

O`zbekiston respublikasi xalq ta`lim vazirligi

Ajiniyoz nomidagi Nukus davlat pedagogika instituti

Fizika matematika fakulteti

Fizika- astronomiyani o`qitish metodikasi talim yo`nalishi

4-^b kurs talabasi

Yuldashev Mardonbekning

mutaxassislik

BITIRUV ISHI

Mavzu:Yadroviy reaksiyalarni kasb-hunar kollejlarida o`qitish

Ilimiy raxbar:

dots.M. A.Jumamuratov

Kafedra mudiri:

f.m.f.d. A.Kamalov

Talaba:

M.Yuldashev

Nukus-2016

Mundarija

1-Kirish qismi

1.1. Atom yadrosining tuzilishi

1.2. Atom yadrosining xususiyatlari.

1.3. Yadrolarning o`lchami va zichligi

2-Asosiy qism

2.Yadroviy reaksiyalarni kasb-hunar kollejlarida o`qitish

2.1.Yadroviy reaksiyalar

2.2.Yadroviy reaksiyaning turlari

2.3. Zanjirli reaksiyalar

Xulosa

Foydalangan adabiyotlar

1.KIRISH QISMI

Kirish

Ishning aktualligi va maqsadi. O'zbekiston Respublikasida ta'lim-tarbiya davlat siyosati darajasiga ko'tarilib, mutlaqo yangicha qarash barpo etildi, desak mubolag'a bo'lmaydi. O'rta umumiy ta'lim maktablari o'quvchilarga 9 yil davomida tasdiqlangan me'yoriy xujjatlar asosida o'ziga xos darajada yakuniga etgan zamonaviy bilim berishni nazarda tutadi. Kasb-hunar kollejlari esa, o'quvchi yoshlar o'z qiziqishlaridan kelib chiqib ixtiyoriy-majburiy holda bilim, malaka va ko'nikmalarni chuqurlashtirish imkoniyatiga ega bo'ladilar. Ma'lumki, Vazirlar Mahkamasining 1998 yil 23 sentyabrdagi 406-sonli qarorida "Kadrlar tayyorlash milliy dasturiga asosan kasb-hunar kollejlari tarmog'ini yaratish va rivojlantirish, ularni respublika xududida maqbo'l joylashtirish va zamonaviy talablarga muvofiq texnika va o'quv jihozlari bilan ta'minlash bo'yicha qator vazifalar belgilangan. Mazkur qarorga ko'ra yangi kasb-hunar o'quv muassasalarida dars beradigan o'qituvchilarning ilmiy, hamda uslubiy tayyorgarlik darajasiga bo'lgan talab alohida o'rin tutadi.

Yechilishi kerak masalalar. Qanday turdagi muassasa bo'lmasin, yoki qanday ko'rinishdagi o'quv predmeti bo'lmasin, milliy g'oya va uni tamoyillari bilan uzviy sug'orilgan bo'lishi talab etiladi. Shuning uchun ham davr talabidan kelib chiquvchi o'quv-uslubiy majmualarni yangilash, yaratish davlat siyosati darajasiga ko'tarildi. Shu munosabat bilan oliy o'quv yurti dargohida bakalavriyat bosqichida tahsil olayotgan bo'lajak fizika o'qituvchilari uchun zamon talabi darajasidagi fizika va astronomiyani o'qitishning dolzarb muammolari hisoblandi. Ushbu bakalavr bitiruv ishi hajmi jihatidan katta bo'lmasada mazmun jihatidan keng qamrovli milliy g'oya asosida shakllangan vayadroviiy reaksiyalarni kasb-hunar kollejlari o'qitish talab darajasidabo'lishi talab etiladi. Mazkur bakalavr bitiruv ishi kasb-hunar kollej o'quvchilariga mo'ljallangan ekan, demak, ushbu o'quv muassasalarini bitiruvchilari oldiga qo'yilgan talablarni bevosita hisobga olish kerak bo'ladi. Xususan, kollej o'quvchilarini fizika va astronomiyani o'qitish jarayonida: nazariy va amaliy bilim, malaka va ko'nikmaga ega bo'lish, tafakkur doirasining yetarli shakllangan bo'lishi

