маҳдуд намешавад. Ин нави махсуси таъсири мутақобил аст ва дар баробари *таъсири мутақобили электромагнитӣ* бисёр зарраҳои бунёди хос мебошад.

Хосияти дигари муҳими кувваҳои ҳастай ин аст, ки онҳо кӯтоҳтаъсиранд. Кувваҳои электромагнитӣ бо афзоиши масофа нисбатан оҳиста кам мешаванд ва доираи зуҳуроти онҳо номаҳдуд мебошад, ҳол он ки кувваҳои ҳастай (чунон ки ҳанӯз аз таҷрибаҳои Резерфорд рӯшан буд – ниг. §72) танҳо дар масофаҳои ҳамчени андозаи ҳаста, яъне дар масофаҳои 10^{-12} - 10^{-13} см зохир мегарданд. Ҳаста, маҷозан гӯем, «пахлавонест бағоят кӯтоҳдаст».

Назарияи микдории кувваҳои ҳастай ҳанӯз чандон мукамал нест. Бисёр ҷиҳатҳои сохтмони ин назария дар ҳамин 10-15 соли охир рӯшан гаштааст.

* * * * *

Ҳастаҳои атомӣ аз протонҳо ва нейтронҳо таркиб ёфтаанд. Ин зарраҳо дар ҳаста бо кувваҳои қавитарини табиъат – бо кувваҳои ҳастай ниғаҳдорӣ мешаванд.



1. (Иловаи тарҷумон). Кӯтоҳтаъсир будани кувваҳои ҳастай зуҳуроти чист?
2. Шумо боз чӣ гуна хосиятҳои асосии кувваҳои ҳастаиро медонед?
3. (Иловаи тарҷумон). Оё мавҷудияти дейтрон (ҳастаи атоми дейтерий) бурҳони қотеъе буда метавонад, ки дараҷаи зӯрии кувваҳои ҳастай ба барқои нуклонҳои мутақобилтаъсиркунанда вобастагӣ надоранд?

Мафҳуми энергияи бандиши ҳаста дар саросари физикаи ҳаста мақоми бағоят муҳим дорад. Энергияи бандиш шарҳи пойдории ҳастаҳоро осон мегардонад, имкон медиҳад, ки сабаби хориҷ гардидани энергияи дохилиҳастаӣ ба ҳибӣ дарк шавад.

Нуклонҳоро андаруни ҳаста қувваҳои тавоноии ҳастаӣ нигоҳ медоранд. Барои аз ҳаста кандани нуклон (протон ё нейтрон) кори зиёде иҷро кардан, яъне ба ҳаста энергияи зиёде додан мебоянд.

Энергияи бандиши ҳаста гуфта энергияеро фаҳмидан мебоянд, ки барои ба нуклонҳои алоҳида таҷзия (ҷузъ-ҷузъ) кардани ҳаста зарур аст. Дар заминаи қонуни бақои энергия инчунин метавон гуфт, ки энергияи бандиш ба энергияе баробар мебошад, ки дар натиҷаи аз нуклонҳои алоҳида таркиб ёфтани ҳаста хориҷ мегардад.

Энергияи бандиши ҳастаҳо бисе бузург аст. Хуб, онро чӣ тавр муъайян кардан мумкин аст?

Дар замони ҳозира, ки назарияи миқдории қувваҳои ҳастаӣ мукаммал нест, ба таври назарӣ ҳисоб кардани энергияи бандиш (мисли он ки энергияи бандиши электронҳоро ҳаста ёфта мешавад) бас душвор аст. Бо вучуди ин, ҳисобҳои тақрибӣ имконпазиранд, ба шарте ки массаи ҳаста камубеш дақиқкорона муъайян бошад. Он гоҳ дар сурати истифода кардани таносуби эйнштейнии байни масса ва энергия, яъне

$$E = mc^2 \quad (10.4)$$

энергияи бандиши ҳар гуна ҳастаро ёфтан (ба маъноии баҳодод кардан) имконпазир ва осон аст.

Дақиқтарин санҷишҳои массаи ҳастаҳо нишон медиҳад, ки *массаи ороиши ҳаста M_x назар ба ҷамъи массаҳои ороиши протонҳоро нейтронҳои таркибдиҳандаи он ҳамеша кам аст:*

$$M_x < Zm_p + Nm_n \quad (10.5)$$

Дар ин маврид, чунон ки мегӯянд, *каммади масса* вучуд дорад: фарқи массаҳои $\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_x$ мусбат мебошад. Аз ҷумла барои ҳелий ^4He массаи ҳаста назар ба массаи ду протону ду нейтрон ба қадри 0,75% кам аст. Пас, барои як мол ҳелий $\Delta M =$

0,03 г хоҳад буд.

Кам шудани масса гоҳи аз протонҳову нейтронҳо ташкил ёфтани ҳаста он гуна маънӣ дорад, ки дар ин маврид энергияи ин манзумаи нуклонҳо ба қадри энергияи бандиш E_b кам мешавад, яъне:

$$E_b = \Delta M c^2 = (Zm_p + Nm_n - M_x)c^2 \quad (10.6)$$

хоҳад буд. Аммо энергияи E_b ё массаи ΔM дар ин сурат кучо мешаванд?

Дар мавриди аз нуклонҳо ташкил ёфтани ҳаста ба сабаби танҳо дар масофаҳои кӯтоҳ вучуд доштани қувваҳои ҳастай ин зарраҳо бо шитоби хеле зиёд сӯйи якдигар меоянд. Гамма-квантҳои дар ин маврид хориҷшаванда соҳиби энергияи маҳз E_b ва ин миқдор масса мешаванд:

$$\Delta M = \frac{E_b}{c^2}$$

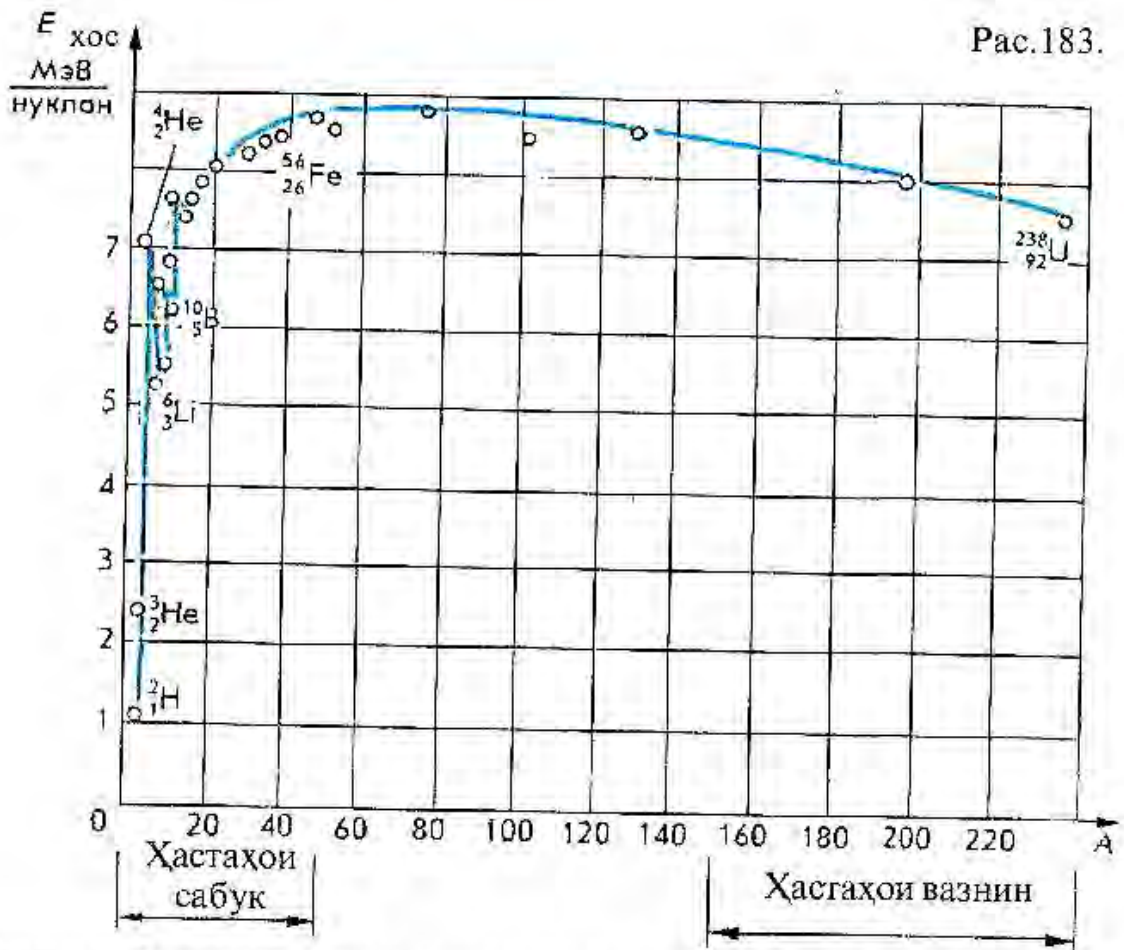
Дар бораи он ки энергияи бандиш бағоят бузург аст, мисоли зайл шаҳодат медиҳад: аз ташаккули 4 г ҳелий он қадр энергия ҷудо мешавад, ки хангоми сӯхтани 1,5 – 2 вагон ангиштсанг хориҷ мегардад.

