

16 - Маъруза

Режа

1. Атом ядросининг тузилиши.
2. Ядро массаси ва боғланиш энергияси.
3. Масса дефекти. Радиоактивлик.
4. Ядровий реакциялар.
5. Ядроларнинг бўлиниши.
6. Занжир реакциялар.

Ядро физика.

XX асир бошларида Резерфорд тажрибаси натижасига асосан атом марказида мусбат зарядланган зарра мавжудлигини тасдиқлади. Квант назариясининг пайдо бўлиши атомнинг тузилиши ва электрон қобикларни тушинтиришга ҳаракат қилди ва атом ядросини ўрганишга қришилди. Бу бобда биз ядро физикаси ҳақида қисқача маълумот берамиз

XX асир бошларида физикларда муҳим муаммо мавжуд эди:

Атом ядроси тузилишга эгами ва бу қандай бўлиши мумкин? Ядро мураккаб тузилишга эга бўлиб ва унинг тузишида анча ноаниқликлар мавжуд то ҳозирги кунгача. Шунга қарамасдан 30-йилларнинг бошларида атом ядросининг модели ишлаб чиқилган бўлиб ҳозиргача кенг қўламда қўлланилади. Бу моделга асосан ядро протон ва нейтронлардан ташкил топган. (Эсдан чиқармаслик керакки, бу зарралар тўлқин табиатига эга.) Протон ўзида содда ядро вадорот атомини мужассамлаган. У мусбат зарядга эга ($+e = +1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл) ва масси

$$m_p = 1.67262 \times 10^{-27} \text{ kg.}$$

Нейтроннинг мавжудлигини англиялик физик Джеймс Чедвик(1891 —

1974) тамонидан 1932йилда ақиқланди, зарядга эга эмас нейтрал зарра ($q = 0$), уни ўзининг номи ҳам тушинтиради. Нейтрон массаси протон массасига мос келади:

$$m_n = 1.67493 \times 10^{-27} \text{ kg.}$$

Нейтронлар ва протонлар атом ядросининг асосий ташкил этувчилари ҳисобланади, ва уларни нуклонлар деб атайти.

Вадород атом ядроси битта протондан ташкил топган, қолган элементлар атом ядролари протон ва нейтронлардан иборатдир. Ҳар хил ядролар нуклидлар деб аталади. Ядрогаги протонлар сони атом номерини билдиради ва Z билан белгиланади. Умумий нуклонлар сони A билан белгиланади ва атом массани билдиради. Бундай аталишига сабаб шундаки алоҳида нуклон массаси ядро массасига яқиндир. Элементда 7-протон ва 8-нейтрон бўлса, $Z = 7$ ва $A = 15$. Ядрога нейтронлар сони қуйдагича топилади $N = A - Z$.

Берилган нуклидларни характерлаш учун фақат A ва Z ни кўрсатиш етарлидир. Химиявий элементларни қуйдагича белгилаш қабул қилинган ${}_Z X^A$.

Бу ерда X - химиявий элемент белгиси (Даврий жадвалда), A -масса сони, Z - атом номери. Мисол учун, N азот атомини билдиради, бу атом 7 протонлар ва 8 нейтронлардан иборат бўлиб умумий нуклонлар сони 15 та. Нейтрал атомларда ядро атрофида ҳаракатланувчи электронлар сони протонлар сонига тенг бўлади шунинг учун улар нейтрал атомлар дейилади. Атомнинг асосий хоссаси электронлар сони билан белгиланади. Z - берилган химиявий элементни билдиради: углглерод, кислород, олтин ёки бошқа элементни.

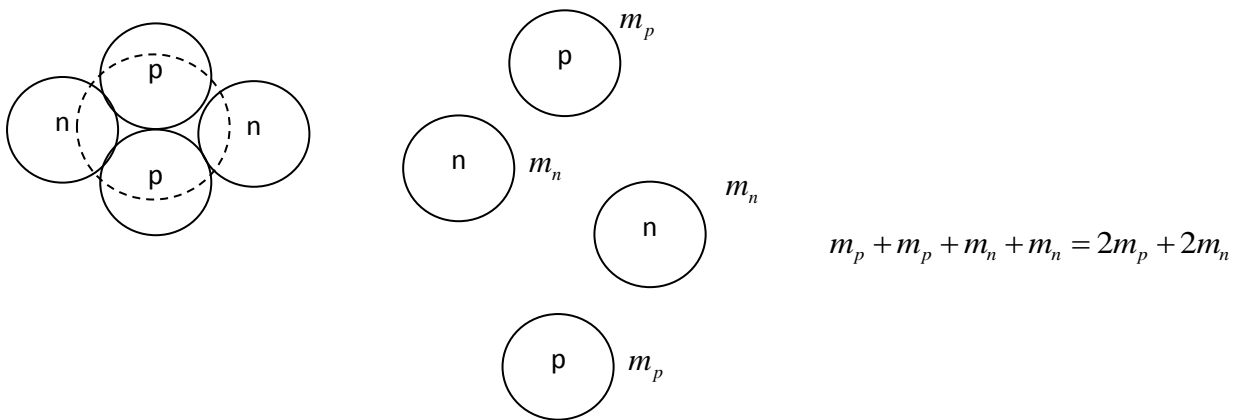
Кўп изотоплар табиатда учрамайди уларни лаборатория шароитида ядро реакцияларида олинади. Барча трансуран элементлар ($c Z > 92$) табиатда учрамайди фақат сунний йўл билан олинади. Ядронинг ўлчамлари биринчи мартаба зарядли зарралар-нинг сочилиши Резерфорд тажрибасида тахрибан аниқланган.

Кўринадики, ядро тахминан сферическ формага эга, унинг радиуси A -га боғлиқ равишда қуйдаги формулага мувофиқ ошади:

$$r \approx (1.2 \times 10^{-15} \text{ m})(A^{\frac{1}{3}}).$$

Сфера ҳажми куйдагига тенг $V = \frac{4}{3} \pi r^3$, биз хулоса қиламизки, ядро ҳажми нуклонлар сонига A пропорционалдир: $V \sim A$. Бундай боғланишдан кутиш мумкинки, агар нуклонлар қаттиқ шарга ўхшаса эди: шарлар сонини ошириб, сиз ҳажимни ҳам оширар эдингиз. Тушинарлики барча ядролар тахминан бир хил зичликка эгадир. Ядро массасини аниқлашнинг бир тури бу масс-спектрометр ёрдамидадир, магнит майдонида тез ҳаракатланаётган ядроларнинг эгрилик радиуси орқали (28.7-боб). Биз эслаймизки шу метод ёрдамида кўпчилик элементларнинг изотоплари борлиги аниқланган. Ядро массаси атом масса бирлигида аниқланади (а.м.б).