talab etiladi. Albatta, yuqorida qayd etilgan talablar asosida yozilayotgan bakalavr bitiruv ishi yanada keng qamrovli va ser qirrali jihatlarni hisobga olishi har bir akademik litsey va kasb-hunar talabalarining shaxsiy tayyorgarlik darajasi bilan belgilanadi. Eng muhimi, mazkur fizika va astronomiyani o`qitish o`z mazmuni va vazifasiga ko`ra kasb-hunar o`quv muassasalarida fizikadan to`la qonli dars bera oladigan mutaxassis sifatida shakllanishiga xizmat qiladi. Fizika va astronomiyani o`qitishda pedagog sifatida nazariy bilimlar bilan qurollantirishni nazarda tutadi. Fizika va astronomiyani o`qitishning xususiy masalalari bevosita ta`lim mazmunini ifodalovchi me`yoriy xujjatlar, ya`ni fizikadan o`quv reja va o`quv dastur mohiyati bilan bog`liq holda o`rganiladi. Demak, o`qitishning xususiy masalalari fizika va astronomiyada o`quv dasturi va shu asosda tayyorlangan o`quv qo`llanmalarni hayotga joriy etilishini nazarda tutadi. Modomiki yangi o`quv muassasalarining, jumladan fizika va astronomiya ta`lim mazmunida o`ziga xos o`zgarishlar amalga oshirilsa, bu demak, fizika va astronomiyani o`qitish mazmuni ham mazkur o`zgarishlar izidan boradi degani emas. Shu munosabat bilan fizika va astronomiyani o`qitish ta`lim mazmunidagi ustivor jihatlarga, fizikaning fundamental mavzularini mazmuni va uslubiy tahliliga yo`naltiriladi.

**O`rganish predmeti.** Yozilayotgan bakalavr bitiruv ishi talabalarni fizika va astronomiya fanida yadroviy reaksiyalarni kasb-hunar kollejlarda o`qitishda shakllanayotgan yangicha fizikaviy qarashlarni, zamonaviy o`qitish texnologiyalaridan unumli foydalanishni nazarda tutadi.

1.1. Atom yadrosining tuzilishi

IX - asrning oxiriga kelib klassik fizika ko'pgina tabiiy hodisalarni tushuntirib beraolmay qoldi. Bunday hodisalar qatoriga absolyut qora jismning issiqlik nurlanishi, fotoeffekt, kompton effekti, kristallarning past temperaturalardagi issiqlik sig'imi, atom nurlanish spektri va boshqa hodisalarni kiritish mumkin. Bu hodisalar atrof-muxitni o'rab olgan materiyaning ichki xususiyatlariga, jarayonini bevosita kuzatib bo'lmaydigan mikro olamga xos bo'lib, uni hal qilish uchun o'sha paytlarda fanga yot bo'lgan tushunchalar kiritilishini talab qilar edi. Bunday tushunchalar esa hodisaning tub mohiyatidan kelib chiqishi kerak. Ana shunday yangi tushuncha - absolyut qora jismning nurlanish nazariyasini yaratishda Maks Plank (1900 y.) tomonidan taklif etilgan mikroob'ektlar energiyasini kvantlanishi bo'ldi. 1886 yilda Velgelm Vin absolyut qora jism nurlanishini tushuntirib, birlik hajm va chastota oraligiga mos keluvchi nurlanish energiyasi ν/T nisbat ortishi bilan eksponentsial holda kamayishini ko'rsatadigan formulani topishdi. Vinning bu formulasini klassik fizika nuqtai nazaridan tushuntirib bo'lmadi. Chunki, klassik fizikaga ko'ra chastota ortishi bilan nurlanish intensivligi ham ortib borishi kerak. M. Plank, Vin qonunini tushuntirish uchun absolyut qora jism turli chastotalarda nurlanuvchi cheksiz ko'p sonli zarrachalardan, yani nurlangichlardan (ostsillyatorlardan) iborat deb, bu nurlangichlarning energiyasi nurlanish natijasida uzluksiz holda o'zgarasdan, balki sakragan holda va doimo $h\nu$ energiya bo'lagi miqdorida o'zgaradi deb oldi. Plankning bu farazidan keyin ν/T nisbat ortishi bilan nurlanish qobiliyatining kamayishini tushuntirish mumkin bo'ldi va u bu faraziga asoslanib absolyut qora jism nurlanishining kvant nazariyasini yaratdi. Plank nurlanish modda zarrachalaridan kvantlar ko'rinishida, diskret holda chiqadi deb xisoblagan bo'lsa, A.Eynshteyn Plank g'oyasini yanada rivojlantirib, nurlanish moddada kvantlar holida yutiladi ham deb, fotoeffektni tushuntirishda klassik fizika duch kelgan muammoni yechib berdi. Eynshteyinning fotoeffekt nazariyasiga ko'ra, moddaga tushgan yorug'lik kvanti energiyasi elektronning chiqish ishidan katta bo'lsa, elektronlar moddadan uchib chiqadi va