Маълумоти бисе муҳим дар бораи хосиятҳои ҳастаҳо аз таҳқиқи вобастагии *энергияи бандиши хос* ё, хубтараш, *энергияи бандиши веза* (энергияи бандише, ки ба сари як зарраи ҳастай рост меояд) ба адади массавӣ A ба даст меояд. Онро бо роҳи таҷрибавӣ муъайян мекунанд.

Аз рас.183 ба хубӣ аён аст, ки сарфи назар аз ҳастаҳои сабуктарин энергияи бандиши хос барои аксари кулли ҳастаҳо тақрибан доимӣ ва баробари 8 МэВ/нуклон мебошад. Ин аз энергияи бандиши электрону ҳастаи ҳидроген, ки ба энергияи иониш (ионизатсия), баробар аст қариб миллион бор зиёд аст.

Хатти қачи дар ин расм тасвиршуда дар соҳаи ададҳои массавии $A=50-60$, яъне дар соҳаи оҳан ва унсурҳои ба он наздик максимуми норавшане дорад. Энергияи бандиши хоси баъзе ҳастаҳои ин соҳа ба 8,5–8,6 МэВ/нуклон мерасад. Ҳастаҳои атомҳои ин соҳа пайдортаринанд.

Энергияи бандиши хоси як нуклони ҳастаҳои вазнин бо зиёд шудани адади нуклонҳо A аз он сабаб кам мешавад, ки баробари зиёд шудани адади нуклонҳо адади протонҳои ҳаста низ меафзояд – дар натиҷа қувваҳои талахӯрди кулонии байни протонҳо афзуда,



энергияи бандишро кам мекунанд, зеро қувваҳои кулонӣ зидди қувваҳои ҳастай равонаанд ва ҳастаро майли пора кардан доранд.

Нуклонҳо андаруни ҳастаи атом ба воситаи қувваҳои пурзӯри ҳастай алоқаманданд. Энергияи бандиши хоси як зарраи ҳастаиро аз рӯи камомади массаи ҳаста ёфтан мумкин аст.

- ?** 1. Энергияи бандиши ҳаста чӣ гуна энергия аст?
 2. Сабаб чист, ки ҳастаи мис пойдор асту ҳастаи уран - нопойдор?

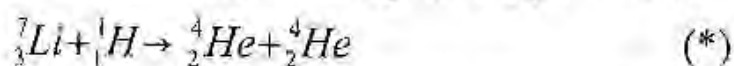
§85. Вокунишҳои ҳастай

Ҳастаҳои атомӣ дар натиҷаи таъсири мутақобил кардан табдил ёфта метавонанд. Дар ин гуна табдилот энергияи кинетикии зарраҳои вокунишкунанда кам ё зиёд шуда метавонад.

Вокуниши ҳастай гуфта тағйротро мефаҳманд, ки дар таъсири мутақобили онҳо бо зарраҳо ё бо ҳастаҳои дигар рӯй медиҳад. Мисолҳои вокунишҳои ҳастаиро шумо дар §82 дида будед.

Вокунишҳои ҳастай он гоҳ рӯй медиҳанд, ки зарраҳо ба ҳаста хеле наздик рафта, ба дойираи таъсири қувваҳои ҳастай даромада тавонанд. Зарраҳои соҳиби барқои якхела аз ҳамдигар тела мехӯранд. Аз ин рӯ зарраи дорои барқои мусбат ба ҳаста ё як ҳаста ба ҳастаи дигар дар сурате наздик рафта метавонанд, ки ба онҳо энергияи кинетикии зиёде бахшида шуда бошад. Ин гуна энергияро, масалан, ба протонҳо ё зарраҳои дигар ё ба ҳастаҳои сабук ба воситаи суръатфизоҳои зарраҳои барқаманд бахшидан мумкин аст. Ин усули шитоб бахшидани зарраҳо назар ба истифодаи алфа-зарраҳои афкандани ҳастаҳои радиоактиви изотопҳои табиӣ пурсамартар аст. Дарвоқеъ, бо ёрии суръатфизоҳо ин зарраҳоро энергияе (тақрибан 10^5 МэВ) бахшидан имконпазир аст, ки он назар ба энергияи алфа-зарраҳо (ба чавраш 9 МэВ) даҳҳо ҳазор бор зиёд аст; дигар ин ки протонҳоро низ истифода кардан мумкин аст (ин зарраҳо дар кохишҳои радиоактивӣ ба вучуд намеоянд ва ғайр аз ин барқои протонҳо назар ба барқои алфа-зарраҳо ду бор кам аст; пас, қувваи телахӯрди онҳо аз ҳаста низ ду бор кам аст); сеюм ин ки ба воситаи суръатфизоҳо зарраҳои назар ба ҳастаи ҳелий вазнинтарро низ энергияи зиёд бахшидан мумкин аст.

Воқеъӣ гардондани нахустин вокуниши ҳастай бо таъсири протонҳои шитобдодаи баландэнергия с.1932 муяссар гашт. Он вақт ҳастаи литий ба ду α -зарра таҷзия карда шуд:



Чунон ки аз фотосурати ин зарраҳо (дар камераи Вилсон) аён аст (рас.184), ҳастаҳои ҳелий мувофиқи қонуни бақои импулс аз рӯйи як ҳатти рост муқобили якдигар меҷаҳанд (импулси протон назар ба импулси α -зарраҳои тавлидшаванда хеле хурд аст ва дар расм «радди по»-и протонҳо зоҳир нагардидааст).

Ҳосили энергияи вокунишҳои ҳастай. Дар вокуниши ҳастаи (*) энергияи кинетикии ҳастаҳои дар ин маврид пайдошудаи ҳелий назар ба энергияи кинетикии протони ба ҳастаи литий зананда ба қадри 7,3 МэВ зиёд аст. Гоҳи табдил ёфтани ҳастаҳо энергияи дохилии онҳо (энергияи бандиш) тағйир меёбад. Дар вокуниши мисолшуда энергияи бандиши ҳосилшудаи нуклонҳо дар ҳастаи ҳелий назар ба ҳастаи литий зиёд аст. Бино бар ин қисми энергияи дохилии ҳастаи литий ба энергияи кинетикии α -зарраҳои ҳосилшаванда табдил меёбад.

Тағйир ёфтани энергияи бандиши ҳастаҳо нишони он аст, ки энергияи оромиши натиҷавии зарраҳову ҳастаҳои вокунишкунанда

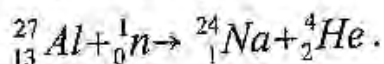
бетағйир на мемонад. Дар воқеъ, энергияи оромиши ҳаста $M_0 c^2$ мувофиқи формулаи (10.6) бевосита бо энергияи бандиш ифода карда шудааст. *Мувофиқи қонуни бақои энергия тағйироти энергияи кинетикӣ дар ҷараёни воқуниши ҳастаӣ ба тағйироти энергияи оромиши зарраҳои воқунишкунанда баробар мебошад.*

Ҳосили энергияи воқуниши ҳастаӣ ба фарқи энергияҳои оромиши ҳастаҳои зарраҳо то ва баъди воқуниш баробар аст. Мувофиқи гуфтаҳои пешинаи мо ҳосили энергияи воқуниши ҳастаӣ инчунин ба тағйироти энергияи кинетикӣ зарраҳои воқунишкунанда баробар мебошад.