Атом ядросидаги нуклонлар ўзаро қатта кучлар билан боғланганлар. Текширишлар шуни кўрсатадики, ядро массаси уни ташкил этувчи нуклонлар массаларининг йиғиндисдан кичик экан.



$${}^4_2M_y^2 < 2m_p + 2m_n \quad (16.1)$$

Мас равишда ўлчанган нейтроннинг сассаси 1,008665 а.м.б.,

протона-1,007276 а. е. м., вадороднинг нейтраль атоми Н (протон плюс электрон)-1,007825 а.м.б. Бир қанча нуклидларнинг массалари 16.1 жадвалда келтирилган:

Жадвал 16.1. Тинчликдаги масса килограмларда, атом масса бирлигида ва МэВ/с²

Зарра	Тинчликдаги масса килограмларда	атом масса бирлигида	МэВ/с ²
-------	------------------------------------	----------------------------	--------------------

Электрон	$9,1095 \cdot 10^{31}$	0,00054858	0,51100
Протон	$1,67265 \cdot 10^{27}$	1,007276	938,28
Атом }H	$1,67356 \cdot 10^{27}$	1,007825	938,79
Нейтрон	$1,67500 \cdot 10^{27}$	1,008665	939,57

Уларни бутунлаштириб $1 \text{ а.м.б.} = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 931,5 \text{ МэВ}/c^2$.

(Такидлаш керакки жадвалда фақат нейтрал атомларнинг массалари келтирилган, яланғоч ядроларники эмас.)

Масса кўпинча энергия ўлчов бирлигида электрон- Вольтларда ифодаланади. Қўлланилган энергиянинг ўлчов бирлигит масса ва энергиянинг ўзаро боғлиқлигидандир. Аниқ бундай боғлиқликни Эйнштейн формуласи орқали ифодаланади $E=mc^2$. Шундай қилиб нейтрал водород атомининг массаси $1,6736 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, ёки $1,007825 \text{ а.м.б.}$,

Бу тенглик ўринли $1,0000 \text{ а.е.м.} = (1,0000/1,007825) \cdot (1,6736 \times 10^{-27} \text{ кг}) = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

Бу масса эквивалент энергия $E = mc^2 = (1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ кг})(2,998 \cdot 10^8 \text{ м}/c^2) / (1,602 \cdot 10^{19} \text{ Дж}/\text{эВ}) = 931,5 \text{ МэВ}$.

$1 \text{ а.е.м.} = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 931,5 \text{ МэВ}/c^2$.

Боғланиш энергияси. Ядронинг умумий массаси, қуйида келтирилган мисолдан кўринадик. Уни ташкил қилган протон ва нейтронлар массасидан кичик.

Эйнштейн формуласи $E = mc^2$ га биноан, масса ўзгарса бу ўзгаришга энергиянинг ўзгариши ҳам тўғри келиши керак. Демак нуклонлар алоҳида – алоҳида бўлган ҳолдаги энергия улар бирлашган ҳолдаги энергиядан катта, шундай экан, ядро ҳосил бўлишида маълум миқдорда энергия ажралиб чиқиши керак. Энергиянинг сақланиш қонунига биноан бунинг тескариси ҳам тўғри бўлиши керак: ядронинг ташкил этувчиларига ажратиш учун ҳам шунча миқдорда энергия сарфланиши керак бўлади. Ядрони алоҳида – алоҳида нуклонларга бўлиб ташлаш учун керак

бўладиган энергия ядронинг боғланиш энергияси деб аталади. Бу тушунча ядро физикасида катта аҳамиятга эга ва ядровий реяктсиялар моҳиятини тушинишда муҳим рол ўйнайди.

$\Delta E = \Delta mc^2$ формуласига асосан ядронинг боғланиш энергияси тенг.

$$E_{bog'} = [Zm_p + (a - Z)m_n - m_y] c^2 \quad (16.2.)$$

Бу ерда m_p , m_n , ва m_y - тегишли равишда протон, нейтрон ва ядронинг массалари.

$\Delta m = [Zm_p + (a - Z)m_n] - m_y$ катталиқ ядро массасининг дефекти деб аталади. Нуклонлардан ядро ҳосил бўлганда уларнинг массалари ана шу қйматга камайди.

Ядролар боғланиш энергиясидан ташқари Яна бошқа параметрларга ҳам эга.

Масала31.3. ${}^4_2\text{He}$ ядро массасини унинг ташкил этувчи нуклонлар массаси билан таққосланг?

Ечиш: ${}^4_2\text{He}$ ядроси иккита протон ва иккита нейтрондан иборат.

31.1. жадвалдан кўринадик ${}^4_2\text{He}$ массаси $4,002603$ а.м.б. Иккита протон ва иккита нейтроннинг йиғинди масаси $4,002603$ а.м.б. га тенг ${}^4_2\text{He}$ м.

$$\begin{aligned} 2m_n &= 2(1.008665 \text{ u}) = 2.017330 \text{ u} \\ 2m({}^1_1\text{H}) &= 2(1.007825 \text{ u}) = \underline{2.015650 \text{ u}} \\ \text{sum} &= 4.032980 \text{ u.} \end{aligned}$$

Биз кўрамизки ${}^4_2\text{He}$ ўлчанган массаси қиймати $4,032980$ а.м.б. - $4,002603$ а.м.б. = $0,030377$ а.м.б. бўлиб ядрони ташкил қилувчи нуклонлар массасидан кичик. Бу қандай бўлиши мумкин? Қолган масса қаёққа кетди? Ҳақиқатдан ҳам у энергияга айланди(нурланиш, кинетическ энергия ва бошқа). Масса фарқи (ёки энергия) ${}^4_2\text{He}$ учун ($0,030377$ а.м.б.)($931,5$ МэВ/а. м. б.) = $28,30$ МэВ га тенг. Бу фарқ ядронинг бутун боғланиш энергияси дейилади. Бу кўрсатадики ядрони протон ва нейтронга ажратиш учун

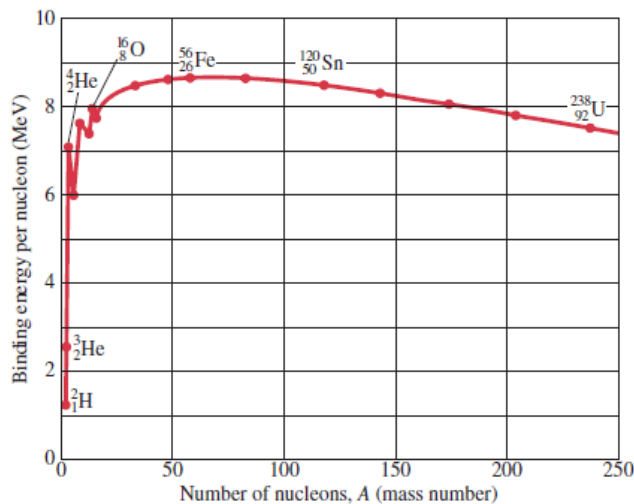
қандай энергия сарфлашени кўрсатади. Агар ${}^2\text{He}^4$ ядро массаси иккита протон ва иккита нейтроннинг массасига тенг бўлганда эди у ўз ўзидан кўшимча энергия бермасдан парчаланар эди. Ядронинг барқарорлигини таъминлаш учун унинг массаси уни ташкил этувчи нуклонлар массасидан кичик бўлиши керак эди. Боғланиш энергиясини тахрибан атомдаги электронларнинг боғланиши билан таққослаш мумкин. 30 бобда биз кўрган эдикки электроннинг боғланиш энергияси вадород атомида 13,6 эВга тенг.

Водород атоми массаси битта протон ва электрон массалари йиғиндисидан 13,6 эВ га кам. Бу бутун вадород атоми массасига таққосласак жуда кам (938 МэВ) бу-жуда кичик қиймат (тахрибан 10^8), амалиётда буни этибога олмаса ҳам бўлади. Ядронинг боғланиш энергияси атомнинг боғланиш энергиясидан 106 марта катта шунинг учун жуда муҳим ҳисобланади.