fotoeffekt kuzatiladi. Uchib chiqqan elektronlarning kinetik energiyasi yorug`lik kvanti energiyasidan elektronlarning chiqish ishini ayirmasiga teng:  $e_k = hv - A$ . Bu nazariya tajriba asosida topilgan fotoeffekt qonunlarini tushuntirib berdi. Yorug`likning moddalarda kvantlar tarzida sochilishidan va yutilishidan yorug`likning o`zini ham kvant tarzida tarqalishi kelib chiqadi.

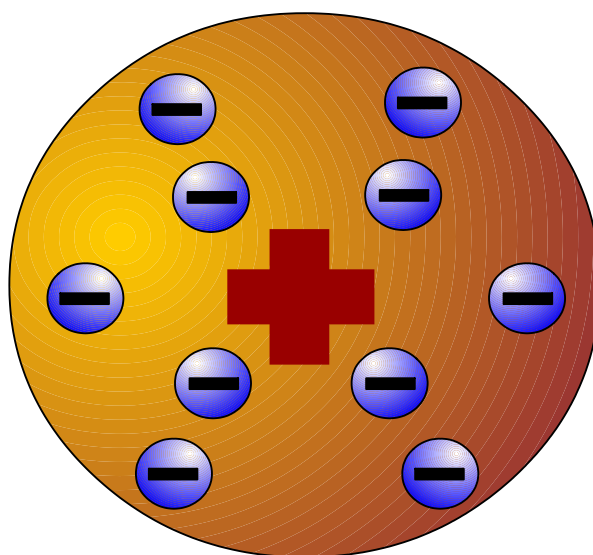
Klassik fizika kristallarning issiqlik sig`imini tushuntirishda ham ziddiyatga duch keldi. Kristallarning issiqlik sig`imi uchun klassik nazariyaga asoslanib chiqarilgan Dyulong-Pti qonunidan issiqlik sig`imini o`zgarmasligi kelib chiqadi:

$$S = 3R = 25 \text{ J/molp}\cdot\text{K}$$

Lekin tajribada kristallarning issiqlik sig`imi bilan temperatura orasidagi bo`lanishni o`rganish shuni kursatdiki, bu qonun faqat nisbatan yuqori temperaturalarda bajarilar ekan. Temperatura absolyut nolga yaqinlashishi bilan issiqlik sig`imi ham nolga intiladi. Bunday bo`lanish sababini klassik fizika tushuntirishga ojizlik qildi. Shundan keyin 1907 yilda A.Eynshteyn kvant tasavurlarga asoslanib, tajribaga mos keladigan issiqlik sig`imining kvant nazariyasini yaratdi. 1916 yilda Eynshteyn yorug`lik kvanti energiyasi  $h\nu$  ni uning impulsi  $h\nu/s$  bilan bo`lashni taklif qildi. Yorug`lik kvantlarini (fotonlarini) haqiqatdan ham mavjudligi 1923 yilda Kompton tajribasida, 1926 yilda Bote tajribasida tasdiqlandi. Atom energiyasi diskret, yani kvantlangan holda o`zgarishi Frank-Gerts tajribasida tasdiqlangandan keyin, yana bir qancha tajribalar kvantlanish g`oyasining tug`riligini asoslab berdi. Masalan, Shtern-Gerlax tajribalari atomlarning magnit momentlarida ham fazoviy kvantlanish mavjudligini isbotladi. Mikrozarraaning tolqin xossaga ega bo`lishi haqidagi de-Broylp gipotezasini Devisson va Jermerlar tajribasida tasdiqlanishi tolqin - korpuskula dualizmi nafaqat yorug`lik uchun, butun mikrozarra ko`rinishdagi moddalarga ham xos ekaniga shubg`a qoldirmadi.

Shunday keyin zarrachalarning tolqin hossalari hisobga oluvchi umumiy harakat tenglamasini yaratishga kirishildi. Bunday tenglamani avstriyalik fizik E.Shredinger yaratdi. Zarrachalarning tolqin xossalari organadigan fizikaning bo`limiga tolqin mexanikasi deyiladi.