Агар энергияи кинетикӣ зарраҳои ҳастаҳо баъди воқуниш назар ба энергияи кинетикӣ то воқуниш доштаи онҳо зиёд бошад, дар натиҷаи воқуниш ин ё он миқдор энергия хориҷ мегардад. Дар акси ҳол барои воқеъӣ гардондани воқуниш энергия сарф кардан лозим меояд – ба иборати дигар, дар ин маврид воқуниш дар натиҷаи фурӯ бурдани ин ё он миқдори энергия рӯй дода метавонад. Дар сурати алфарон кардани ҳастаҳои нитроген (ниг. §82) маҳз ҳамин гуна воқуниш рӯй медиҳад. Дар ҷараёни ин воқуниш як қисми энергияи кинетикӣ (тақрибан 1,2 МэВ) ба энергияи дохилии ҳастаи маҳсул (ҳастае, ки дар натиҷаи воқуниш ҳосил мешавад) табдил меёбад.

Энергияи дар натиҷаи воқуниши ҳастаӣ хориҷшаванда хеле зиёд буда метавонад. Вале онро бо роҳи бо ҳастаҳои таркиби ин ё он ҳадафи беҳаракат бархӯрд додани зарраҳо ё ҳастаҳои шитобғирифта истифода кардан амалан бефоида аст, зеро аксари кулли зарраҳои шитобдида ба ҳастаи ҳадаф норасида, аз паҳлӯи он гузашта мераванд.

Воқунишҳои ҳастаӣ бо шитироки нейтронҳо. Қашфи нейтрон дар роҳи таҳқиқи воқунишҳои ҳастаӣ табодулотӣ кулӣ ворид сохт. Нейтрон барқа надорад ва, аз ин рӯ, ба ҳастаи ҳар гуна атом озодона даромада, дар он ҳар гуна тағйирот ба вучуд оварда метавонад. Чунончи, ин гуна воқуниш имконпазир аст:



Физикдони бузурги италийӣ Э. Ферми нахустин муҳаққиқи воқунишҳои нейтронӣ буд. Ӯ ошкор сохт, ки табдилоти ҳастаиро на танҳо нейтронҳои баландэнергия, балки нейтронҳои сустҳаракат низ воқеъӣ гардонда метавонанд. Зимнан, нейтронҳои сустҳаракат дар аксари мавридҳо назар ба нейтронҳои баландэнергия (ё чунон ки мегӯянд, нейтронҳои саръ) ҳатто пурсамартаранд. Аз ин рӯ

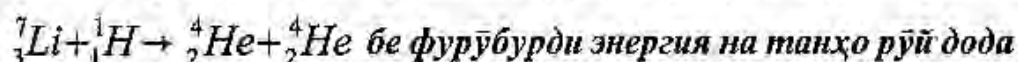
дар баъзе мавридҳо нейтронҳои сареъро суфт кардан зарур меояд. Онҳоро то энергияҳои ҳароратӣ (яъне нейтронҳои энергияшон мутобики энергияи ҳаракати ҳароратӣ барои ҳарорати ҳона, яъне 300 К) дар оби муқаррарӣ суфт кардан осон аст, зеро об дорои адади зиёди ҳастаҳои ҳидроген – протонҳост; массаи протон ба массаи нейтрон қариб баробар аст; ин ҷиҳат аз он рӯ муҳим аст, ки дар бархӯрди зарраҳои баробармасса додугирифтӣ пурсамартарини энергияи кинетикӣ рӯй медиҳад: дар бархӯрди марказии нейтрон бо протони қарор тамоми энергияи кинетикии нейтрон ба протон дода мешавад.

* * * * *

Воқунишҳои бо иштироки ҳастаҳои атомӣ рӯйдиханда бисе гуногунонд. Ҳастаҳо нейтронҳоро аз худ намеронанд (тала намедиханд) ва, аз ин рӯ, нейтронҳо ба даруни ҳастаҳо озодона даромада, табилооти гуногун ба вучуд оварда метавонанд.



1. Рас. 183-ро бодикқат муойина карда, бигӯед, ки чаро воқуниши



метавонад, балки боз миқдори муъайяни энергия хориҷ мегардонад.

2. Ҳосили энергияи воқуниши ҳастаӣ чист?

3. Тафовути воқунишҳои нейтронӣ аз воқунишҳое, ки бо таъсири зарраҳои барқаманд (зарраҳои электрон) рӯй медиҳанд, дар чист?

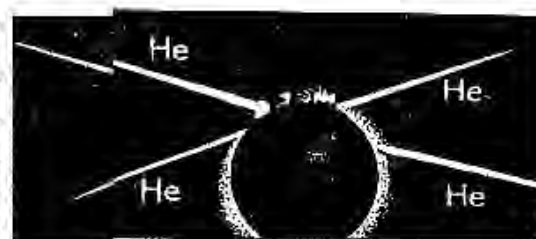
§86. Пора шудани ҳастаҳои уран

Падидаи пора (ё худ 2-3 тақсим) шудан хоси танҳо баъзе ҳастаҳои вазнин аст. Гоҳи пора шудани ҳар як ҳаста ду-се нейтрон ва чанд гамма-квант афканда мешавад ва энергияи зиёде хориҷ мегардад.

Кашфи падидаи пора шудани уран. Порашуди ҳастаҳои уранро с.1938 олимони олмонӣ О. Хан ва Ф. Штрассман кашф кардаанд. Онҳо собит карданд, ки дар сурати нейтронборон кардани уран унсурҳои қисми миёнаи чадвали даврӣ – барий, криптон, лантан ва ғ. ҳосил мешаванд. Аммо шарҳи дурусти ин падида маҳз чун падидаи пора шудани ҳастаи уран аввали с.1939 ба олими англис О.Фриш ҳамроҳи олими австриягӣ Л. Мейтнер муяссар гаштааст.

Пора шудани ҳастаи вазнин аз он сабаб имконпазир аст, ки массаи оромиши ин гуна ҳаста (ҳастаи вазнин) назар ба ҷамъи

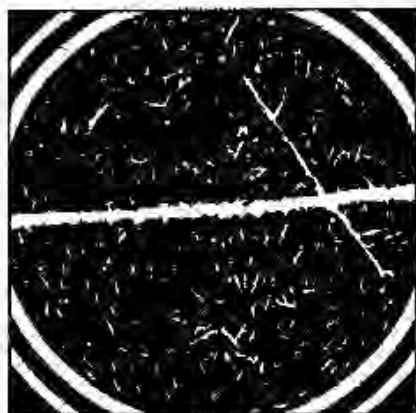
массаҳои оромиши ҳастпораҳои ҳосилшаванда зиёд мебошад. Аз ин рӯ энергияе хориҷ мегардад, ки ба миқдори дар натиҷаи порашуд коштаи массаи оромиш баробар (муъодил) аст. Аммо дар ин маврид массаи пурра бо бақо аст; ҳастапораҳо баробари ба вучуд омадан бо суръатҳои баланд ҳаракат мекунанд ва назар ба ҳолати оромиши худ массаи бештар доранд.



Имкони порашуди ҳастаҳои вазнинро инчунин бо ёрии ҳатти қачи вобастагии энергияи бандиши ҳосил як нуклон ба адади массаи A (ниг. рас.183) шарҳ додан осон аст. Энергияи бандиши ҳосил ҳастаҳои атомҳои охири ҳаҷвали даврӣ ($A \approx 200$) назар ба ҳамин гуна энергияи ҳастаҳои миёнаи системаи даврӣ ($A \approx 100$) тақрибан 1 МэВ камтар мебошад. Аз ин рӯ падидаи ба ҳастаҳои миёнамасса тақсим шудани ҳастаи вазнин «аз ҷиҳати энергӣ босарфа» аст. Ҳаста пас аз пора шудан ба ҳолате мегузарад, ки дар он энергияи камтарин биғирад. Дарвоқеъ, ҳар қадре ки энергияи бандиши ҳаста зиёдтар бошад, дар ташаккули он бояд энергияи ҳамон қадр бештар хориҷ шавад ва аз ин рӯ энергияи дохилии ҳастаи навташқил бояд ҳамон қадр камтар шавад.

