

СОСТАВОТ НА АТОМНОТО ЈАДРО

Првото вештачко претворување на елементите еден во друг. Протон

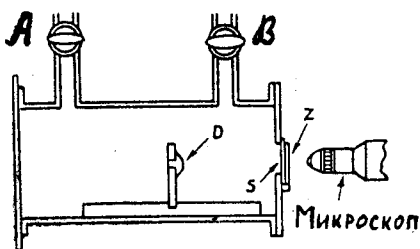
О. Печипре

Појавата радиоактивност прва упатуваше на тоа, дека и јадрата на атомите се сложени творевини. Дури за емитираните електрони при бета-распаѓањето на радиоактивните елементи може да се претпостави дека се емитирани од електронската обвивка на атомот, за алфа-честиците, т.е. хелиумовите атомни јадра, тоа не можеше да се прави, бидејќи нив ги нема во електронската обвивка. Spreма тоа алфа-честиците мора да се емитираат од атомното јадро.

Но да се прави претпоставка дека атомните јадра се составени од алфа-честици не можеше, покрај останатото и заради тоа, што водородниот атом односно неговото јадро има четирипати помала маса од масата на алфа-честиците. Покрај тоа можеше побрго да се претпостави дека секоја алфа-честица е составена од четири протони, т.е. Јадра на водородниот атом, и два електрони. На овој начин би се добило јадро со електричен полнеж двапати поголем од електричниот полнеж на протонот, а со маса четирипати поголема од неговата маса, т.е. би се добила алфа-честица односно хелиумово атомно јадро. По сличан начин би можел да се објасни и составот на атомните јадро на сите други елементи.

Дека протонот навистина влегува во составот на атомните јадра беше дефинитивно утврдено 1919 година. Оваа година беше откриено првото вештачко претворување на елементите еден во друг, т.е. претворување на едно атомно јадро во друго, при кое претворување се доби и протон. Ова крупно и вонредно важно откритие е направено 1919 година од англискиот физичар Резерфорд со еден сосем прост апарат, сл. 1.

Тој се состои од една метална кутија во чија што внатрешност се најдува јак радиоактивен извор на алфа-честици, означен на сликата со *D*. *S* е плочица направена од танки ливчиња на моминок или неској метал и служи за апсорбирање односно успорување на корпускуларните зрачења што минат низ неа. На мало растојание од неа се најдува луминисцентниот екран *Z*, каде што се набљудуваат предизвиканите сцинтилации од алфа-честиците односно протоните. *A* и *B* се славини за извлекување односно внесување на



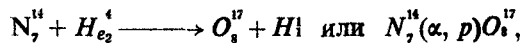
Сл. 1. Апарат со кој Резерфорд го откри првото вештачко претворување на елементите еден во друг.

дотичниот гас во кутијата. Растојанието од радиоактивниот извор D до луминисцентниот екран Z , како и дебелината на плочицата S , по потреба можат да се менуваат. Ова е нужно при испитувањето на дOMETOT односно продорноста на набљудуваните честиици, како и за утврдување на нивниот вид.

Уште 1914 година *Е. Марсден* забележил дека ако просторот меѓу радиоактивниот извор и луминисцентниот екран е исполнет со водород, се јавуваат и такви сцинтилации на луминисцентниот екран, кога низ водородот минат алфа-честиици испуштани од RaC' , кои во никој случај не се должат на алфа-честииците, туку се предизвикани од некои други полесни и попродорни честиици. Овие честиици покажуваат скоро четирипати поголема продорност од алфа-честииците. Нивното идентификување не беше тешко. Тие беа протони. Алфа-честичките судирајќи се со водородните јадра ги отфрлаа кон луминисцентниот екран, на кој удирајќи предизвикуваа сцинтилации.

Но до револуционерно откритие се дојде кога неколку години после тоа *Резерфорд* почна да го испитува дејството на алфа-честииците на разни гасови во опишаниот апарат. Полнежки ја кутијата со кислород или јагленороден двооксид (CO_2) и набљудувајќи ги сцинтилациите, тој констатира дека нивниот број се намалува сразмерно на апсорпционата способност на гасниот столб што го дели радиоактивниот извор на алфа-честииците од луминисцентниот екран. При определена дебелина на тој столб, алфа-честииците беа наполно апсорбирани и сцинтилации не се набљудуваа. Но при полнење на кутијата со сув воздух и поставување на радиоактивниот извор на алфа-честииците на такво растојание од луминисцентниот екран, да ни една алфа-честиица не може да стигне до него, т. е. воздухот сите да ги запре, беше откриен неочекуван ефект. Имено на луминисцентниот екран беа забележени неколку слаби сцинтилации. Ефектот беше уште посилен при полнење на кутијата со сув азот. Јасно беше дека овие нови честиици што предизвикуваат сцинтилации се должат на заимнодејството на алфа-честииците и азотот.