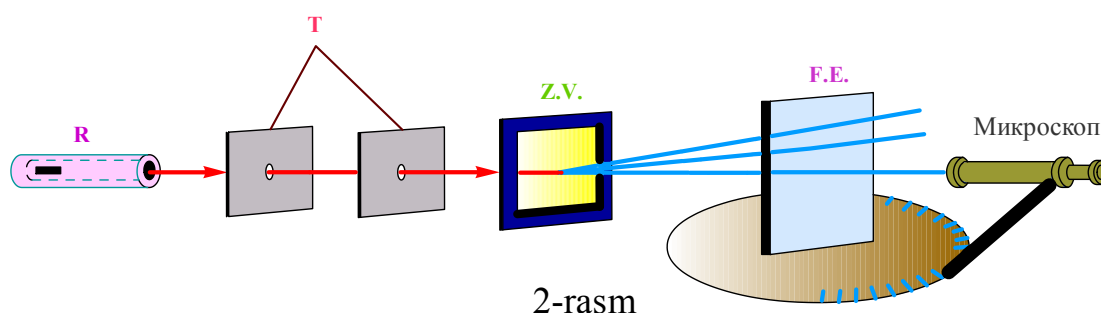
O'sha poyitka kelib klassik fizika gazlarning spektri va atom tuzilishini o'rganishda yana bir ziddiyatga duch keldi. Bu vaqtda atomlarning nurlanish spektri malum tartibda joylashgan spektral chiziqlardan iborat ekanligi malum bo'ldi. Yani, vodorod atomi va boshqa atomlarning spektral seriyalari aniqlandi. Lekin klassik fizika atomlarning spektri nima sababdan chiziqli ekanini va bu spektral chiziqlarning joylashishidagi qonuniyatlarni tushuntirib bera olmadi. Atom qanday tuzilgan, uning tuzilishi bilan spektrlaridagi qonuniyatlar orasida qanday bog'liqlik bor? Bunday savollarga klassik fizika javob topa olmadi. Klassik elektrodinamikaga ko'ra elektromagnit nurlanish zaryadlarning tebranishi natijasida hosil bo'ladi va uning chastotasi, zaryadlarning tebranish chastotasiga mos keladi. Bunga Gerts vibratorini misol qilib kursatish mumkin. Atomning klassik elektrodinamikaga asoslangan birinchi modelini J.J.Tomson (1856-1940) 1903 yilda taklif qilgan. Bu modelga binoan atom shar shaklida bo'lib, uning butun hajmida musbat zaryadlar bir tekis taqsimlangan. Shu musbat zaryadlar orasida elektronlar ham joylashgan bo'lib, ularning soni musbat zaryadlar soniga teng bo'lgani uchun atom neytral hisoblanadi(1-rasm).



1-rasm

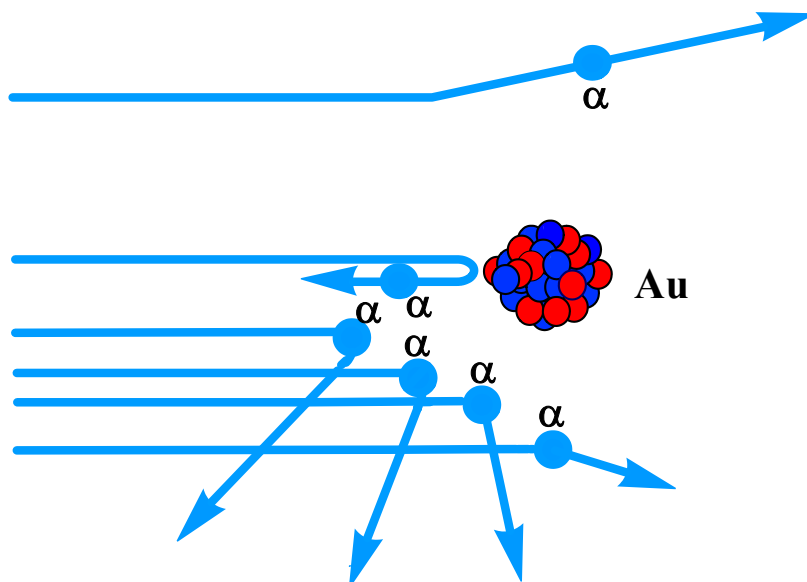
Elektron muvozanat vaziyatidan siljiganda uni muvozanat vaziyatiga qaytaruvchi elastiklik kuchga o'xshash kuch hosil bo'ladi. Shu kuch tasirida elektron garmonik tebranma harakat qiladi. Maksvell elektromagnit to'lqin nazariyasiga asosan elektron atomda tebranma harakat qilgani uchun atom monoxramatik elektromagnit. Tomson shu