Дар натиҷаи пора шудани ҳаста энергияи бандиши ба сари як нуклон ростоянда тақрибан 1 МэВ меафзояд. Пас, энергияи умумии дар ин маврид хориҷшаванда бояд хеле зиёд – тақрибан 200 МэВ бошад. Дар ҳеч воқуниши дигари ҳастаӣ (воқунишҳои бо падидаи порашуд ноалоқаманд) ин миқдор энергияи зиёд хориҷ намегардад.

Санҷиши бевоситаи энергияи дар натиҷаи пора шудани ҳастаи ${}_{92}^{235}\text{U}$ хориҷшаванда нишон дод, ки дар ин сурат дарвоқеъ энергияи баробар ба ≈ 200 МэВ хориҷ мегардад ва қисми зиёди ин энергия (тақрибан 168 МэВ)-ро ҳастапораҳо дар шакли энергияи кинетикӣ бо худ мебаранд.



Рас.185.

Дар рас.185 «радди по»-и ҳастаҳои порашудаи уран (дар камераи Вилсон) тасвир ёфтааст.

Энергияе, ки дар натиҷаи пора шудани ҳастаҳо хориҷ мегардад, табиъати электростатикӣ дорад, на ҳастаӣ. Энергияи кинетикӣ бағоят зиёде, ки ҳастапораҳо соҳиб мегарданд, дар натиҷаи талахӯрди

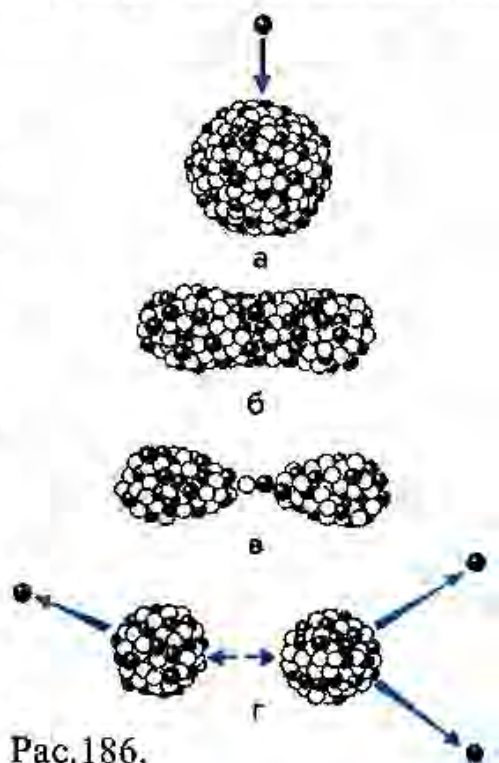
кулонии онҳо пайдо мешавад.

Механизми пора шудани ҳаста. Чараёни пора шудани ҳастаро дар заминаи чакрамоделӣ ҳаста метавон шарҳ дод. Мувофиқи ин модел лаҳти нуклонӣ ба чакраи моеъи барқаманд монандӣ дорад (рас.186,а). Қувваҳои ҳастаии байни нуклонҳо мисли қувваҳои дар байни молекулаҳои моеъ амалкунанда кӯтохтаъсиранд. Андари ҳаста дар баробари қувваҳои бузурги электростатикӣ талахӯрди байни протонҳо, ки ҳамеша ҳастаро майли пора кардан доранд, қувваҳои назар ба онҳо хеле пурзӯри ҳастаӣ низ амал мекунанд, ки хосияти қозибавӣ доранд. Маҳз ҳамин қувваҳо ҳастаро аз вайрон шудан нигоҳ медоранд.

Ҳастаи уран-235 курашакл аст. Ин ҳаста дар натиҷаи фуру бурдани нейтрон ангехта мешавад ва тазйиқ ёфта (ё чунон ки мегӯянд, деформатсия шуда), меёзад ва шакли дарозрӯ мегирад (рас.186,б). Ёзиши ин «чакра» то даме давом мекунад, ки қувваҳои талахӯрди байни ҳиссаҳои ёзидаи он назар ба қувваҳои дар гарданаи «чакра» (рас.186,в) амалкунандаи кашиш зиёд нашаванд. Баъд гарданаи чакра меканад – ҳаста ду пора мешавад (рас.186,г). Ин қисмҳо, ки *ҳастапора* ном гирифтаанд, бо таъсири қувваҳои кулонии талахӯрд аз якдигар бо суръати тақрибан сияки суръати рӯшноӣ дур мешаванд.

Афканиши нейтронҳо гоҳи пора шудани ҳаста. Дар чараёни пора шудани ҳаста, чунон ки гуфтем, ду-се нейтрон ба вучуд меояд. Ин бисе муҳим аст, зеро истифодаи амалии энергияи дохилиҳастаӣ маҳз дар ҳамин замина имконпазир гашт.

Сабаби чанд нейтрони озод афкандани ҳастаи порашавандаро дарк кардан душвор нест. Биёед якчоя мулоҳиза кунем: маълум аст, ки дар ҳастаҳои устувор нисбати адади нейтронҳо бар адади протонҳо (ё худ адади нисбии нейтронҳо) бо зиёд шудани рақами атомӣ меафзояд. Бино бар ин дар ҳастапораҳо адади нисбии нейтронҳо назар ба ҳамин гуна нисбати хоси ҳастаҳои мобайнии чадвали даврӣ қадре зиёдтар меояд. Ҳамин аст, ки ҳаста гоҳи пора шудан чанд нейтрон хориҷ карда, адади



Рас.186.

нисбии нейтронҳои хурдро муътадил мегардонад. Онҳо дорои энергияҳои гуногун – аз чанд МэВ то ададҳои хеле хурди наздики сифр буда метавонанд.

Ҳастапораҳо аксаран массаи нобаробар мегиранд. Онҳо саҳт радиоактиванд, зеро чанд нейтрони зиёдатӣ доранд. Бино бар ин онҳо коҳиш ёфта, дар натиҷаи чанд бета-коҳиш ба изотопҳои пойдор табдил меёбанд.

Ҳастаҳои уран (ва баъзе ҳастаҳои дигар) бе таъсири нейтрон, худбахуд низ пора мешаванд. Ин падида ро с.1940 олимони шӯравӣ Г.Н.Флеров ва К.А.Петржак кашф кардаанд. Даври нимкоҳиши ҳастаҳои уран барои порашуди худбахуд тақрибан 10^{16} сол аст, ки ин назар ба даври нимкоҳиши онҳо бо роҳи алфафיקанӣ қариб ду миллион бор тӯлонитар аст.

* * * * *

Пора шудани ҳастаҳои атомии унсурҳои вазнин аз он рӯ имконпазир мебошад, ки энергияи бандиши хоси ин ҳастаҳо назар ба ҳамин гуна энергияи ҳастаҳои дар натиҷаи ин падида ҳосилшаванда камтар аст.

§87. Вокунишҳои ҳастаии занҷирӣ

Дар натиҷаи пора шудани ҳар як ҳастаи уран ду-се нейтрон ба вуҷуд меояд. Ин имкон дод, ки вокуниши занҷирии порашуди уран амалӣ гардонда шавад.

Ҳар як нейтроне, ки аз ҳастаи порашаванда хориҷ мегардад, дар навбати худ дар ҳастаи ҳамсоя фуру рафта, онро пора карда ва аз он боз ду-се нейтрони дигар ба вуҷуд оварда метавонад; нейтронҳои хориҷкардаи ин ҳастаҳо ҳастаҳои дигарро пора карда метавонанд ва ғ. Дар натиҷа адади ҳастаҳои порашаванда босе зуд меафзояд ва вокуниши занҷирӣ рӯй медиҳад.

Вокуниши ҳастаии занҷирӣ вокунишест, ки дар он зарраҳои вокунишовар (нейтронҳо) чун маҳсули худӣ ҳамин вокуниш ба вуҷуд меоянд.