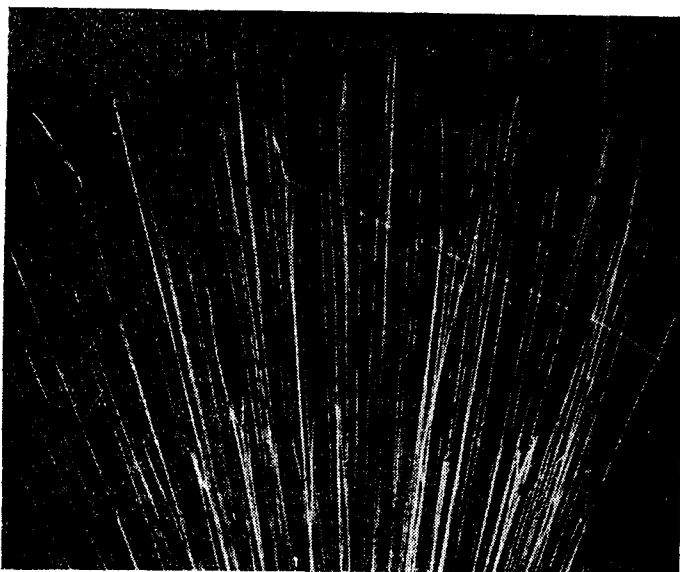
Испитувањата покажаа навистина дека овие слаби сцинтилации се предизвикани од протони што се емитираат при заимната реакција на хелиумовите атомни јадра, т. е. алфа-честииците, и јадрата на азотот. Оваа прва јадрена реакција може да се претстави на следниот начин:



што значи дека атомното јадро на азотот со реден број 7 и масен број 14, во реакција се една алфа-честиица, т. е. јадрото на хелиумот со реден број 2 и масен број 4, дало јадро на кислород со реден број 8 и масен број 17 и јадро на водород, т. е. протон, со реден број 1 и масен број 1.

Оваа јадрена реакција подоцна беше остварена и фотографирана од англискиот физичар *Блекет* со помошта на *Вилсонова маглена комора* наполнета со азот, сл. 2. Меѓу многубројните трагови на алфа-честииците што се гледаат на фотографијата, а што излегуваат од еден радиоактивен препарат, еден траг се разделува на едно место во две гранки. На фотографијата тоа место се најдува горе и нешто лево од средината. На тоа место станала споменатата јадрена реакција. Кратката подебела гранка, што оди малце влево од правецот на алфа-честиицата, е трагот на новодобиеното ки-

слородно атомно јадро, а танката и подолга гранка, што оди десно и повеќе надолу, е траг на новодобиеното водородно атомно јадро, протонот.



Сл. 2. Разбивање на азотово атомно јадро со алфа-честица при нивното судрување.

Макар што бројот на азотовите атомни јадра што си заимнодејствуваат беше извонредно мал¹⁾, важноста на ова откритие со тоа не се намалува. Тоа направи цел пресврт во испитувањето на составот на атомното јадро и го покажа патот по кој требаше да се оди за да се оствари вековниот сон на алхемичарите, т. е. претворувањето на еден елемент во друг, конкретно во злато, и да се дојде до нешто уште поценно — до откривањето и ослободувањето на атомната енергија.

После ова вештачко претворување на елементите еден во друг, следеа претворувања и на други елементи, при кои претворувања за бомбардирање беа употребени не само алфа-честици, туку и други честици како наелектризирани така и ненаелектризирани. Техниката на овие претворувања денеска толку е напредната, да не само што се претворуваат еден во друг природно нерадиоактивните елементи, туку се добиени и нови елементи што не се најдуваат во природата.

Многубројните јадрени реакции што беа предизвикани со разни елементи покажаа дека и при други јадрени реакции, освен споменатата, се добиваат протони. Еве уште една таква јадрена реакција при која што како резултат на заимнодејството меѓу атомното јадро на флуорот и атомното јадро на

¹⁾ На секои 50.000 алфа-честици приближно само една можеше да погоди некое азотово атомно јадро и да влезе со него во реакција.

хелиумот, т. е. алфа-честицата, се добива атомно јадро на елементот неон и протон, т. е. атомно јадро на водород:



На овој начин беше експериментално докажано, дека протонот влегува во составот на атомното јадро и спрема тоа можеше да се извлече заклучок, дека во составот на атомното јадро влегуваат протони и електрони.

Во прилог на оваа поставка одеше и фактот, што масите на атомните јадра на чистите изотопи, определени со голема точност со масен спектограф, беа приближно цел број пати поголеми од маса на протонот. Поред тоа, како што знаеме, и електричниот полнеж на било кое атомно јадро за цел број пати е поголем од електричниот полнеж на протонот.

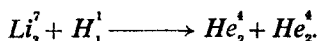
Како поткрепа пак дека и електроните се најдуваат во атомното јадро се сметаше нивното емитирање при бета-радиоактивното распаѓање, за кои се сметаше дека потекнуваат од атомното јадро.

Како резултат на сето ова се роди првата хипотеза за составот на атомното јадро, спрема којашто сите атомни јадра се составени од протони и електрони. Значи спрема оваа хипотеза, електроните влегуваат во составот на атомното јадро, а не само во електронската обвивка на атомот.

Оваа хипотеза не потсствува на Праутовата мисла искажана во почетокот на 19 век, спрема којашто атомите на сите елементи се состојат од различен број водородни атоми. Како што е познато, Праутовата поставка беше отфрлена, бидејќи точните мерења на атомните тежини на различни елементи покажаа, дека тие не се за цел број пати поголеми од атомната тежина на водородот, како што се очекуваше да биде согласно на Праутовата поставка. Со откривањето на изотопите ова основна мачнотија за Праутовата поставка беше отстранета, бидејќи атомните тежини на природните елементи, одредени по хемиски пат, се јавуваат како еден вид средни вредности на атомните тежини на изотопите на дотичниот елемент.