Солиштирма боғланиш энергияси (ёки нуклонга тўғри келадиган ўртача энергия) тарифи бўйича ядронинг бутун боғланиш энергиясини билдиради.

${}^2\text{He}^4$ учун унинг қиймати қуйидагига тенг $28,3 \text{ МэВ}/4 = 7,1 \text{ МэВ}$. 30.1 расмда А-турғун ядролар учун нуклонга тўғри келувчи ўртача боғланиш энергияси келтирилган. А –нинг ортиши билан эгри чизик дастлаб ошади ва тўйинишга етади (тахрибан 8 МэВ нуклонга тўғри келади) А « 15 учун. А > 60 эгри чизик секин туша боради. Бу шуни англатадики, анча оғир ядролар унча турғун бўлмайди бу даврий системадаги ўртадаги элементларга тўғри келади.

Атом ядросини фақат энергия нуқтаи назардан қарамасдан, балким нуклонларни ядрога ушлаб турувчи кучлар орқали қараш керак.



Расм. 16.1. Средняя энергия связи на нуклон как функция массового числа A для стабильных ядер.

Протонлар ваи нейтронлар мустаққил равишда ядрони мавжуд қила олмайди, чунки барча протонлар мусбат зарядга эга шунинг учун улар орасида итариш кучлари ҳам мавжуд бўлади .

Ядро кучлари. Стабил ядролар мавжуд, буларни ушлаб турувчи қандайдир кучлар бўлиши керак. Бу кучлар Кулон ўзаро итариш кучидан катта бўлиб уларни ядро кучлари дейилади. Кучли ядро таъсири-бу барча нуклонлар орасидаги тортишидир. Шундай қилиб ядро кучлари сабабли протонлар бир бирига тортилади ва Кулон кучи таъсири туфайли бир бирини итиради.

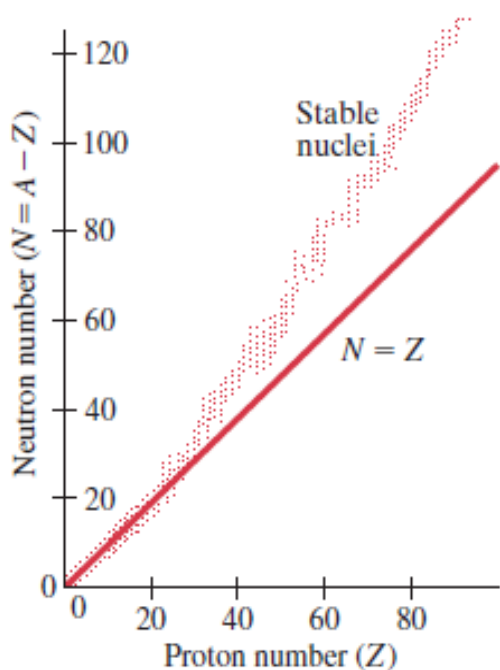
Нейтронлар электир зарядига эга эмас, шунинг учун улар бир бирини тортадилар. Кучли ўзаро таъсир гравитацион ва электромагнит таъсирларга қараганда мураккабдир. Бунинг математик ифодаси ҳозиргача йўқ.

Шунга қарамасдан яъни бу кучнинг табиатини ўрганиш учун

анча куч сарфлади. Кучли ўзаротаъсирнинг асосий хусусиятларидан бир унинг қисқа таъсиридир. У кичик масофаларда намоён бўлади. Икки нуклоннинг ўзаро таъсири жуда катта бўлади, агар нуклонлар орасидаги масофа 10^{-15} м бўлса. Электромагнит ва гравитацион таъсир катта масофаларда таъсир қилади шунинг учун узоқ таъсир қилувчилар дейилади.

Кучли ўзаро таъсир бошқа муҳим жихати билан фарқланади. Мисол учун нуклид протонга қараганда жуда кўп ва жужа кам мқдориди бўлса кучли ўзаротаъсир кучсизланади: протонлар ва нейтронлар орасидаги мувозанит бузулса нуклидлар турғунмас бўлиб қолади. Стабил ядролар протонлар ва нейтронлар сони тенглашиш тенденциясида бўлади ($N = Z$)

16-3. Расмда кўрсатилган $A \ll 30$ ёки $A \ll 40$. Бу областдан кейин турғун ядролар протонларга қараганда нейтронлар кўпни ташкил қилади.

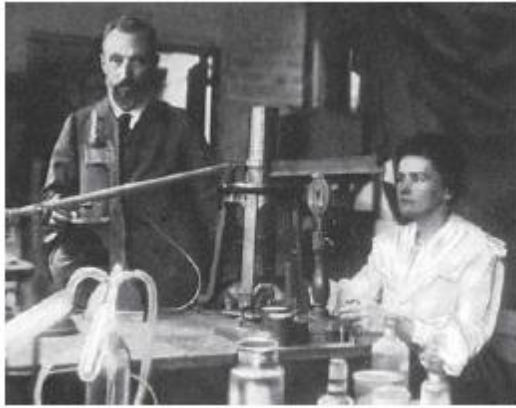


Расм. 16.3. Нейтронлар сони турғун ядроларда протонлар сони функцияси. Бу областдан ташқари турғун ядролар протонларга нисбатан кўп сонли нейтронларга эга бўлади. Бу факит кулон ўзаро таъсирнинг ошишини кўрсатади, яъни атом Z номерининг ошиши билан. Шунинг учун турғун ядро қўллаш учун кўп миқдорда нейтронлар бўлиши керак. Жуда катта Z нейтронлар кўплиги кулон ўзаро таъсирни компенсация қилишга қодир эмас $Z > 82$ турғун ядролар мавжуд бўлмайди. Турғун ядро деганда биз узок вақит мавжуд бўладиганини тушинамиз. Турғунмас ядролар қандай ядролар? Бу ядролар радиоактив емирилиш натижасида бошқа ядрога айланади.

Радиоактивлик

Ядро физикаси тарихи 1896 йилдан бошланганг. Шу йили Анри Беккерель (1852-1908) уран тузларида люминесция ҳодисани ўрганиб улкан кашфиёт очди: уран туз бўлакчалари фотопластинкани устида қолдирилганда пластинкада уран тузининг сурати ўтиб қолганини кузатди, агар бу туз бўлакчаларини ёруўлик ўтказмайдиган қоғозга ўраганда ҳам худди шу жараён юз беришни кузатди. Минераллар қандайдир ўз-ўзидан рентген нурларидан фарқли бўлган янги нурлар чиқариши тушинарли эди. Бу янги ҳодиса радиоактивлик деб аталди.

Очилган кашфиётдан сўнг Беккереля Мария Кюри (1867-1934) ва унинг турмуш ўртоғи Пьер Кюри (1856-1906) (расм 30-3) илгари маълум бўлмаган юқори радиоактивликка эга бўлган иккит химявий топилди. Бу элементлар полоний (Po) ва радий (Ra) номини олишди. Тезда бошқа радиоактив элементлар очилди.



Расм 16-4. Беккереля Мария Кюри (1867-1934) ва унинг турмуш ўртоғи Пьер Кюри (1856-1906) ўзларининг лабораториясида.