Дар натиҷаи вокуниши ҳастаии занҷирӣ энергияи зиёде – аз ҳар ҳаста қариб 200 МэВ хориҷ мегардад. Дар натиҷаи пора шудани ҳама ҳастаҳои таркиби 1 г (1 гиром!) уран 23000 кВт-ст энергия хориҷ мешавад – ин баробари миқдори энергияест, ки гоҳи сӯختани 3 т ангишт ё 2,5 т нафт хориҷ мегардад.

Аммо барои амалӣ гардондани вокуниши занҷирӣ на ҳама гуна ҳастаҳои бо таъсири нейтронҳо порашавандаро метавон истифода кард. Ба чанд сабаб аз ҳама ҳастаҳои атомҳои табиӣ танҳо ҳастаҳои атомҳои изотопи уран-235 ($^{235}_{92}\text{U}$) қобили истифода ҳастанд.

Изотопҳои уран. Урани табиӣ асосан аз ду изотоп – ^{238}U ва ^{235}U иборат аст. Изотопи ^{235}U ҳамагӣ 1/140 ҳиссаи изотопи якумро гашкил медиҳад.

Ҳастаҳои ^{235}U ҳам бо таъсири нейтронҳои сарё (нейтронҳои баландэнергия) пора мешаваду ҳам бо таъсири нейтронҳои ҳароратӣ (онҳое, ки энергияи ҳамагӣ 0,025 эВ доранд). Вале ҳастаҳои ^{238}U ганҳо бо таъсири нейтронҳои дорои энергияи камаш 1,1 МэВ пора мешаванд. Тақрибан 60%-и нейтронҳои дар ин маврид ҳосилшаванда ҳамин гуна энергия доранд. Ва тақрибан ҳар як нейтрони панҷум ҳастаи ^{238}U -ро пора мекунадду нейтронҳои боқимондаро ҳастаҳои ҳамин изотоп фуру мебаранд, вале пора намешаванд. Аз ин рӯ дар сурати истифода кардани танҳо изотопи ^{238}U воқеӣ гардондани вокуниши занҷирӣ имконпазир буда наметавонад.

Зариб (коэффисент)-и афзоиши нейтронҳо. Барои воқеӣ гардидани вокуниши занҷирӣ шарт нест, ки ҳар як нейтрон як ҳастаро пора кунад. Барои ин танҳо зарур аст, ки адади миёнаи нейтронҳои дар миқдори муайяни уран пайдошуда бо мурури замон кам нашавад.

Ин шарт дар сурате риёя мешавад, ки зариби афзоиши нейтронҳо бештар аз як ё ақаллан баробари як бошад. *Зариби афзоиши нейтронҳо* гуфта нисбати адади нейтронҳои ин ё он «насли» нейтронҳоро бар адади нейтронҳои «насли» пешина мефаҳманд. Ин чо иваз шудани наслҳои нейтронӣ маҷмӯи падидаҳои пора шуданҳоро ифода мекунад, ки дар онҳо нейтронҳои насли кӯҳна фуру бурда мешаванду ба чойи онҳо нейтронҳои насли нав ба вучуд меоянд.

Агар зариби афзоиши нейтронҳо $k \geq 1$ бошад, адади нейтронҳо бо мурури замон меафзояд ё собит (бетағйир) мемонад ва вокуниши занҷирӣ қатъ намегардад. Барои $k < 1$ адади нейтронҳо бо мурури замон кам мешавад – дар ин сурат вокуниши занҷирӣ имконпазир буда наметавонад.

Бузургии зариби афзоиши нейтронҳо бо чаҳор омили зайл таъйин мешавад.

1) дар ҳастаҳои ^{235}U фуру рафтани нейтронҳои оҳиста ва пора

шудани ин ҳастаҳо; дар ҳастаҳои ^{235}U ва ^{238}U фурӯ рафтани нейтронҳои сарев (баладсуръат) ва пора шудани ин ҳастаҳо;

2) фурӯ рафтани нейтронҳо дар ҳастаҳои ^{235}U ва ^{238}U , вале пора нашудани онҳо;

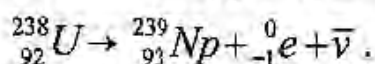
3) аз тарафи ҳастаҳои таркиби маҳсулоти порашуд, моддаи нейтроноҳистакунанда (дар бораи ин суҳан дар пеш аст) ва чузъиёти сохтмони дастгоҳ рабуда шудани нейтронҳо, ва

4) аз моддаи порашаванда берун рафтани нейтронҳо.

Адади нейтронҳо танҳо дар натиҷаи падидаи навъи якум меафзояд (ин асосан аз ҳисоби пора шудани ҳастаҳои ^{235}U рӯй медиҳад). Се падидаи боқимонда боиси кам шудани адади нейтронҳо мегарданд. Воқуниши занҷирӣ дар моддаи иборат аз ҳастаҳои танҳо ^{238}U , чунон ки гуфтем, имконпазир нест, зеро дар ин маврид $k < 1$ мебошад (адади нейтронҳои тавлидшаванда назар ба адади нейтронҳои фурӯраванда кам аст).

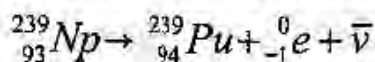
Барои чараёни мӯътадил гирифтани воқуниши занҷирӣ мебояд, ки зарби афзоиши нейтронҳо дар дараҷаи $k=1$ нигоҳ дошта шавад. Ин баробариро ба дурустӣ нигоҳ доштан зарур аст, зеро дар сурати ҳатто $k=1,01$ шудан қариб дафъатан таркиш рӯй медиҳад.

Ҳосил шудани плутоний. Падидаи нейтронро фурӯ бурдан, вале пора нашудани ҳастаи ^{238}U басе муҳим аст. Ин рабоиш боиси ба вучуд ордани изотопи радиоактиви ^{239}U мегардад, ки даври нимкоҳишаш 23 дақ аст ва як электрон афканда, нептуний (нахустин унсури трансурани) ҳосил мекунад:



Ин ҷо $\bar{\nu}$ рамзи *антинейтрино* ном зарраи сабукест, ки ҳамроҳи электрон ба вучуд меояд ва антизарраи нейтрино мебошад.

Нептуний низ устувор нест ва бо даври нимкоҳиши тақрибан 2 рӯз мекоҳад. Дар чараёни ин коҳиш унсури дуҷоми трансурани (яъне унсури баъдиурани дар қадвали даврии унсуриҳо) ҳосил мешавад, ки *плутоний* ном гирифтааст. Ин аст воқуниши коҳиши нептуний ва пайдоиши плутоний:



Плутоний пайдортар аст ва даври нимкоҳиши 24 000 сол дорад. Ҳосияти муҳими ин изотопи плутоний ин аст, ки вай мисли ^{235}U бо таъсири нейтронҳои ҳароратӣ пора мешавад. Пас, плутоний низ чун сӯзишвори ҳастаӣ хидмат карда метавонад: дар натиҷаи воқуниши ҳастаии занҷирии плутонийӣ низ энергияи тақрибан 200 МэВ/ҳаста хориҷ мешавад.

Дар натиҷаи вокунишҳои ҳастаии занҷирӣ энергияи зиёде хориҷ мегардад. Ин гуна вокуниш ба он сабаб имконпазир аст, ки дар натиҷаи пора шудани ҳар як ҳаста беш аз як нейтрон, дақиқтар $k > 1$, ду-се нейтрон ба вуҷуд меояд (яъне адади нейтронҳои тавлидшуда назар ба адади нейтронҳои маҳвшуда зиёдтар аст). Қисми зиёди энергияи дар натиҷаи пора шудани ҳаста хориҷгаштаре дар шакли энергияи кинетикӣ ҳастапораҳо бо худ мебаранд.

- ?** 1. Зариб (коэффициент)-и афзоиши нейтронҳо ба чӣ вобастагӣ дорад?
 2. Барои воқеъӣ гардондани вокуниши ҳастаии занҷирӣ кадом изотопҳо истифода мешаванд?

§88. Реактори атомӣ

Реактори атомӣ (ё реактори ҳастаӣ) дастгоҳест, ки дар он вокуниши ҳастаии занҷирӣ идорапазир воқеъӣ гардонда мешавад.