Но Праутовата поставка и вака обновена и во соодветно изменета форма не можеше да се одржи. Понатамошните испитувања на строежот на атомното јадро покажа, дека е точна поставката за постоењето на протони во атомното јадро, но дека електрони во атомното јадро нема. До ваков заклучок доведува и таласната механика.

Во посочените два примера за јадрени реакции како проектили за бомбардирање и изменување на атомните јадра се употребуваат алфа-честиците. Но одма после првите успеси постигнати со примената на алфа-честиците за изменување на атомните јадра, почнуваат да се употребуваат и протоните како проектили за бомбардирање и изменување на атомните јадра. Еве една таква јадрена реакција при којашто како проектил за бомбардирање на атомните јадра служи протонот:



Оваа јадрена реакција ни покажува дека атомното јадро на литиумот, откако примило еден протон, се распаднало на две хелиумови атомни јадра, т. е. од литиум и водород се добил хелиум. Добиените две алфа-честици се разлетуваат со брзина од преку 20000 км/сек.

Но не само алфа-честиците и атомните јадра на најлесниот водороден изотоп, т. е. протоните, туку и атомните јадра на потешкиот водороден изотоп — деутериумот (D), т. е. деутроните, набргу почнуваат да се употребуваат како проектили за бомбардирање и претворување на атомните јадра. Пример за една таква јадрена реакција е следнава:



И при оваа јадрена реакција откако деутронот, т. е. атомното јадро на деутериумот, влегло во атомното јадро на литиумот, атомното јадро на литиумот се расцепува на две алфа-честици.

Во посочените јадрени реакции како проектили за бомбардирање служат позитивно наелектризираните честици, т. е. алфа-честици, протони и деутрони. Но баш нивната позитивна наелектризираност се јавува како битен недостаток при нивната употреба за бомбардирање и претворување на атомните јадра. Сите атомни јадра, како што знаеме, се позитивно наелектризираните и спрема тоа споменатите употребувани честици за бомбардирање се одбиваат од нив кога му се приближат. Спрема тоа за да тие влезат во атомното јадро треба да имаат голема енергија односно брзина. Затоа се јави потреба да се конструираат тавки уреди коишто ќе можат на употребуваните честици за бомбардирање на атомните јадра да им дадат таква брзина при којашто нивната енергија ќе биде достаточна да тие продрат во бомбардираното атомно јадро и предизвикаат претворување во други атомни јадра. И навистина такви уреди брзо се конструираа.

Откривањето на неутронот и атомното јадро

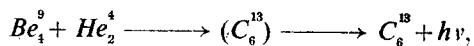
После првото вештачко претворување на елементите еден до друг произведено 1919 година се утврди, како што видовме, дека во составот на атомното јадро влегуваат протони. На овој начин значително се приближивме кон составот на атомното јадро. Обидите за вештачко претворување на елементите еден во друг продолжија со голем замав. Како проектили за бомбардирање на атомните јадра на разни хемиски елементи во прво време се ползуваа алфа-честиците на радиоактивните елементи, а подоцна протоните и деутроните. Како резултат на вакви обиди вршени со алфа-честици беше откриена 1932 година една нова честица, честица со маса приближно еднаква на масата на протонот, но електрички неутрална. Оваа честица е наречена неутрон.

Претпоставката за постоењето на неутронот може да се каже дека датира од 1920 година. Таа година во едно свое предавање Резерфорд рече: „Под извесни услови... би можело на електронот да му биде можно да потесно се сврзи со водородното атомно јадро, т. е. со протонот, и така да образува некој вид неутрален дублет. Ваков атом би имал нови особини. Неговото

надворешно поле практички би било нула . . . и спрема тоа би требало овој атом да биде способен за слободно движење низ материјата. Вероватно ќе биде тешко да се открие присуството на овој атом и тој не би можел да се задржи во затворен сад". И навистина 12 години после ова пророчанско предвидување, вештачките претворувања на разните атомни јадра предизвикувани со бомбардирање со алфа-честици, доведоа до откривање на неутронот, неутрална честица со маса многу блиска до масата на протонот.

1930 год. германските физичари *Боје* и *Бекер* констатираа, дека при бомбардирањето со алфа-честици, добиени од природно радиоактивниот елемент полониум, на некои лесни елементи, нарочно берилиумот, а во помала мера и борот, литиумот и други, се емитура од нив некое зрачење слабо по интензитет, но со поголема продорна способност и од најпродорните гамазраци од природните радиоактивни елементи.