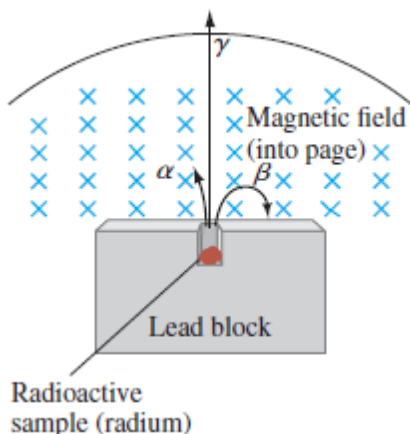
Тезда маълум бўлдики, радиоактивлик манбаи атом маркази – атом ядроси ҳисобланади. Шу нарса маълум бўлдики радиоактивлик турғун бўлмаган ядроларнинг емирилиши ҳисобига юз беради. Ядро кучлари бир қанча изотопларнинг турғунлигини бузади, улар шу ёки бошқа нур чиқариб емирилади.

Кўпгина турғунмас ядролар табиатда учрайди. Уларни табиий радиоактивликлар дейилади.

Бошқа турғунмас изотоплар лаборатория шароитида ядро реакциялари орқали олинади.

Бундай изотоплар сунний радиоактив изотоплар дейилади.

1898 йииларгача Резерфорд ва бошқа ўрганувчилар радиоактив емирилиш натижасида вайдо бўладиган нурланиш табиатин ўргандилар. Улар кузатдиларки, ўтиш қобилиятига қараб уларни уч турга бўлиш мумкин. Нурланишнинг бир тури атига қоғоз қатламига бирмунча киради. Иккинчи тури эса 3 мм алюминийдан ўтади. Учунчи тури эса бир неча см қалинликдаги кўрғошиндан ўтади уни детектор ёрдамида қайд қилади. Бу топилган уч хил нур бошланғич ҳарифлари билан номланган : ми греческого алфавита соответственно: альфа (α), β - бета (P)- и гамма (γ)-нурлар деб аташдилар. Бу уч хил нур ҳам ҳар хил электрон зарядига эга эканлиги маълум бўлди, улар магнит майдонида турлича бурилади расм 16-5.



Расм 16-5. Альфа нурлар мусбат, бета нурлар манфий ва гамма нурлар нейтрал зарядга эга эмас.

Аниқландики, Радиоактив нурларнинг учаласи ҳам аниқ бир зарра эканлиги маълум булди.

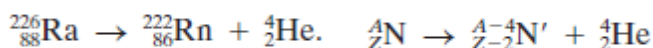
Гамма-нурлар, рентген нурланишидаги фотонларга қараганда ўзида жуда юқори энергияли фотонлардан иборат бўлади.

Бета-нур, ядро атрофида ҳаракатланувчи электронларга ўхшаш электрондан иборат. Альфа-нур (ёкиа-зарра)-бу гелий 2He атом ядросидир. а-зарралар иккитя протон ва иккита нейтрондан иборатдир. Энди бу емирилишларни алохида кўриб чиқамиз.

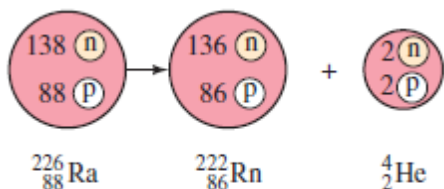
Альфа-емирилиш

Атом ядросининг альфа зарра чиқариш ҳисобига бошқа айланишида содир бўлади. Бунда ${}^2_2\text{He}$ Ядроси чиқиш ҳисобига дастлабки ядро иккита протон ва иккита нейтронни йўқотади. Мисол учун (${}_{88}\text{Ra}^{226}$) алфа зарра манбаи ҳисобланади. У емирилиш ҳисобига

$Z = 88 - 2 = 86$ ва $A = 226 - 4 = 222$ ядросига айланади. Ядро $Z = 86$ -бу радон (Rn).



Тушинарилики ҳар доим алфа емирилишда янги ядро ҳосил бўлади, яъни киз ядромси ҳосил бўлади (расм 16-6).



Расм 16-6. Радон ядросининг емирилиш схемаси

Альфа-емирилиш да, кучли ўзаро таъсир ядронинг барқарорлигини таъминлай олмайди.

Кучли ўзаро таъсирнинг қисқа бўлиши оқибатида фақат кўшни нуклонларни боғлайди, бу вақитда ядронинг бутун ҳажмида кулон узъаро титариш куч таъсир қилади. Жуда оғир ядроларда (катта Z) кулон ўзаро итариш кучи ортади ва протонлар орасига таъсир қилади. БУ холда кучли

ядро ўзаро таъсир фақат кушни нуклонлар орасида бўлади, улар кулон ўзаро итаришини енга олмайди ва нуклоннинг ядрога сақлаб қола олмайди.

Ядронинг турғунмаслиги боўланиш энергиясини характерлайди: радиоактив ядронинг боғланиш энергияси жуда кичик бўлиб у ядрони барқарор ушлаб тура олмайди. Бошқача айтганда, она ядронинг массаси алфа зарра ва қиз ядроси массаси йиғиндисидан ката.

Массалар фарқи алфа зарра олиб кетган кинетик энергия сифатида ажралиб чиқади.

Агар она ядронинг массаси алфа зарра ва қиз ядро массасидан кичик бўлганда, алфа емирилиш бўлмасди, бунда олдинги энергиянинг сақланиши бузулар эди. Энергиянинг сақланиш қонунига асосан ёзишимиз мумкин: бу ерда Q -ажрали чикқан энергия:

$$M_P c^2 = M_D c^2 + m_\alpha c^2 + Q,$$
$$Q = M_P c^2 - (M_D + m_\alpha) c^2. \quad (30-2)$$

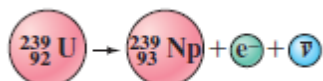
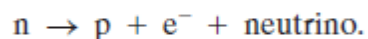
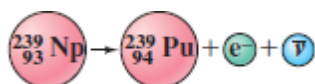
Нима учун зарралар? Нима учун, сиз ишонишингиз мумкин, ядрони тўртта заррадан иборат бўлган нурланитаяпти деб? Жавоб зарралар ўзаро кучли боғланган, унинг массаси алохида нуклонларнинг массасидан кичик.

Жавоб зарралар бир бири билан кучли боғланган, унинг массаси тўртта алохида олинган нуклонларнинг массасидан анча кичик. Сизни қизиқтириш мумкин нима учун ядро тўртта нуклон комбинациясин нурлайди, ядро тўртта нуклон ёки бита нуклон нурламайди? Жавоб шундай бўлади, α -зарра кучли боғланган ва унинг массаси тўртта алохида нуклонларнинг массасидан кичик. 30.1 масалада кўрсатилгандек иккита протон ва иккита нейтрон умумий ҳолда 4,03298 а.м.б. га эга. Торий $^{292}\text{Th}_{88}$ ядроси ва тўртта нуклон массаси қуйдагига тенг бўлади 232,06171 а.м.б., ва она ядро массасидан ортиқ бўлади.

β –емирилиш.