atom modeli bilan atomning nurlanish spektri chiziqli bo'lishini tushuntirib berdi. G.N.Lorents, Tomsonning bu atom modeli asosida yorug'lik dispersiyasining elektron nazariyasini yaratdi. Bu nazariya normal va anomal dispersiyalarini tushuntirib berdi. O'z vaqtida atomning Tomson modeli fizikada muhim ro'l o'ynadi. Ammo bu model uzoq yashamadi. Ingliz olimi Rezerford radioaktiv moddalardan chiquvchi α - zarrachalarni yupqa metall qatlamidan o'tganda sochilishini o'rganib, 1911 yilda atom tuzilishining yangi modelini yaratdi. α - zarrachalar bilan tasirlashayotgan moddaning atom tuzilishini bilish uchun oldin α - zarrachaning o'zini tabiatini bilish kerak edi. Shuning uchun Rezerford. α -zarrachani zaryadini, massasini va tezligini aniqladi. Rezerford va Geyger radioaktiv moddadan chiqayotgan α -zarrachalarni Faradey tsilindriga to'plab, elektrometr yordamida uning zaryadi musbat bo'lib, ikki elektron zaryadiga ($q = 2e$) teng ekanligini aniqladilar. α -zarrachalarni magnit maydonida o'sishiga qarab, uni massasi, 4 ta vodorod atomi massasiga, yani geliy atomni massasiga tengligi aniqlandi. Radioaktiv moddadan uchib chiqayotgan α -zarrachalarning tezligi 10^7 m/s atrofida bo'lib, ular ancha katta kinetik energiyaga ega. Rezerford α -zarrachalar yo'liga kichkina yumaloq tirqishli to'siqqo'yib, tirqishdan chiqayotgan α -zarrachalar dastasini qalinligi 1 mkm ga yaqin bo'lgan oltin qatlami (folpga) tomon yo'naltirdi. Rezerford tajribasining sxemasi 2-rasmda ko'rsatilgan.



Oltin qatlamidan o'tgan α -zarrachalar nurlanuvchi ekran orqali yoki fotoqog'oz yordamida qayd qilinadi. Tajribadan shu narsa malum bo'ldiki, α -zarrachalarning juda ko'p qismi oltin qatlamidan hech qanday to'siqqa uchramay o'tib ekranga borib tushaverar ekan. Lekin ayrim α -zarrachalarni oltin qatlamdan o'tishda 10° , 15° , 20° burchaklarga og'ishi kuzatiladi. Yana ham oz sonidagi α -zarrachalar (taxminan 8000

dan bittasi) 90° dan katta bo'lgan burchakka ham og'ar ekan. Hatto (taxminan 20000 dan bittasini) oltin qatlamdan orqaga qaytgani ham qayd qilindi (3-rasm). 3-rasmda yadro kichkina sharcha shaklida tasvirlangan. α -zarrachaning yo'nalish traektoriyasi strelka bilan ko'rsatilgan.



3-rasm

3-rasmdagi α -zarrachaning dastlabki yo'alishi bilan yadro orasidagi masofa va α -zarrachaning burilish burchaklari ko'rsatilgan. 3-rasmdan ko'rinib turibdiki, α -zarrachaning burilish burchagi u bilan atom yadrosi orasidagi masofaga bog'liq. Rezerford bu masofani nishon masofasi deb atadi. Bu tajriba natijalaridan Rezerford quyidagi uchta xulosani chiqardi;

Birinchi; α -zarrachalarning ayrimlarini oltin qatlamidan o'tishda burilishiga oltin atomlari tarkibidagi musbat zaryadlar bilan o'zaro tasiri asosiy sababchi bo'ladi.

Ikkinchi; α -zarrachalarning ko'p qismini hech qanday to'sqinlikka uchramay oltin qatlamdan o'tib ketishi atom tarkibidagi musbat zaryadlar atom markazidagi juda ham kichik hajmli yadroga to'planganligini ko'rsatadi.

Uchinchi; α -zarrachalarning oltin varohidan orqaga qaytishi musbat zaryadli atom yadrosining massasi α -zarrachalarning massasidan bir necha marta katta ekanligini va atom massasini asosan shu kichik hajmli yadro tashkil qilishini ko'rsatadi.