Дури и на најпродорните гамазраци испуштани од $Th (C' + C'')$ интензитетот им намалува на половина при преминувањето низ оловен слој дебел 1,5, см., дотука за да спадне на половина интензитетот на ова новооткриено зрачење испуштано од берилиумот под дејството на алфа-честиците, треба да мине низ оловен слој дебел 5 см. Отпрвин беше претположено дека ова зрачење претставува многу продорни гамазраци, кои се јавуваат за сметка на тоа, што при присоединувањето на една алфа-честица кон атомното јадро, на пример ка Be_4^9 , се добива јако возбудено атомно јадро на јагленородниот изотоп C_6^{13} , коешто преминувајќи во нормална состојба испушта фотон ($h\nu$) со голема енергија. Се претпоставуваше дека оваа појава тече по следната шема:



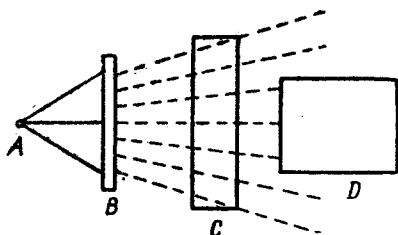
каде што (C_6^{13}) го претставува возбуденото атомно јадро на јагленородниот изотоп C_6^{13} .

Шемата на вршените обиди за откривање на неутроните е претставена на сл. 3, каде што е *A* радиоактивниот препарат што испушта алфа-честици, *B* бомбардираниот елемент (берилиум, бор), *C* оловна плоча и *D* Вилсонова комора.

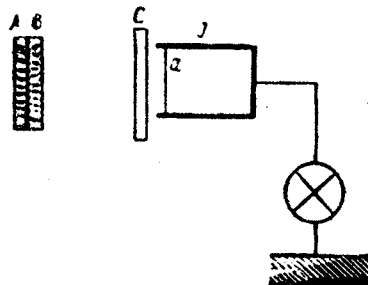
Електричната неутралност на ова зрачење е утврдена по тоа, што ова зрачење не си го менува својот правец на движење нити под дејството на магнетно поле, нити под дејството на електрично поле.

Испитувајќи го ова зрачење француските физичари *Ирена Жوليو-Кири* и *Фредерик Жوليو-Кири* открија 1932 година, дека ако пред јонизационата комора, со која се мери интензитетот на ова продорно зрачење, се стави некоја материја што содржи доста водород, на пример плочица од парафин, струјата во комората одеднаш нараснува. Значи јонизационото дејство на ова зрачење многу се зголемило со ставување пред комората плочица од парафин. Шематски овој обид е претставен на сл. 4, каде што е *A* метална плоча на којашто е нанесен радиоактивен препарат што испушта алфа-честици, *B* плочица од берилиум, *C* парафинска плочица, *J* јонизациона комора со прозорче затворено со танок лист од монинок *a*.

Овој ефект се објаснува на следниов начин. Зрачењето испуштано од берилиумот под дејството на алфа-честиците, истерува од парафинската плочица протони на коишто и се должи јакото јонизационо дејство.



Сл. 3. Шема на обидот за откривање на неутроните.



Сл. 4. Шема на обидот на Ирена Жолио-Кири и Фредерик Жолио—Кири.

Траговите на протоните испуштани од парафинот под дејството на новооткриеното зрачење можат да бидат фотографирани ако во предодниот обид, наместо јонизациона комора, се употреби Вилсонова комора или пак ако самата Вилсонова комора се наполни со некој гас што е богат со водород, на пример метан, и директно се зрачи комората со зрачењето што го испушта берилиумот под дејството на алфа-честиците. Во последниов случај протоните се истеруваат од самиот гас содржан во комората.

На овој начин се покажа дека продорното зрачење испуштано од берилиумот, како и од другите лесни елементи, има способност да му соопшти на протоните поголемо количество на движење. Подоцна беше констатирано дека ова продорно зрачење може да забрзува, т. е. да им соопштува брзина и на потешките честици од протонот, како што се на пример атомните јадра на азотот, па дури и на потешките криптонови атомни јадра.

Вакви особини на ова зрачење никако не можеа да се согласат со фотонската природа која му се припишуваше. Ако ова зрачење има навистина фотонска природа, тогаш неговите фотони требаше да имаат многу поголема енергија отколку што можеше ним да им се припише. Така на пример еден протон што се истерува од парафинот под дејството на ова зрачење има во воздухот домет околу 40 см, на кој му одговара енергија од околу $5MeV$. Ако пак се претпостави дека протонот добил забрзување за сметка на еластичниот судар со еден гама фотон, тогаш енергијата на фотонот треба да биде $55MeV$, а не $5MeV$. Поред тоа ако на ова зрачење треба да му се припише фотонска природа, тогаш на гама-зраците треба да им се припишува енергија зависна од природата на атомните јадра коишто тие ги забрзуваат. Така на пример од природата на атомните јадра коишто тие ги забрзуваат. Така на пример во случај да е забрзано атомно јадро на азотот, на фотонот што се судрил со азотовото атомно јадро и го забрзал, треба да му се припише енергија од $90MeV$.

Излез од оваа положба најде англискиот физичар Чегвик. Тој покажа 1932 година, дека атомните јадра на коишто им соопштуваат брзина зраците

што ги испушта берилиумот и другите лесни елементи под дејството на алфа-честиците на радиоактивните елементи, имаат брзина којашто би требало да ја имаат кога се судрат не со фотони, туку со неутрални честици чија што маса приближно е еднаква на масата на протоните. На овој начин беа отклонети сите мацнотии во поглед толкувањето на новооткриеното продорно зрачење и дефинитивно беше утврдено, дека тоа претставува поток на неутрални честици. Овие честици, како што спомнавме порано, се наречени неутрони. На овој начин Резерфордовото претскажување за постоењето на една неутрална честица со маса единица беше потврдено.