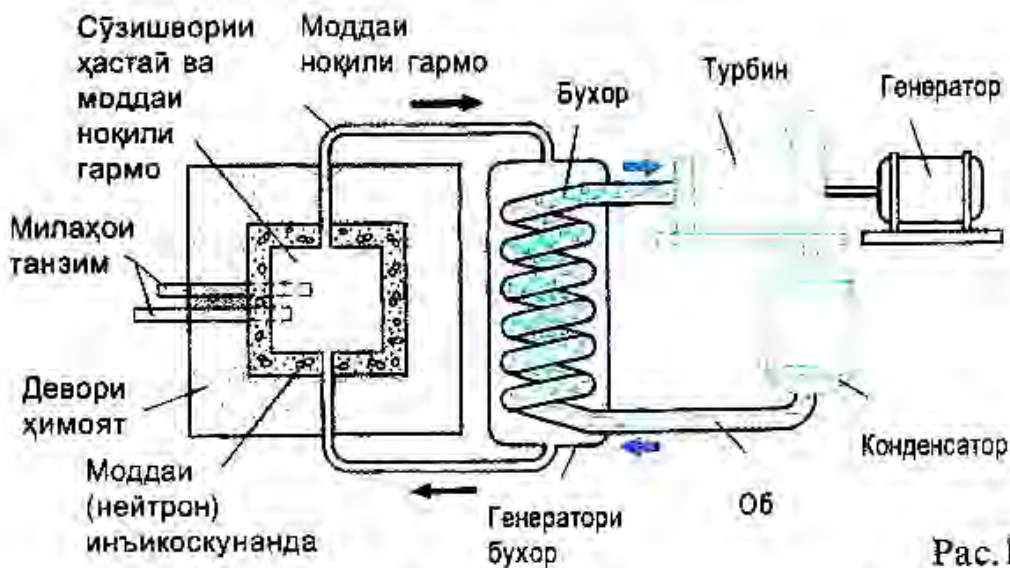
Ҳастаҳои уран, хусусан ҳастаҳои изотопи ^{235}U , аз ҳама хубтар нейтронҳои оҳиста (нейтронҳои ҳароратӣ)-ро мерабоянд. Эҳтимолӣ рабӯиши нейтронҳои оҳиста ва порашудӣ минбаъдаи ҳастаи нейтронхӯрда назар ба ҳамини нейтронҳои сареъ садҳо бор зиёд аст. Бино бар ин дар реакторҳое, ки моддаи сӯзишворӣ урани табиӣ аст, барои зиёд кардани қимати зариби афзоиши нейтронҳо моддаҳои нейтроноҳистакунандаро ба кор мебаранд. Рӯйдодҳое, ки дар реактори атомӣ сурати амал мегиранд, дар рас. 187 тасвир ёфтаанд.

Ҳастаҳои уран, хусусан ҳастаҳои изотопи ^{235}U , аз ҳама хубтар нейтронҳои оҳиста (нейтронҳои ҳароратӣ)-ро мерабоянд. Эҳтимолӣ рабӯиши нейтронҳои оҳиста ва порашудӣ минбаъдаи ҳастаи нейтронхӯрда назар ба ҳамини нейтронҳои сареъ садҳо бор зиёд аст. Бино бар ин дар реакторҳое, ки моддаи сӯзишворӣ урани табиӣ аст, барои зиёд кардани қимати зариби афзоиши нейтронҳо моддаҳои нейтроноҳистакунандаро ба кор мебаранд. Рӯйдодҳое, ки дар реактори атомӣ сурати амал мегиранд, дар рас. 187 тасвир ёфтаанд.

Ҷузъиёти асосии реактори атомӣ. Дар рас.188 речаи дастгоҳи энергиядихандае тасвир ёфтааст, ки «дилаш» реактори атомист. Инҳоанд ҷузъиёти асосии реактори атомӣ: сӯзишвории ҳастаӣ (^{235}U , ^{239}Pu , ^{238}U ва ғ.), моддаи нейтроноҳистакунанда (оби вазнин,



Рас.187.



Рас.188.

оби муқаррарӣ, графит ва ғ.), моддаи ҳомили гармо барои аз кӯраи реактор (зонаи фаъоли реактор) берун баровардани гармо (об, натрийи моеъ ва ғ.) ва олати танзими суръати вокуниш (милаҳои дорои кадмий ё бор ворӣ моддаҳои хубфурӯбарандаи нейтронҳо).

Реактор аз берун бо пӯшиши махсусе чун девори бетони баҳан пӯшида мешавад, то ки нейтронҳоро гамма-квантҳоро боздошта тавонад.

Моддаи нейтроноҳистакунандаи хуб оби вазнин аст (ниг. §80). Оби муқаррарӣ (одӣ) худ нейтронҳоро рабуда, ба оби вазнин табдил меёбад. Графит низ моддаи нейтроноҳистакунандаи хуб аст, зеро ҳастаҳои таркиби он нейтронҳоро фуру намебаранд.

Массаи бӯҳронӣ. Зариб (коэффисент)-и афзоиши нейтронҳо k танҳо он гоҳ баробари як мешавад, ки андозаҳои реактор ва мувофиқан ба он массаи сӯзишвори ҳастай аз ҳадди муъайян – андозаҳои бӯҳронӣ ва массаи бӯҳронӣ зиёд бошанд. Массаи бӯҳронӣ ҳамон миқдори камтарини моддаи порашаванда аст, ки ҷараён гирифтани вокуниши ҳастаии занҷири худнигоҳдорандаро имконпазир мегардонад.

Дар сурати хурд будани андозаҳои реактор таровиши нейтронҳо аз тариқи сатҳи кӯраи реактор (зонаи фаъоли реактор, яъне ҷойе, ки дар он моддаи сӯзишвори ҳастай воқеъ аст) аз ҳад зиёд мешавад. Ба қадри зиёд кардани андозаҳои реактор адади ҳастаҳои порашаванда мутаносибан ба ҳаҷм меафзояду адади нейтронҳои тарованда – мутаносибан ба масоҳати сатҳ. Бино бар ин андозаҳои реакторро зиёд карда, зариби афзоиши нейтронҳо ба $k=1$ расондан мумкин аст. Андозаҳои реактор дар сурате бӯҳронӣ мебошанд, ки адади нейтронҳои дар натиҷаи рабӯиш ва таровиш гумшуда ба адади нейтронҳои дар натиҷаи пора шудани ҳастаҳои

сӯзишворӣ ҳосилшуда баробар ояд. Андозаҳои бӯҳронӣ ва мувофиқан ба он массаи бӯҳронӣ ба навъи сӯзишвории ҳастай, ба навъи моддаи нейтроноҳистакунанда ва сохти реактор бастагӣ доранд.

Барои порчай курашакли урани тозаи ^{235}U массаи бӯҳронӣ (бе моддаи нейтроноҳистакунанда) қариб 50 кг аст. Дар ин сурат радиуси кӯра бояд тақрибан 9 см бошад (зичии уран $19,1 \text{ г/см}^3$ аст). Истифодаи моддаи нейтроноҳистакунанда ва пӯшиши нейтронињикоскунандаи бериллий имкон медиҳад, ки массаи бӯҳронӣ то ба 250 г оварда шавад.

Кори реактор ба воситаи миллаҳои бакадмий ё бабор (миллаҳои дорои унсурҳои кимиёии кадмий ё бор) идора карда мешавад. Агар милаҳо аз кӯраи реактор берун кашида шаванд, $k > 1$ мешаваду агар онҳо ба даруни кӯра дароварда шаванд, $k < 1$ меояд, яъне миллаҳо ба даруни кӯраи реактор дароварда, дар ҳар лаҳза воқуниши занҷириро қатъ гардондан мумкин аст. Реактор ба воситаи компютер аз дур идора карда мешавад.

Реактори сарънейтрон. Реакторҳои ҳам сохта шудаанд, ки бе моддаи нейтроноҳистакунанда ва бо нейтронҳои саръ (нейтронҳои баландсуръат) амал мекунанд. Эҳтимоли бо таъсири нейтронҳои саръ пора шудани ҳаста кам аст. Ҳамин аст, ки реактори сарънейтрон (реактори мутобиқ ба истеъмоли нейтронҳои баландэнергия) бо истифодаи урани табиӣ кор намекунад.