Rezerford yuqoridagi xulosalari asosida atomning yadro modelini yaratdi. Bu modelga binoan atom markazida musbat zaryadli yadro joylashgan. Yadro bilan elektronlar o'zaro tasirlashi natijasida elektronlar yadro atrofida aylana shaklidagi orbitalar bo'ylab aylanadilar. Yadro kuchlari maydoni markazga intilma kuch vazifasini bajaradi. Yadro atrofida aylanayotgan elektron uchun Nyutonning 2-qonuni ko'yidagi ko'rinishda yoziladi.

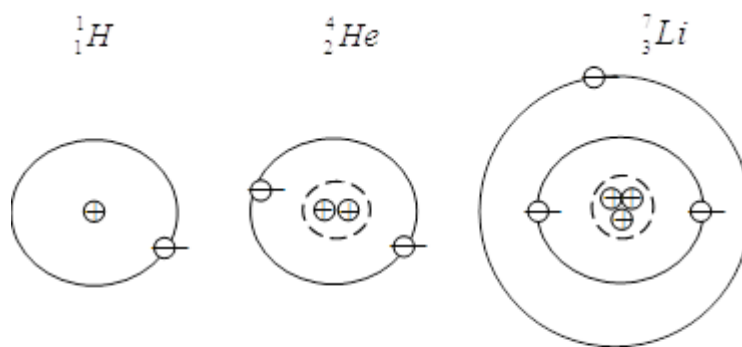
$$\frac{ze \cdot e}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{m v^2}{r}$$

Bu erda; v - elektronning orbitadagi tezligi, r - orbita radiusi.

Elektronlarning umumiy zaryadi, yadrodagi musbat zaryadlarning umumiy zaryadiga teng bo'lgani uchun atom elektr zaryadiga ega emas. 4-rasmda Rezerford atom yadro modeli bo'yicha vodorod, geliy va litiy atomlarining tuzilishi tasvirlangan. Rezerford tajribaga va atom yadro modeligi asoslanib atom zaryadini va o'lchamini aniqlashga muvoffaq bo'ldi. Yadroning zaryadi elektron zaryadiga qarrali bo'lib,

$$Q = +Ze$$

ekanligi aniqlandi. Bu erda; Z - elementning Mendeleev davriy sistemasidagi tartib raqami. Rezerford yana shu narsaga aniqlik kiritadiki, elementning davriy sistemadagi o'rnini Mendeleev ko'rsatganidek, uning atom massasi bilan emas, balki yadro zaryadi bilan aniqlanar ekan. Rezerford ayrim elementlarning davriy sistemadagi o'rniga tuzatishlar kiritdi, yani ularning tartib raqamlarini o'zgartirdi.



4-rasm

Rezerford atom yadrosining o'lchamini qanday anglaganini ko'rib o'taylik. Masalan α -zarracha biror element atom yadrosiga markaziy urilsin. Aslida α -zarrachani yadro bilan to'qnashishi sodir bo'lmaydi. Chunki, α - zarracha yadroga qandaydir masofaga yaqinlashib borib, so'ngra orqaga qaytadi. α -zarrachaning kinetik energiyasi qancha kattabo'lsa, uyadrogashunchako'proqyaqinboradi. Energiyaning saqlanish qonuniga binoan α -zarrachaning kinetik energiyasini yadro bilan o'zaro tasir potentsial energiyasiga tenglaymiz.

$$\frac{m_{\alpha} v^2}{2} = q_{\alpha} \frac{z e}{4 \pi \epsilon_0 r_0}$$

α - zarrachaning tezligi $v \cong 10^7$ m/s, massasi $m_{\alpha}=4m_n=4 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, zaryadi $q_{\alpha}=2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl va oltin atomining davriy sistemadagi tartib raqami $Z=79$ ekanligini hisobga olib, (1.1) tenglikdan r_0 ni hisoblaymiz;

$$R_0 = \frac{q_{\alpha} Z e}{4 \pi \epsilon_0 m_{\alpha} v^2} \approx 3 \cdot 10^{-14} \text{ m}$$

Topilgan r_0 ning bu qiymati oltin va α -zarrachalarning yadro radiuslarining yig'indisiga teng. Yadroning bu o'lchami shartli bo'lib, u α -zarrachaning tezligiga bog'liq. Hozirgi zamon usullari bilan yadroning o'lchami 10^{-15} m atrofida ekanligi aniqlangan. Yadro fizikasida 10^{-15} m uzunlik 1 Fermi deb yuritiladi. Elektronning radiusi ham 1 Fermi atrofida ekanligini hisoblab topishimiz mumkin. Elektrostatikadan malumki, zaryadlangan o'tkazgich energiyasi

$$E_0 = \frac{1}{2} e\varphi$$

formula bilan hisoblanadi.