Неутроните ќе ги обележуваме со знакот n_0^1 , што значи дека електричниот полнеж односно редниот број $Z=0$, а масениот број $A=1$. Sprema тоа процесот на образувањето на неутрони при бомбардирањето на берилиумот со алфа-честици на радиоактивните елементи може да се претстави по следната шема:



Бидејќи неутроните немаат електричен полнеж, тоа меѓу нив од една страна и електроните и атомните јадра од друга страна, не постои никакво електрично заимнодејство, со што и се објаснува нивното големо продорно дејство. По истата причина тие скоро не предизвикуваат јонизација и затоа не оставаат трагови во Вилсоновата комора, заради што и беше тешко нивното откривање. Но ако на својот пат тие сретнат некое атомно јадро, тогаш сударот со него станува како судар меѓу еластични топчиња, со важност како на законот за запазување на енергијата, така и на законот за запазување на количеството на движењето. Удреното атомно јадро, на кое му е соопштено извесно количество на движење, го јонизира гасот низ којшто мине и ако тоа движење станува во Вилсонова комара, се појавува траг. Од должината на трагот може да се определи неговата максимална брзина, која после може да послужи за пресметување на масата и брзината на неутронот.

На сл. 5 се претставени трагови на протони добиени под дејството на неутрони од гасот метан што се најдува во Вилсоновата комара под притисок од 3,5 атмосферери.

Полнежки ја Вилсоновата комора со различни гасови може да се види од кои гасови се добива, под дејството на неутрони, најинтензивно јонизираше зрачење.

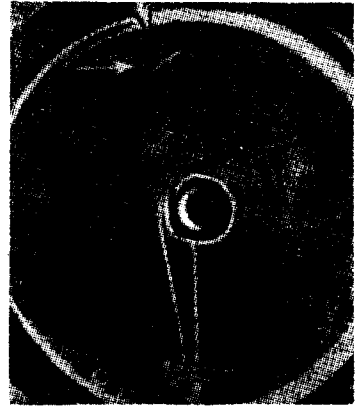
На сл. 6 може да се види еден траг што го оставило едно азотово атомно јадро после сударот со еден неутрон. Овој траг се најдува на горниот дел на сликата и е маркиран со две стрелки. Тој е краток и широк, што е знак дека е траг на потешка честица, во случајов на азотовото атомно јадро.

Во центарот на сликата се најдува една цевчица во која има радиоактивен препарат од полониум, што испушта алфа-честици, и берилиум од кој излегуваат неутрони не оставајќи на своите патишта никакви трагови. Долу на сликата може да се види една плочица на која се најдува слаб радиоактивен препарат. Од неа излегуваат два трага на алфа-честици. Овој слаб радиоактивен препарат внесен е во Вилсоновата комора за да се види дали таа нормално работи.

По индиректен пат неутроните можат да бидат регистрирани не само со јонизациона и Вилсонова комара, туку и со разните видови бројачи, како и со фотографска плоча со специјална емулзија.



Сл. 5. Трагови на протони добиени под дејството на неутрони од гасот метан содржан во Вилсонова комара.



Сл. 6. Фотографија на траг на едно азотово атомно јадро кое што претрпело судар со еден неутрон.

Еве сега како може да се определи масата и брзината на неутронот на основа на она што го знаеме досега за него. Масата на неутронот ќе ја означиме со M_n , неговата брзина во моментот пред сударот со v_0 , а брзината одма после сударот со v_1 . Масата на атомното јадро со кое се судрил неутронот, т.е. масата на отфрленото атомно јадро, ќе ја обележиме со M , неговата брзина пред сударот нека е нула, а после сударот v . Во случај на еластичен централен судар, т.е. кога удреното атомно јадро е отфрлено во ист правец во којшто се движел и неутронот, на основа на законот за запазување на енергијата и количеството на движење, ќе имаме:

$$\frac{M_n v_0^2}{2} = \frac{M_n v_1^2}{2} + \frac{M v^2}{2}$$

$$M_n v_0 = M_n v_1 + M v$$

Елиминирајќи ја брзината v_1 , за брзината на отфрленото атомно јадро најдуваме:

$$v = \frac{2 M_n}{M_n + M_H} v_0 \quad (1)$$

Ако Вилсоновата комора, низ којашто се движат неутроните, еднаш ја наполниме со водород, чија атомна маса е $M_H = 1$, а другпат со азот, чија атомна маса е $M_N = 14$, тогаш соодветно на равенката (1) ќе добиеме:

$$v_H = \frac{2 M_n}{M_n + M_H} v_0$$

$$v_N = \frac{2 M_n}{M_n + M_N} v_0$$

Делејќи ги овие две равенки добиваме:

$$\frac{v_H}{v_N} = \frac{M_n + M_N}{M_n + M_H} \quad \text{или}$$

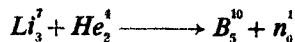
$$\frac{v_H}{v_N} = \frac{M_n + 14}{M_n + 1} \quad (2)$$

Брзините v_H и v_N можат да се определат по експериментален пат од должините на траговите оставени од водородните односно азотните атомни јадра во Вилсоновата комора. На овој начин во горната равенка останува непознато само M_n , т. е. масата на неутронот, која може сега лесно да се пресмета од равенката (2). Спрема современите податоци масата на неутронот $M_n = 1,00893$ АЕМ (атомни единици за маса. 1 АЕМ = $1,660 \cdot 10^{-24}$ грама). Таа е нешто малце поголема од масата на протонот.