Воқуниш дар ин гуна реактор он гоҳ занҷирӣ мешавад, ки урани истифодашаванда камаш 15% изотопи ^{235}U дошта бошад. Бартарии реактори сарънейтрон ин аст, ки гоҳи кор кардани он ба миқдори зиёд плутоний (яъне моддаи нави сӯзишвории ҳастай) ҳосил мешавад ва ҳосиятҳои ҳастаи он ба ҳамин гуна ҳосиятҳои ^{235}U хеле наздиканд. Ин гуна реакторро *реактори бозтавлидӣ* меноманд, зеро дар он моддаи порашаванда тавлид меёбад. Реакторҳои бунёд ёфта истодаанд, ки зароби бозтавлиди онҳо ба 1,5 мерасад, яъне дар онҳо дар натиҷаи «сӯхтан»-и 1 кг ^{235}U то 1,5 кг плутоний ҳосил мешавад, ҳол он ки дар реакторҳои одӣ зароби бозтавлид ҳамагӣ 0,6 - 0,7 аст.

Нахустин реакторҳои атомӣ. Воқуниши ҳастаи занҷирии пора шудани уран бори нахуст декабри 1942 дар ШМА таҳти роҳбарии Э. Ферми амалӣ гардонда шудааст.

Дар Русия нахустин реактори атомӣ 26 декабри 1946 таҳти роҳбарии олими шӯҳратманди мо И.В. Курчатов ба кор дароварда шуда буд.

Дар кӯраи реактор (зонаи фаъоли реактор) гайр аз сӯзишвории ҳастай боз моддаи нейтроноҳистакунанда ва милаҳои танзими кори реактор чой дода мешаванд. Энергияи дар кӯраи реактор ҳосилшавандаро ба воситаи моддаи ноқили гармо берун мебароранд.



1. *Массаи бӯҳронӣ чист?*
2. *Истифодаи моддаи нейтроноҳистакунанда дар реактори атомӣ чӣ зарурат дорад?*

§89. Вокунишҳои гармоҳастай (термоҳастай)

Як шудани ҳастаҳои сабук боиси хориҷ гардидани энергияи зиёде мегардад.

Массаи оромиши ҳастаи уран-235 назар ба ҳамми массаҳои оромиши ҳастапораҳои ҳосилшаванда бештар аст. Аммо барои ҳастаҳои сабук қор ранги тамоман дигар дорад. Чунончи, массаи оромиши ҳастаи ҳелий назар ба ҳамми массаҳои оромиши ду ҳастаи дейтерий (ки онҳоро қузъҳои таркибии ҳастаи ҳелий пиндоштан мумкин аст) анча кам аст.

Ин он гуна маънӣ дорад, ки дар сурати як шудани ҳастаҳои сабук массаи оромиш кам мешавад ва, пас, дар ин маврид бояд энергияи зиёде хориҷ гардад. Ин навъ вокунишҳои як шудани ҳастаҳои сабук *вокунишҳои гармоҳастай* ном гирифтаанд, зеро онҳо танҳо дар ҳароратҳои баланд рӯй медиҳанд.

Вокуниши гармоҳастай – ин вокуниши як шудани ҳастаҳои сабук дар ҳароратҳои бағоят баланд мебошад.

Барои як шудани ду ҳаста зарур аст, ки онҳо ба якдигар то масофаҳои тақрибан 10^{-12} см наздик шаванд, яъне ба соҳаи зӯхуроти қувваҳои ҳастай дароянд. Телахӯрди қулони ҳастаҳо аз якдигар монеъи ин наздикӣ мегардад. Ин талахӯрдро дар натиҷаи масалан, зиёд кардани энергияи кинетикии ҳаракати ҳарорати ҳастаҳо метавон бартараф сохт.

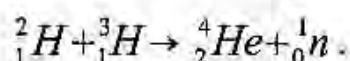
Энергияи дар вокуниши гармоҳастай ба сари ҳар як нуклон ҷудошаванда назар ба энергияи ҳосил дар вокуниши занҷирӣ ҷудошаванда зиёд аст. Чунончи, дар сурати як шудани дейтрон (ҳастаи изотопи вазнини ҳидроген – дейтерий) ва тритон (ҳастаи изотопи абарвазнини ҳидроген – тритий) ба сари ҳар нуклон

тақрибан 3,5 МэВ чудо мешавад, ҳол он ки ҳамин гуна энергия барои вокуниши занчирии уран ҳамагӣ 0,8 МэВ/нуклон аст.

Вокунишҳои гармоҳастай дар тақомули тадриҷии Коинот роли муҳим доранд. Энергияи тобиши Офтобу ситораҳо табиъати гармоҳастай дорад. Аз нигоҳи физикаи муосир дар марҳалаи ибтидоии инкишоф асосан аз ҳидроген иборат мебошад. Ҳарорати даруни ситора ба дараҷае баланд аст, ки рӯй додани вокунишҳои гармоҳастаиро имконпазир мегардонад – ҳамин аст, ки андаруни ситора протонҳо як шуда, ҳастаи ҳелий ҳосил карда метавонанд. Баъд дар натиҷаи як шудани ҳастаҳои ҳелий унсурҳои вазнинтар низ ба вучуд меоянд.

Вокунишҳои гармоҳастай дар тақомули унсурҳои кимиёӣ дар Коинот роли ҳалқунанда доранд. Ин вокунишҳо он қадр энергия хориҷ мегардонанд, ки он ситораҳоро миллиардҳо сол тобон медорад.

Амалӣ гардондани вокунишҳои гармоҳастаии идораша-ванда дар шароити Замин инсониятро манбаъи амалан бепоёни энергия хоҳад дод. Аз ин ҷиҳат вокуниши умедбахш-тарин вокуниши як шудани ҳастаҳои атомҳои изотопҳои ҳидроген – дейтрон ва тритон аст:



Дар натиҷаи ин вокуниш энергияи бағоят зиёд – 17,6 МэВ хориҷ мегардад. Азбаски тритий дар табиъат вучуд надорад, вай бояд дар ҳуди реактори гармоҳастай аз литий ҳосил гардонда шавад.

Чунон ки ҳисобукитоб нишон медиҳад, вокуниш дар сурате босарфа хоҳад буд, ки маводи вокуниш ҳарорати садҳо миллион келвин ва зичии на камтар аз 10^{14} - 10^{15} зарра дар 1 см^3 дошта бошад. Ин гуна ҳароратҳоро усулан дар натиҷаи дар плазма ба вучуд овардани пардаҳт (тахлия, разряд)-и электрикии пурзӯр воқеъӣ гардондан имкон дорад. Ин ҷо душвории асосӣ дар тӯли 0,1 - 1 с нигоҳ дошта тавонистани плазмаи баландҳарорат аст.

Барои ин ҳеҷ гуна «зарфи» моддӣ кор намеояд, зеро дар ин гуна ҳарорат деворҳои он дафъатан бухор мешаванд. Усули ягонаи имконпазир усули дар ҳаҷми маҳдуд ба воситаи майдонҳои магнитии шадид нигоҳ доштани плазма мебошад. Аммо ҳалли ин масъала ба сабаби нопойдор будани плазма то ҳол муяссар нагардидааст. Нопойдории плазма боиси он мегардад, ки қисме аз зарраҳои он дар натиҷаи диффуз аз «деворҳои» магнитӣ берун мезаҳад.

Имрӯз хушбинона метавон умед баст, ки дер ё зуд реакторҳои гармоҳастай мавриди истифода қарор мегиранд. Муҳаққиқони кунунӣ дар роҳи ба даст гирифтани «лаҷом»-и вокунишҳои гармоҳастай комёбиҳо бисёр доранд. Ин гуна тадқиқот таҳти раҳбарии Л. Арсимович ва М. Леонтович оғоз ёфтааст ва ҳоло ба кӯшиши шогирдони онҳо идома дорад.

Ҳоло бошад, танҳо ҳамин муяссар гаштааст, ки вокуниши якшуд (синтез)-и идоранопазири таркишсон дар бомбаи ҳидрогенӣ (бомбаи гармоҳастай) амалӣ гардонда шуда.

* * * * *

Воқеъӣ гардондани вокунишҳои гармоҳастаии идоранопазир ҳалли масъалаи бо гармо (кормоя, энергия) таъмин кардани инсониятро рӯшан месозад. Вале вокунишҳои гармоҳастаии идоранопазир дар бомбаҳои ҳидрогенӣ, марги инсониятро боис гардида метавонанд. Худо нишон надихад!