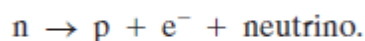
β^- –емирилиш

Ядронинг β –емирилишида элементларнинг айланиши электронлар ёки β^- зарралар чиқариш ҳисобига содир бўлади. Бунда ядро электронлар оқимини чиқападию ${}^6\text{C}^{14}$ ядроси β^- –емирилиши қуйдагича бўлади:



Бу ерда e^{-} электрон белгисини билдиради. Нейтрино $q=0$ зарядга эга ва жуда кам массага эга сони A она ядро ва киз ядрога бир хил бўлади. Электрон чиқаришда она ядронинг заряди киз ядронинг зарядидан фарк қилади. Бизнинг мисолимизда она ядро $Z=+6$ га тенг. β -емирилишда u -1 заряд йўқотади. Шунинг учун киз ядронинг заряди она ядронинг зарядидан бир бирликка кўп бўлади. Қиз ядро заряди 7-га тенг бўлиб бу азот ядросига мос келади.

Шуни такидлаш керакки, β -емирилишда электрон орбитадаги электронга алоқаси бўлмайди. U ядронинг ичида пайдо бўлади, яъни нейтронлардан биттаси протонга айланади. ва шу тарика электрон чиқаради. Эркин



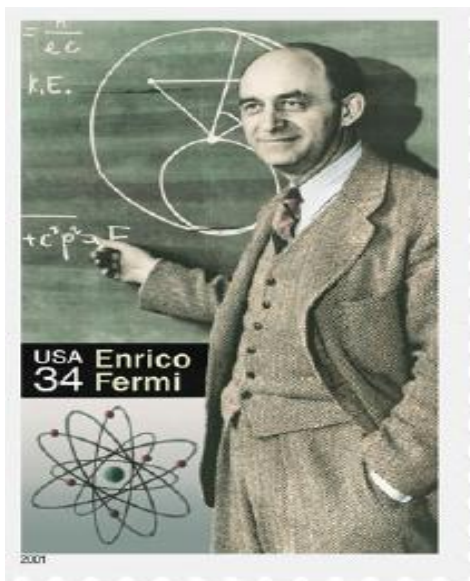
нейтронлар қуйдагича бўлади:

β -емирилишда ядро

электронларининг келиб чиқиши электронлар эмас балки β -зарралар дейилади. Шунга қарамасдан-зарралар электронлардан фарк қилмайди.

Тажрибаларнинг кўрсатишича, мазкур зарра ядродан чиқаётганда ҳар хиил энергияга эга бўлиши мумкин. Шу билан бирга учиб чиқаётган электронлар энергияси доимо ядронинг β -емирилишигача гўёки энергия йўқотгандек бўлади. Чиқарилаётган электронлар энергияси 0 дан максимал қийматгача бўлади. Агар худди шундай бўлганда эди бунда энергиянинг Физикларни барча холларда ўринли деб кўрсатганг сақланиш қонун и бузилар эди. Аниқ ўтказилган тажрибаларда импульс ва импульс моментининг β -емирилишда сақланмайди. Физикларни барча холларда ўринли деб кўрсатган энергиянинг сақланиш қонунидан кейинчалик воз кечиш тажублантирди.

1930 йил Вольфган Паулли вужудга келиб қолган вазиятдан чиқиш учун қуйидаги гипотезани илгари сурди. Унинг фикрича β -емирилишда электрондан ташқари яъна қандайдир зарра ажралиб чиқади ва уни қайд қилиш қийин. Бу зарра импульс ва импульс моментини олиб кетиши мумкин. Бу янги зарра нейтрино деб аталади.



Расм 16-7.Энрико Ферми,АҚШ почта маркасида тасвирланган Ферми назарий ва тажриба физикасига улкан ҳисса қўшган, бугунги кунда унинг қаҳромонлиги деярли ягонадек: якка зарраларнинг статик назарияси, кучсиз ўзаро таъсир назарияси, нейтрон физикаси, радиоактивлик, биринчи ядро реактори.

β^- –емирилиш назариясини машҳур италиялик физик Энрико Ферми (1901-1954) 1934 йилда яратди расм 30-7. Бу назарияга биноан Ферми тўртинчи фундаментал таъсир мавжудлигини кўрсатди, унинг номи “кучси таъсир” деб аталади. У зарядга ва массага эга эмас. Спини $1/2 \hbar$ га тенг ва у электроннинг спинига тенг. Электрон ва нейтрино ядродан чиққанда спинлари қарама қарши бўлиб улар бир бирини мувозанатлайди ва шунинг учун ядронинг спини ўзгармайди.

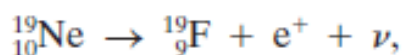
1956 йилда жуда мураккаб тажрибалар ўтказилиб нейтринонинг борлиги тасдиқланди. Нейтринони грек ҳарифи (ню) ν -деб белгилаш қабул қилинган.



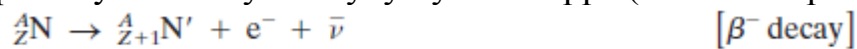
ν -нейтрино устидаги белги(-) 2антинейтрино ҳақида гап боришини билдиради).

β^+ -емирилиш

Кўпинча изотоплар электрон чиқариш орқали емирилади. Уларнинг барчаси протонлар сонига қараганда нейтронлар сонининг ортишини кўрсатади. 30-2-расмда бу изотоплар турғун изотоплар устидан юқорида жойлашган. 30-2-расмда турғун изотоплардан пастда жойлашган изотоплар (протонлар сонига қараганда нейтронлар сони кам бўлган ядролар). Бу изотоплар ўз навбатида электрон эмас позитрон чиқаради.

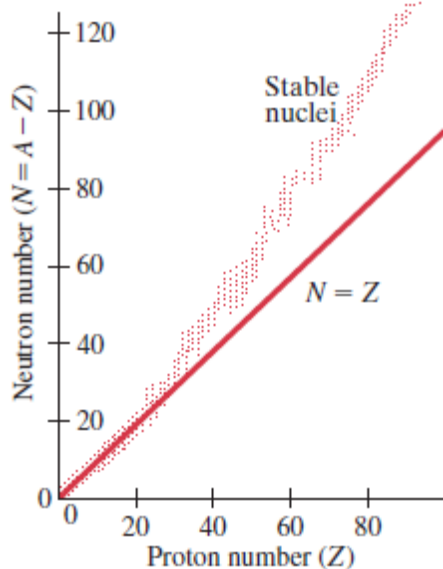


Бу ерда e^+ -позитронни билдиради. Позитронлар e^+ билан белгиланади ёки β^+ -зарралар дейилади. Унинг массаси электрон массасига тенг заряди мусбат. Позитрон зарядидан ташқари барча хусусиятлари электронга ўхшаш шунинг учун у антизарра (анти электрон дейилади).



β^+ -емирилишда антинейтрино ажралиб чиқади.

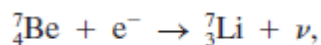
β^- -емирилишда нейтрино ажралиб чиқади.



Расм 30-2. Турғун ядроларда протонлар сонинг нейтронлар сонига боғлиқлиги нуқталар билан кўрсатилган. Тўғри чизик ўзида $N = Z$ мужассамлантиради.

Электрон қамираш.

β^+ ва β^- -зарралар чиқаришдан ташқари яъна бир учинчи жараён бор. Бу жараёнда ядро орбитадаги битта электронни қамаб олади, бунга e^- - қамираш дейилади. Масалан ${}^7_4\text{Be}$ берелли ядроси e^- қамираш орқали ${}^7_3\text{Li}$ ядросига айланади.