Bu formulada e - elektronning zaryadi, φ - o'tkazgich potentsiali. Elektronni r_0 radiusli sharcha deb olsak, uning energiyasi uchun;

$$E_0 = \frac{1}{2} e \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r_0}$$

formulani yozishimiz mumkin.

Eynshteyning maxsus nisbiylik nazariyasigabinoan tinch turgan elektronning energiyasi;

$$E_0 = m_{0e} c^2$$

Bu erda; m_{0e} -elektronning tinchlikdagi massasi, e_0 ning yuqoridagi ifodalarini bir-biriga tenglab, kattaliklarni son qiymatlarini qo'yib, elektronning radiusini hisoblaymiz:

$$\frac{1}{2} - \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r_0} = m_{0e} c^2$$

$$r_0 = \frac{1}{2} - \frac{e}{4\pi\epsilon_0 m_{0e} c^2} = \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} (3 \cdot 10^8)^2} \approx 2 \cdot 10^{-15} m$$

Yuqoridagi natijadan ko'rinib turibdiki, elektronning radiusi ham yadro radiusiga yaqin ekan.

Yadroning o'lchami va massasini bilgan holda biz yadro moddasining zichligini hisoblashimiz mumkin. Yadroning massasi o'rniga atom massasini olsa ham bo'ladi, chunki elektronning massasi eng kichik atom-vodorod massasidan ham 1836 marta kichik. Ma'lumki, $m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} kg$ bo'lgani uchun yadro zichligi uchun

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi r_0^3} = \frac{3 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \frac{kg}{m^3}}{4 \cdot 3,14 (10^{-15})^3} \approx 0,6 \cdot 10^{18} \frac{kg}{m^3} \approx 10^9 \text{ T / cm}^3$$

natijani olmiz.

Bunday zichlik hozirgacha fanda ma'lum bo'lgan eng katta zichlikdir.

Rezerfordning biz yuqorida ko'rib o'tgan atom yadro modelini ko'pincha atomning planetar modeli deb ham ataladi. Lekin bu juda qopol qiyoslashdir. Chunki, Quyosh va planetalar mexanik sistema bo'lsa, atom yadrosi va elektronlar elektrodinamik sistemadir. Quyosh va planetalar o'zaro gravitatsion maydon orqali tortishib tursa, elektronlar yadroga Kulon qonuni bilan aniqlanuvchi elektr maydoni kuchlari orqali tortishib turadi. Yadroga yaqin joylashgan elektronlar yadroning tortishish kuchini tashqi elektronlarga nisbatan kamaytirs, Quyoshga yaqin planetalar Quyoshning tortishish kuchini tashqi planetalarga nisbatan kuchaytiradi. Bundan tashqari, atomdagi elektronlar bir-biriga mutlaqo o'xshash bo'lib, ular orasida o'zaro itarish kuchlari bor.

Rezerfordning atom nazariyasi ayrim element atomlari yadro zaryadini va massasini aniqlab, ularning davriy sistemadagi o'rniga aniqlik kiritgani bilan atomning ko'p xossalarini tushuntirib berolmadi. Masalan, atom tashqi tasir tufayli ionlashishi, yani u chetki elektronini yo'qotib musbat ionga aylanishi va yana neytral atom holiga qaytishi mumkin. Bu jarayonni Rezerford yadro modeli tushuntirib berolmaydi. Bu model yadro atrofida aylanayotgan elektronning orbitasi nima sababdan turg'un ekaniga ham javob topolmaydi. Elektron yadro atrofida aylanar ekan, malum tezlanishga ega bo'ladi, shuning uchun atomdan elektromagnit nurlanish chiqib turishi kerak. Natijada elektron orbitasining radiusi qisqara borib, u spiralsimon trektoriya bo'ylab aylanishi kerak. Atom oldin uzun to'lqin uzunlikdagi yorug'lik sochishi, spiralning radiusi qisqarib elektronning aylanish chastotasi ortishi natijasida atom sochayotgan yorug'likning to'lqin uzunligi uzluksiz qisqarib borishi kerak. Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, elektron qisqa vaqt ichida ($\sim 10^{-8}$ s) yadro ustiga tushib qolishi natijasida atom "buzilishi" kerak edi. Malumki, bunday hol kuzatilmaydi, atom turg'unligicha qoladi. Atomdan sochilayotgan yorug'lik spektri ham uzluksiz bo'lmay, balki chiziqlidir. Masalan gaz atomlari spektri ham chiziqlidir. Bunday chiziqli spektrga misol qilib vodorod atomi spektrini olish mumkin. Atomlar spektri nima sababdan chiziqli bo'lishini ham Rezerford atom yadro modeli tushuntirib berolmaydi. Demak, klassik mexanika va elektrodinamikaga asoslanib yaratilgan Rezerford atom nazariyasi