Внесувајќи ја пак најдената вредност за M_n во равенката (1), може да се пресмета и брзината v_0 , т. е. брзината на неутронот во моментот пред сударот, бидејќи брзината v , т. е. брзината на отфрленото атомно јадро може да биде експериментално определена од должината на трагот оставен од него во Вилсоновата комора.

Фактот што различни парови атомни јадра¹⁾ доведуваат до една иста вредност за масата на неутронот M_n , е потврда за правилната констатација на Чедвик, дека зрачењето што го испушта берилиумот и другите лесни елементи под дејството на алфа-честиците на радиоактивните елементи не е составено од фотони, туку од неутрони.

Како што спомнавме, неутроните не се ослободуваат само при бомбардирањето на берилиумот со алфа-честици испуштани од радиоактивните елементи, туку и при бомбардирањето на други лесни атомни јадра. Еве уште две јадрени реакции во чии што резултат се добиваат неутрони:



Посочените експериментални факти јасно покажаа дека во составот на атомното јадро влегува и неутронот. Но важноста на откривањето на неу-

¹⁾ Во посочениот пример ние зедеме атомни јадра на водород и азот.

троните не се состои само во тоа што се разреши прашањето за составот на атомното јадро. Со нивното откривање се добија извонредно zgodни честичи за бомбардирање и расцепување на атомните јадра. Како електрички неутрални честичи тие ги немаат оние недостатоци што ги имаат позитивно наелектризираните честичи, кои до откривањето на неутроните се употребуваа за бомбардирање и изменување на атомните јадра. Неутроните не трпат електростатичко одбивање од позитивно наелектризираните атомни јадра и затоа лесно можат да им се приближат и проникнат во нив, при коешто проникнување предизвикуваат јадрено претворување. Во ова се состои и грамадната роља што ја играат неутроните при современото ослободување на атомната енергија.

Во слободна состојба, т.е. надвор од атомното јадро, неутронот се јавува како бета-радиоактивна честича со време на полураспаѓање околу 30 мин. Тој се распаѓа по следнава шема:

$$n_0^1 = p_1^1 + e^- + \nu,$$

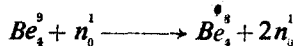
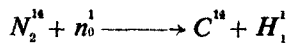
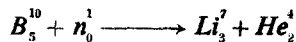
т.е. секој неутрон се распаѓа на протон, електрон и неутрино. Неутриното е неутрална честича со маса на мирување многу помала од масата на електронот.

Поред тоа неутронот не може да постои подолго време во слободна состојба и заради тоа, што тој лесно се присоединува кон некое атомно јадро, предизвикувајќи јадрена реакција или создавајќи негов изотоп.

Поред споменатите три вида јадрени реакции од типот (α , n), при кои се добиваат неутрони, постојат уште низа јадрени реакции од друг тип при коишто исто така се ослободуваат неутрони. Но најголеми извори на неутроните се јадрените реактори во кои се ослободува атомна енергија (јадрена енергија).

Неутроните што се добиваат како резултат на јадрените реакции од типот на реакциите (α , n), на пример кога на берилиумот се дејствува со алфа-честичи испуштани од радиумот, т.е. неутроните што се добиваат од изворот на неутрони $Ra + Be$, имаат дисконтинуиран енергетски спектар. Ова е заради тоа што радиумот во споменатиот извор на неутрони присуствува заедно со своите производи на распаѓањето, кои не испуштаат алфа-честичи со еднаква енергија.

Одма после откривањето на неутроните тие беа употребени, како многу zgodни честичи, за предизвикување на голем број различни јадрени реакции. Познати се многубројни примери на следниве видови јадрени реакции: (n , α), (n , p), (n , $2n$), (n , $h\nu$). За посочените видови јадрени реакции можеме да ги наведеме следниве примери:



Последнава јадрена реакција нарочно е интересна, бидејќи таа ни покажува, дека деутронот е составен од протон и неутрон. Ова се потврдува и со фактот што е можен и обратен процес, т.е. раставување на деутронот на протон и неутрон под дејството на гама-фотони со голема енергија. Оваа појава позната е под името јадрен фотоефект и станува по следнава шема:



Покрај посочените видови јадрени реакции предизвикани со неутрони, постои уште еден вид јадрена реакција предизвикана со неутрони и тоа најважен. Овој вид јадрена реакција се состои во расцепувањето на тешките атомни јадра, на пример урановото атомно јадро, на два приближно еднакви дела кога тоа се бомбардира со неутрони. Оваа појава позната е под името јадрена фисија. Реакции од овој тип скратено се обележуваат (n, f) .

Откривањето на неутронот го расветли составот на атомното јадро. Одма после неговото откривање советскиот физичар *Иваненко* и германскиот физичар *Хајзенбер* независно еден од друг поставија хипотеза, дека *атомниите јадра на сите атоми се состојат од протони и неутрони*. Оваа хипотеза денеска е општо призната. Двете овие честици од кои се изградени сите досега познати атомни јадра се викаат со едно име **нуклеони**.