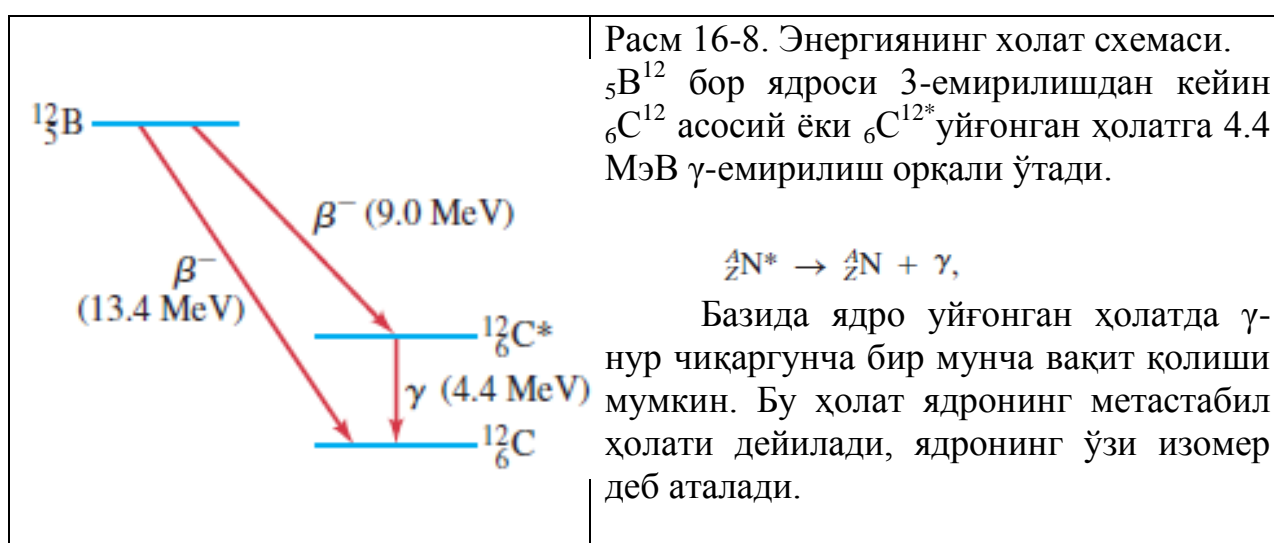


Асосан электрон қамираш К-қобик ичида содир бўлади ва бу ерда “Х-қамаш” жараёни номланади. К-қамашда битта электрон йўқолади, ядрода битта протон нейтронга айланади.

γ -емирилиш.

γ -нурланиш ўзида юқори энергияли фотонларни мужассамлантирган. Бу нурланиш магнит майдонида ўз йўналишини ўзгартирмайди, ионлаштириш қобилияти анча кичик. γ -нурланишда ядронинг емирилиши атомнинг уйғонган ҳолатдан асосий ҳолатга ўтганда фотон нурланишини эслатади. Ядро кичик энергия ҳолатидан ёки асосий ҳолатга ўтганда ядро

фотон нурлайди. Анти зарраларни худди зарралар сифатида аниқлаш мумкин фақат қарама қарши зарядга эга. Фотонларнинг нурланиши бир неча кэВ дан бир неча МэВ оралиғида бўлади. Берилган емирилишга жавоб берувчи барча γ -нурланиш доимо бир хил энергияга эга бўлади. γ -нурланишда заряд олиб кетмайди, γ -нурланишда битта химявий элемент бошқасига айланмайди. Қандай қилиб ядро уйғонган ҳолатга ўтади? Бу жараён бошқа зарралар билан ноэластик тўқнашиш ҳисобига бўлиши мумкин. Радиоактив емирилиш натижасида ҳосил бўлган қиз ядро, ҳар доим уйғонган ҳолатда бўлади. Бундай энергетик ҳолат схемаси 16-8 расмда келтирилган.

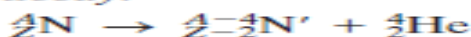


Нуклонларнинг сақланиши ва бошқа сақланиш қонунлари.

Уч хил радиоактив емирилишда классик сақланиш қонунлари бажарилади. Энергия, импульс, импульс моментининг сақланиш қонуни бажарилади, яъна битта сақланиш қонуни ўрнатилган. Бу нуклонлар сонининг сақланиши, Бу сақланиш қонунига мувофиқ тўлиқ нуклонлар сони (A) барча емирилишларда ўзгармасдан қолади (лекин нуклонлар бир турдан иккинчи турга айланади). Нуклонларнинг сақланиши барча радиоактив емирилишларда сақланади. A, β , γ -емирилишларнинг умумий схемаси 30-2. Жадвалда келтирилган.

TABLE 30-2 The Three Types of Radioactive Decay

α decay:



β decay:



γ decay:



Ярим емирилиш ва емирилиш тезлиги.

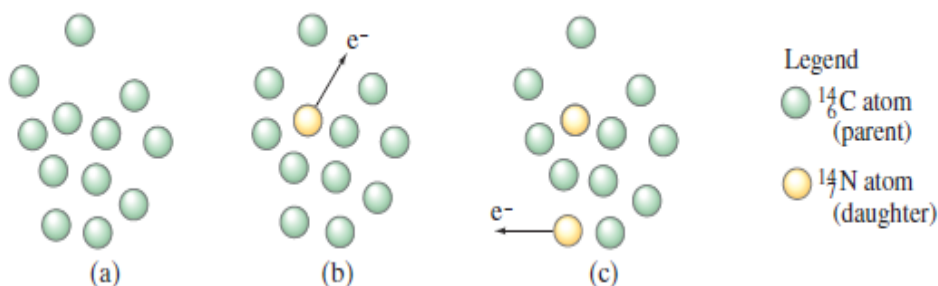
Радиоактив изотопнинг макроскопик наъмунаси жуда кўп радиоактив ядролардан иборат бўлади. Бу ядролар бирдан емирилмайди, бир қанча вақит давом этади. Емирилиш жараёни тасодифий жараён ҳисобланади. Биз аниқ айта олмаймизбу ядронинг емирилиши қачон пайдо бўлади. Биз эҳтимоллик назариясини қўллаб бу ядро наъмунасининг вақит бирлиги ичида емирилишни кўриб чиқамиз. Емирилишлар сони ΔN , ядро сони N ва Δt вақитга пропорционалдир.

$$\Delta N = -\lambda N \Delta t \quad (30-3a)$$

Бу ерда λ -емирилиш доимийси ҳисобланади. Бу доимий ҳар хил радиоактив элементлар учун турлича қийматга эга бўлади. λ -қанчалик катта бўлса, емирилиш тезлиги ва активлиги катта бўлади.

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N. \quad (30-3b)$$

ΔN катталиқ Δt - вақит оралиғида емирилишлар сонига тенг. Биз ΔN катталиқ ҳар бир емирилишда бошланғич ядро N -бир бирликка камаяди. Бошқача айтганда радиоактив емирилиш бир қаррали жараёндир 16-9. Расм.