1. Сабаб чист, ки вокуниши як шудани ҳастаҳои сабук танҳо дар ҳароратҳои абарбаланд имконпазир буда метавонад?
2. Ҳам дар натиҷаи пора шудани як ҳастаи вазнин ва ҳам дар натиҷаи як шудани ду ҳастаи сабук энергия хориҷ мегардад. Шумо инро чӣ шарҳ медиҳед?

§90. Татбиқи энергияи атомӣ

Энергияи ҳастаи атом ба мақсадҳои нек бори аввал дар мамлақати мо истифода шудааст: соли 1954 дар ш. Обнинск нерӯгоҳи атомии барқ (НАБ) бо иқтидори 5 000 кВт ба кор даромад. Гармои дар реактор ҷудошаванда барои ба ҳаракат даровардани турбини бухорӣ истифода мешавад.

Рушди энергетикаи атомӣ. Нерӯгоҳҳои атомии Нововоро-неж, Санкт-Петербург, Курск, Чернобил ва ғ. низ ҳамин тавр амал мекунанд. Реакторҳои ин нерӯгоҳҳо тавони 500 - 1000 МВт доранд.

Нерӯгоҳҳои атомӣ пеш аз ҳама дар қисми аврупоии мамлакат сохта мешаванд. Ин бо он алоқаманд аст, ки дар қисми ғарбӣ мамлакат нерӯгоҳҳои атомӣ назар ба нерӯгоҳҳои ҳароратӣ (ки моддаҳои органикӣ месозанд) фоидаовартаранд. Реакторҳои атомӣ сӯзишвории органикиро, ки торафт камчинтар шуда истодааст, истифода намеkunанд ва роҳи оҳанро бо вагонҳои пури ангишт

банд намекунанд, оксигени хаворо «намехӯранд» ва хаворо хокистаролуд намекунанд. Аммо дар маҳалҳои серодам ҷой додани нерӯгоҳҳои атомӣ хавфи бузургӣ дар худ ниҳон дорад. Реактори ҳарорат-нейтрон танҳо 1-2 дарсади урани истифодашавандаро «месӯзонад». Истифодаи пурраи сӯзишвории ҳастаӣ дар реакторҳои саръ-нейтрон имконпазир аст (ин навъи реакторҳо дар шакли плутоний сӯзишвории нав низ истехсол мекунанд). Соли 1980 дар нерӯгоҳи атомии Белоярск нахустин дар ҷаҳон реактори саръ-нейтрон бо тавони 600 МВт ба кор андохта шуд.

Энергетикаи атомӣ низ мисли бисёр соҳаҳои дигари саноат барои муҳити атропо хавфу хатар дорад, ки номатлубтарини он ғаждӣи радиоактивист. Масъалаи «дафн»-и партовҳои радиоактивӣ ва аз ҳам ҷидани нерӯгоҳҳои аз кор афтада мушкилоти зиёде пеш меорад.

НАБ (нерӯгоҳи атомии барқ) тавре бунёд мешавад, ки барои кормандон ва аҳолии атропо то ҷоӣе, ки имкон дорад, беҳавф бошад. Таҷрибаи истифодаи НАБҳо дар тамоми ҷаҳон нишон медиҳад, ки муҳити зист аз хавфи ғаждҳои радиоактивӣи муассисаҳои энергетикаи атомӣ эмин мемонад, ба шарте ки онҳо бо режими мӯтадил амал кунанд. Аммо таркиши блоки ҷаҳоруми НАБ-и Чернобил нишон дод, ки дар сохтмони реакторҳои атомӣ ва истифодаи онҳо таваккал кардан ҷӣ бадбахтиҳо пеш оварда метавонад.

Реакторҳои атомӣ дар киштиҳои яхшикан ва киштиҳои зероби низ истифода мешаванд.

Силоҳи атомӣ (илоҳи ҳастаӣ). Вокуниши занҷирии идоранопазир дар бомбаи атомӣ воқеъӣ гардонда шудааст ва дар ин маврид зариб (коэффисент)-и афзоиши нейтронҳо бале бузург мебошад.

Барои он ки адади ҳарчи бештари ҳастаҳои уран якбора энергия хориҷ кунанд, яъне барои он ки таркиш рӯӣ диҳад, нейтронҳои саръ (баландэнергия)-ро бе моддаҳои нейтронохиста-кунанда истифода кардан мебояд. Дар бомбаи атомӣ ба сифати моддаи тарканда урани ^{235}U -и тоза ё плутонийи ^{239}Pu -и тоза истифода мешавад.

Барои воқеъӣ гардондани таркиш шароите фароҳам овардан мебояд, ки андозаҳои маводи тарканда аз андозаҳои бӯҳронӣ зиёд бошад. Барои ин ё ду порчаи андозахошон тобӯҳронии маводи таркандаро зуд якҷоя мекунанд ё як порчаро якбора то андозаҳои

Фермӣ Энрико (1901-54) - физикдони бузурги италияӣ, ки дар инкишоф додани физикаи назарӣ ва таҷрибавӣ саҳми зиёд дорад. Соли 1938 ӯ ба ШМА ҳиҷрат кардааст. Фермӣ дар як вақт бо Дирак назарияи квантии омори (статистикӣ)-и электрон ва зарраҳои дигарро офарид, ки он омори Фермӣ – Дирак (ё статистикаи Фермӣ – Дирак) ном гирифтааст. Ӯ назарияи миқдории бета-коҳишро низ бунёд кардааст, ки онро нахустназарияи таъсири мутақобили зарраҳои бунёди пиндоштан мумкин аст. Фермӣ дар соҳаи омӯзиши физикаи нейтрон чанд кашфиёт дорад.

Таҳти роҳбарии Фермӣ с.1942 бори нахуст вокуниши ҳастаии идорашаванда амалӣ гардонда шуд.



мефишоранд, ки таровиши нейтронҳо аз сатҳи хурдшудаи он бағоят кам шавад, он қадр кам шавад, ки андозаҳои порча фавқулбӯхронӣ шаванд. Ҳарду тарзро бо ёрии моддаҳои тарканди муқаррарӣ амалӣ мегардонанд.

Дар натиҷаи таркиши бомба ҳарорат то ба даҳҳо миллион келвин мерасад. Ин афзоиши ҳарорат боиси бағоят зиёд шудани фишор ва пайдоиши мавҷи пурзӯри таркиш мегардад. Дар айни ҳол тобиши шадида низ рӯй медиҳад. Маҳсулоти вокуниши занҷирии чараёни таркиш саҳт радиоактиванд ва барои мавҷудоти зинда хавфи зиёд доранд.

Бомбаҳои атомиро ИМА дар охири ҷанги дуҷуми ҷаҳон бар зидди Чопон (Япония) истифода карданд. ИМА с.1945 дар шаҳрҳои Нагасаки ва Хиросимаи Чопон бомбаи атомӣ тарконданд. Ин амалиёти нобуд сохтани одамон ҳеҷ гуна зарурати ҳарбӣ надошт, зеро он вақт дар таслим шудани Чопон шакке набуд.

Дар бомбаи ҳидрогенӣ (гармоҳастай) ба сифати манбаи ҳарорати баланд (ки барои як кардани ҳастаҳо зарур мебошад) бомбаи атомии уранӣ ё плутонийиро ба кор мебаранд, ки андаруни бомбаи ҳидрогенӣ ҷой дода мешавад. Имкони техникӣ зиёд кардани энергияи таркиши ин навъ бомбаҳо маҳдуд нест. Ҷояҳои асосии таркиши гармоҳастаиро баъди ҷанги дуҷуми ҷаҳонӣ ҳамватани мо А.Сахаров ба майдони истифода овардааст.

Ҳаминро низ бояд хотирнишон кунем, ки ҷанги ҳастаӣ кардан баробари худкушист. Бино бар ин мебояд, ки ҷӣ соҳибони силоҳи атомӣ ва ҷӣ мамлакатҳои бесилоҳ барои манъу маҳв кардани воситаҳои атомии қатли ом бо катъияти тамом ҷадал дошта бошанд.