Електричниот полнеж на атомното јадро, а со тоа и редниот број на атомот, зависат само од бројот на протоните во атомното јадро, бидејќи неутронот е електрички неутрален. Sprema тоа редниот број Z за елементите во природниот систем на елементите еднаков е со бројот протони N_p во атомното јадро односно со бројот електрони во електронската обвивка на атомот, кога атомот не е јонизиран:

$$Z = N_p.$$

Масата на протонот и неутронот, како што видовме, приближно е еднаква на една атомна единица за маса во физичката скала за атомни маси. Sprema тоа и масата на атомното јадро, кое е составено од протони и неутрони, ќе биде изразена приближно со цел број вакви единици. Овај број, не е тешко да се разбере, дека ќе биде еднаков на масениот број A на дотичниот чист изотоп на дадениот елемент. Значи масениот број A е еднаков на збирот на протоните и неутроните во атомното јадро:

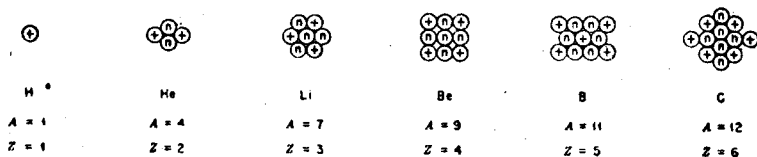
$$A = N_p + N_n \text{ или } A = Z + N_n,$$

каде што е N_n бројот на неутроните во атомното јадро. Sprema тоа бројот на неутроните во атомното јадро ќе биде:

$$N_n = A - N_p \text{ или } N_n = A - Z$$

На сл. 7 шематски се претставени атомните јадра на најраспространетите изотопи на првите неколку елементи од периодниот систем.

Кај најраспространетиот изотоп на водородот $A=1$ и $Z=1$. Значи неговите атомни јадра се состоат само од еден протон. Кај најраспространетиот изотоп на хелиумот $A=4$, а $Z=2$, што значи дека неговите атомни јадра се состоат од два протони и два неутрони итн.



Сл. 7. Шематска претстава на составот на атомните јадра од протони и неутрони.

Атомните јадра на сите елементи се разликуваат едни од други по бројот протони, бидејќи од нив зависи електричниот полнеж на атомното јадро односно редниот број кој е карактерен за секој даден елемент. *Усвоете ли да го измениме бројот на протоните во дадено атомно јадро, ќе го измениме и самиот елемент чие што атомно јадро се разликуваше.* Значи од бројот на протоните во атомното јадро зависи дали ќе имаме овој или оној елемент.

Бројот неутрони пак во атомното јадро може да биде нула, како што е единствен случај кај најраспространетиот изотоп на водородот, еднаков на бројот на протони, помал од него или пак најчесто поголем од него.

Атомните јадра на изотопите се разликуваат меѓу себе само по б р о ј о т н е у т р о н и, дури бројот протони им е и с т. Затоа атомните јадра на изотопите имаат еден ист реден број, па спрема тоа и ист број протони, а атомните маси им се различни.

Така на пример природниот кислород е смеса на три изотопи: O_8^{18} , O_8^{17} и O_8^{16} . Но поред тоа постоат уште три неснабилни (радиоактивни) изотопи на кислородот и тоа. O_8^{14} , O_8^{15} и O_8^{19} . Јасно е дека бројот протони и неутрони во атомните јадра на овие шест изотопи на кислород ќе биде:

	N_p	N_n
O_8^{14}	8	6
O_8^{15}	8	7
O_8^{16}	8	8
O_8^{17}	8	9
O_8^{18}	8	10
O_8^{19}	8	11

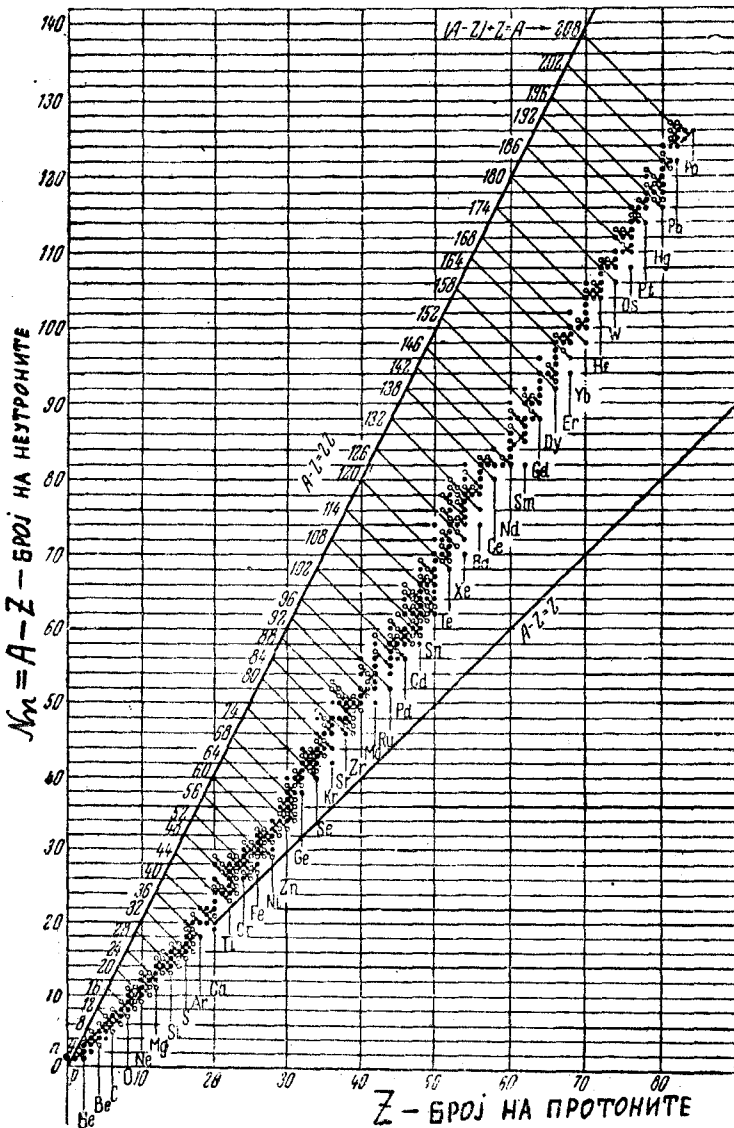
Изоборите имаат различен број протони и неутрони во атомните јадра, но нивниот збир е ист, па затоа имаат ист масен број. Така на пример имаме:

	N_p	N_n
Ar_{18}^{40}	18	22
Ca_{20}^{40}	20	20

Расподелба на атомните јадра

Бројот на познатите досега различни атомни јадра далеку е поголем од бројот на познатите хемиски елементи. Дури досега е познато преку илјада и неколку стотини различни атомни јадра, дотука е познато само 102 хемиски елементи. Значи бројот на досега познатите различни атомни јадра повеќе од десетина пати е поголем од бројот на познатите елементи. Ова е, како што видовме, заради тоа што хемиските елементи се јавуваат во вид на повеќе изотопи, а некои имаат дури и повеќе од десетина.

Претставувајќи го секое атомно јадро со едно кружче на еден дијаграм по чија што апсцисна оска се пренесува бројот на протоните Z , а по ординатната оска бројот на неутроните, $Nn=A-Z$, во даденото атомно јадро, може да се добие добар увид за стабилните и радиоактивни атомни јадра. На сл. 8 е даден еден ваков дијаграм. Стабилните изотопи на дијаграмот се претставени со црни кружчиња, а нестабилните со непоцрнети кружчиња.



Сл. 8. Стабилни и радиоактивни атомни јадра.

Јасно е дека сите изотопи на еден даден елемент се распоредени на овој дијаграм на една вертикална права, а изоборите на наведени прави кои минат низ изобарните атомни јадра. Месените броеви на изоборните атомни јадра се назначени покрај правата $A-Z=2Z$, т. е. правата на која би и одговарале атомните јадра коишто во својот состав имаат двапати повеќе неутрони од протони. Заради прегледноста на самата слика, на сликата не се претставени сите споменати наведени прави на кои лежат изобарите, но нес тешко да се повлечат и тие.

Од положбата на атомното јадро на дијаграмот може одма да се види од колку протони и неутрони е составено тоа атомно јадро. Атомните јадра што се најдуваат на правата линија повлечена од координатниот почеток под агол од 45° спрема апсцисната оска, имаат еднаков број протони и неутрони, т. е. $Z=Nn$. Таа линија на сликата е означена со $A-Z=Z$. Атомните јадра пак што се најдуваат над оваа линија имаат поголем број неутрони од протони, а под неа поголем број протони од неутрони.

Од дијаграмот се гледа, дека околу оваа права линија се групирани стабилните изотопи со не голем масен број. Од ова пак заклучуваме, дека од атомните јадра со мал број протони најстабилни се јавуваат оние атомни јадра кај кои е бројот протони еднаков на бројот неутрони. Оваа симетрија меѓу бројот протони и неутрони се нарушува при јадрата со поголем масен број и тоа во полза на неутроните. Доколку е поголем масениот број A , до толку повеќе во атомното јадро бројот на неутроните е поголем од бројот на протоните. Така на пример при уранот 238 има 54 неутрони повеќе од протони.

Од овој краток преглед на атомните јадра може да се види дека се можни само определени комбинации на протони и неутрони во атомното јадро. При едни комбинации на протони и неутрони се добиваат стабилни атомни јадра, а при други нестабилни, т. е. радиоактивни. Било какви комбинации на протони и неутрони по број во атомното јадро, сосем разбирливо, се неможни. Значи протоните и неутроните можат да се здружуваат и да образуваат повеќе или помалку стабилни атомни јадра само при определен нивни броев однос.

ЛИТЕРАТУРА

1. *A. Berthelot* — Noyau atomique, 1948
2. *Э. В. Шюльский* — Атомная физика, том II, 1951
3. *К. Н. Елизаров* — Основы учения о строении атома в курсе физики средней школы, 1953
4. *L. Rosenfeld* — L'exploitation du noyau atomique, 1952
5. *M. E. Nahmais* — Liberation et exploitation de l'énergie nucléaire, 1953
6. *H. A. Власов* — Нейтроны, 1955
7. *Я. Френкел* — Освобождение внутриатомной энергии, 1946
8. *S. Glasstone* — Sourcebook on Atomic Energy, 1950
9. — *Э. Сејре (редакција)* — Экспериментальная ядерная физика, том II, 1955