30-9. расм
Радиоактив ядро
бита бита
парчаланаяди

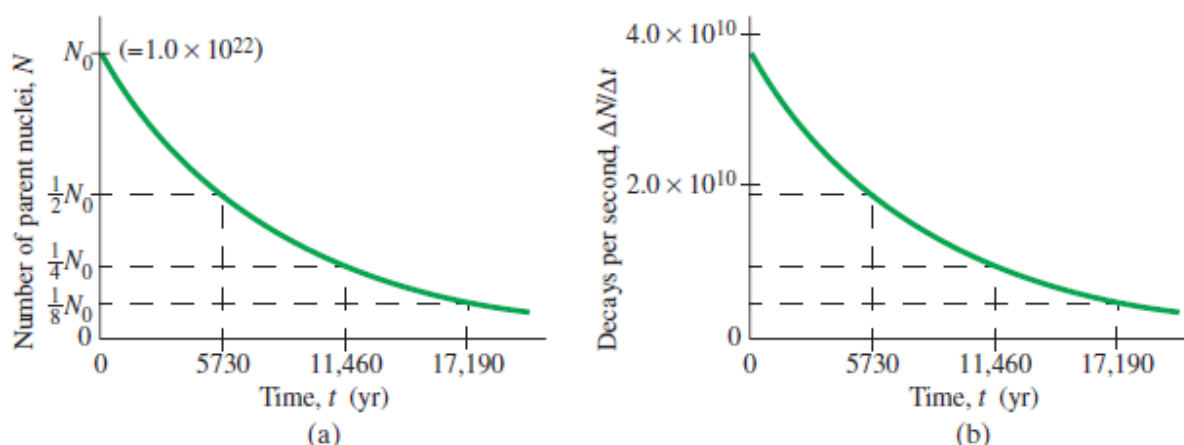
Она ядронинг емирилиши натижасида киз ядро пайдо бўлади, тескари жараён йўқ 30-2. Формуладаги λ – ишора N -нинг камайишини кўрсатади.

Агар 30.2. ифода Δt -вақитда чегарага етса, ΔN -қиймат N -га нисбатанкам бўлади, у ҳолда биз ун дифференциал кўринишда ёза оламиз.

$dN = -\lambda N \Delta t$: ёки $dN/N = -\lambda dt$. 30-3а формуладан N - учун қуйидагини ёза оламиз:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (30-4)$$

Бу ифода радиоактивлик емирилиш қонунини ифодалайди, бу ерда N_0 , $t=0$ пайтдаги нуклонлар сони,. Бу қонун формулага мувофиқ ядронинг емирилиши экспоненциал қонун бўйича кетишини кўрасмиз бу 30.10а расмда тасвирланган.



Рас. 16.10. а Берилган она ядролар сони N –экспоненциаль қонун бўйича камаяди; б – бир секундда емирилиш ҳам экспоненциаль бўйича камаяди.

Вақит бирлиги ичида емирилишлар сони, ёки R емирилиш катталиқ қиймати ва активлиги дейилади. Бу катталиқ доимо мусбат қийматга эга бўлади. Вақит бирлиги ичидаги наъмунанинг активлиг қуйдагига тенг бўлади.

$$R = \left| \frac{\Delta N}{\Delta t} \right| = R_0 e^{-\lambda t}, \quad (30-5)$$

Буерда бошланғич активлиги $R_0 = |\Delta N/\Delta t|_0$

Маълум радиоактив изотопларнинг ярим емирилиши 10^{-22} дан 10^{28} с (10^{21} йил) оралиғида бўлади. Бундан кўринадики ярим емирилиш емирилиш доимийсига тескари пропорционал бўлади.

Изотопнинг емирилиш даври қанча катта бўлса, изотоп шунча секин емирилади ва λ -кам бўлади. Аниқ муносабатни 30.4. формулада кўриш мумкин. Агар $t=T_{1/2}$ да $N=N_0/2$ бўлса $N_0/2 = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}. \quad (30-6)$$

Мисол. ${}_{11}\text{Na}^{22}$ нинг ярим емирилиш даври 2.6 йилга тенг. Натрий ${}_{11}\text{Na}^{22}$ изотопининг 10- μg дан 7.8 йилдан кейин қанча қолади?

А) қолмайди б) $1/8 \mu\text{g}$ с) $1/4 \mu\text{g}$ д) $1/2 \mu\text{g}$ е) $0.693 \mu\text{g}$.

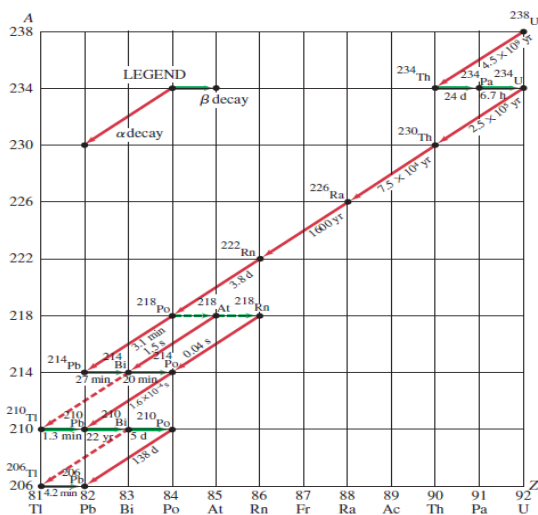
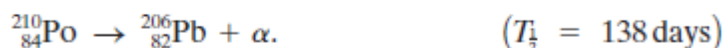
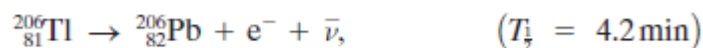
Ярим емирилиш формуласини келтириб чиқариш.

30-6. формулани келтириб чиқариш учун $N=N_0/2$ ва $t=T_{1/2}$

$$\begin{aligned} \ln(e^{\lambda T_{1/2}}) &= \ln 2, \\ \frac{N_0}{2} &= N_0 e^{-\lambda T_{1/2}} \\ \lambda T_{1/2} &= \ln 2 = 0.693 \\ \frac{1}{2} &= e^{-\lambda T_{1/2}} \\ e^{\lambda T_{1/2}} &= 2. \\ T_{1/2} &= \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda} \end{aligned}$$

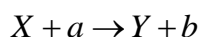
Емирилиш турлари

Шундай ҳолатлар тез тез учраб туради, бита радиоактив изотоп иккинчи изотопга яқинлашганда у изотоп ҳам радиоактив бўлиб қолади. Бу жараёнга емирилиш турлари дейилади. Бу жараённинг бориш 16-11 расмда тасвирланган. Бундай кетма кетликда емирилиш сериясидан кўринадики ҳар бир ҳосил бўлган ядролар худди дарахит шохига ўхшаш равишда емирилади. Мисол учун ${}_{93}\text{U}^{238}$ α - емирилишдан кейин ${}_{90}\text{Th}^{234}$ элементиغا айланади, у ўз навбатида ${}_{91}\text{Pa}^{234}$ элементиغا айланади. Мисол тариқасида теллур ва кўрғошин изотопларининг емирилиши қуйида келтирилган.

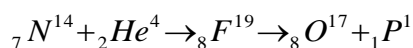


16.12. расм. Шундай радиоактив емирилиш схемаси орқали бир қанча элементлар топилди. Қуёш системаси (Ер билан бирга) 5 миллиард йил олдин пайдо бўлган бўлса, у пайтда барча нуклонлар мавжуд бўлган. Бир қанча қисқа яшовчи изотоплар тез емирилади шунинг учун улар табиатда учрамайди. Узоқ яшовчи, ярим емирилиши ката изотоплар ҳозиргача мавжуд бўлиб ҳозиргача ҳам мавжуд. Даслабкининг ярими ҳозиргача мавжуд. Биз шуни кутишимиз мумкин эдики барий ярим емирилиш 1600 йилга тенг.

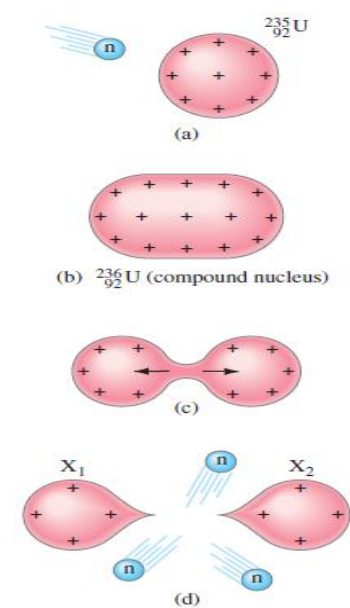
Ядро реакциялари. Ядро реаксиялари – бу ядроларнинг элементар зарралар (γ - зарралар билан ҳам) билан тўқнашуви натижасида бўлакларига бўлиниб кетишига айтилади:



X - бирламчи ядро, Y - натижавий ядро, a ва b лар бомбардировка қилувчи ва реактсия натижасида ҳосил бўлувчи элементар зарралар. Биринчи ядро реактсиясини э. Резерфорд 1919 йилда амалга оширди. У азот ядросини α - заррача билан бомбардировка қилди ва натижада кислород изотопи ${}_8O^{17}$ ҳосил бўлди.



Ядро реактсиялари жуда кўп ва улар жуда кенг равишда тадқиқот қилинган.

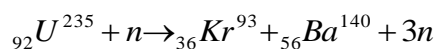


расм

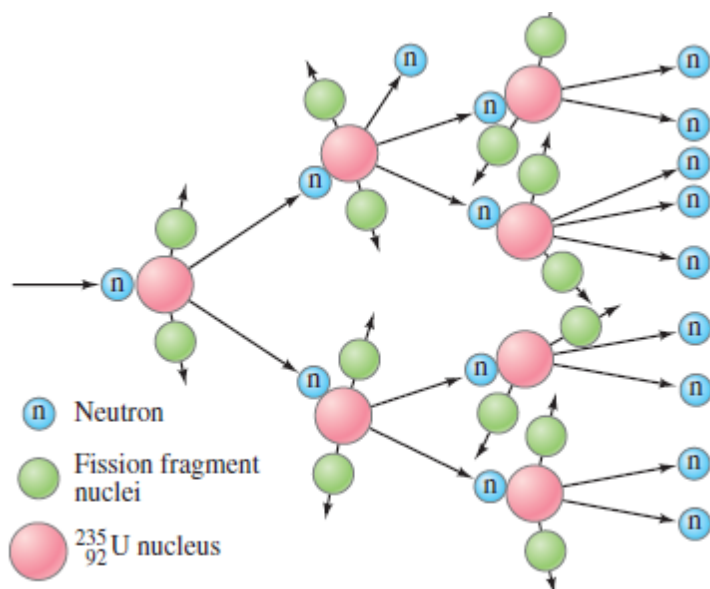
Ядронинг бўлиниш реакцияси ва занжир реакциялар. Ядро иккига бўлиниб кетиш учун у қўзғалган ҳолатга ўтиш керак, бунинг учун унга етарлича энергия бериш керак, масалан α - заррача билан ёки нейтрон билан бомбардировка қилиб. 1938 – 40 йилларда кўпгина Европа давлатларида уран ядроларини нейтрон таъсирида бўлишни кашф этилди. Бу реактсияни қуйидагича тушунтириш мумкин. Нейтронни тортиб олган уран ядроси U қўзғалган ҳолатга ўтади ва деформатсияланади (16.13-расм).

Агар берилган энергия унчалик катта бўлмаса ядро ортиқча энергиядан γ - фотонни ёки нейтронни нурлатиб қутилади. Лекин ядрони қўзғатган энергия етарлича катта бўлса, ядро чўзилиб ўрта қисми ингичка бўла бошлайди, икки чети шишабошлайди, шишган икки чети мусбат зарядга эга бўлади (16.13-расм). Шундай пайт келадикки, энди ядро кучлари бу икки мусбат шарчасимон қисмлар ўртасидаги итарилувчи Кулон кучларини енгаолмайди ва U ядроси икки бўлакка бўлиниб кетади. Бундан ташқари яна 2 та нейтрон ҳам отилиб чиқади. Бу нейтронларнинг энергияси 1 эв дан то 10 Мев гача бўлиш мумкин. 1,5 Мев дан энергияга эга нейтронлар тез нейтронлар, 1,5 Мев дан кичик энергияли нейтронлар секин электронлар деб аталади. Ҳосил бўлган бўлаклар ўз навбатида

радиоактив бўлиши мумкин. Мисол тариқасида актиноураннинг криптон ва барийнинг изатопларига ва 3 та нейтронга бўлиниб кетишини келтириш мумкин:



Лекин катта энергия ажралиб чиқиши учун «ёқилғи» ядроларнинг кўп қисми бўлиниши керак. Бунинг учун ядро реактсияларининг ўз – ўзидан ривожланиб кетадиган бўлиши керак, бошқача айтганда, занжирсимон реактсия юз бериши керак; ҳар бир ядро бўлинганда энергияси катта бўлган нейтрон ҳосил бўлиши керак ва бу нейтрон навбатдаги бўлиниш реактсиясига олиб келади. Уран занжир реактсия анчагина осон уран - 235 да юз беради (16.14-расм).



16.14-расм

Саноатда ядро энергиясини олиш учун занжир реактсиясини бошқариб турилиши керак Бунинг учун «ёқилғига» (уранга) нейтронларни ютадиган стергенлар тиқиб қўйилади. Шунда бўлиниш реактсияси шиддат билан (кўчкига ўхшаб) ривожланиб кетмайди, у бир меёрда юз бериб туради. Бундай реактсия атом стантсияларида энергия ишлаб чиқаришда ишлатилади.

ТАЯНЧ СЎЗ ВА ИБОРАЛАР

Атом, ядро, протон, электрон, нейтрон, заряд, ядро массаси, боғланиш энергияси, ядровий кучлар, ядровий боғланиш, радиоактивлик, α -емирилиш, β -емирилиш, γ -емирилиш, ядровий реактсиялар, реакторлар, термоядро реактсиялари.

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Атом ядроси қандай тузилган.
2. Ядро таркибидаги протонлар, нейтронлар сони ядрони қандай хусусиятларга эга қилади.
3. Ядро ўлчами қандай. Массаси-чи.
4. Ядровий кучларнинг қандай хусусиятлари мавжуд.
5. Боғланиш энергияси моҳияти қандай.
6. Радиоактивлик қандай ҳодиса.
7. Радиоактив емирилишнинг қандай турлари мавжуд.
8. Ядровий реактсияларнинг табиати қандай.
9. Занжир реактсия қандай содир бўлади.