atom ichida sodir bo'ladigan jarayonlarni tushuntirishga yaroqsiz ekan. Shundan keyin daniyalik nazariyotchi fizik Nils Bor, M. Plankning energiya kvanti haqidagi nazariyasini va tajribada kuzatilgan vodorod atomi spektral seriyalarini o'rganib, atom tuzilishining yangi nazariyasini yaratdi.

1.2. Atom yadrosining xususiyatlari

Atom yadrosi ikki xil zarra – proton va neytronlardan iboratdir. Proton massasi taxminan (m_p), neytron massasi (m_n) ga teng, elektron massasi (m_e) dan ~2000 marta katta:

$$m_p = 1836,15 m_e = 1,67265 \cdot 10^{-24} \text{ g.}$$

$$m_n = 1838,68 m_e = 1,67495 \cdot 10^{-24} \text{ g.}$$

Proton musbat zaryadli, zaryad miqdori elektron zaryadiga teng, ammo ishorasi qarama-qarshi. Neytron zaryadsiz neytral zarra. Proton va neytronlar xususiy momentga, spinga ega $S=1/2$. Fermi-Dirak statistikasiga bo'ysunuvchi fermionlardir.

Atom fizikasidan ma'lumki, zaryadli, massali elektron mexanik momentga ega bo'lish bilan bir vaqtda magnit momentga ham ega bo'lish kerak.

$$\mu_p = \frac{eh}{2m_e c} = 9,27 \cdot 10^{-21} \text{ erg / gs} \quad (\text{Bor magnetoni})$$

Protonning ham spini elektron zaryadi va spiniga teng, massasi esa katta bo'lgani uchun magnit momenti

$$\mu_B = \frac{eh}{2m_p c} = 5,05 \cdot 10^{-24} \text{ erg / gs}$$

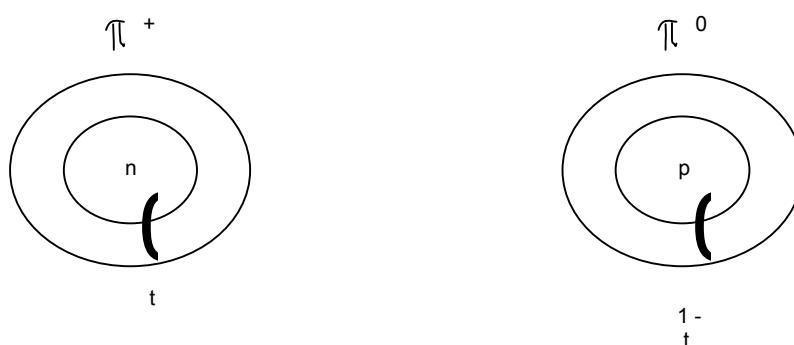
(yadro magnetoni)ga teng bo'lishi kerak edi.

$$\mu_B = 1836,1 \mu_{yam}$$

Lekin proton magnit momenti kutilgan qiymatdan ($1\mu_{yam}$) dan katta $2,79 \mu_{yam}$ ekanligini ko'rsatadi.

Neytron ham neytral zarra bo'lishiga qaramasdan, magnit momentga ega ekan. Neytron magnit momenti $\mu_n = -1,91 \mu_{yam}$. Magnit momentining ishorasi manfiyligi spin yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishda ekanligini bildiradi.

Proton va neytronlarning magnit momentlarining boshqacha bo'lishligi bu zarralarning murakkab tuzilishga ega ekanligini ko'rsatadi. Proton va neytronlarning magnit momentlarini proton va neytronlar markazlarida yalong'och proton (neytron) va atrofida mezon buluti bor, bular bir-birlariga uzviy almashinib turadilar deyilsa tushunarli bo'ladi. Masalan, proton magnit momentini tushuntirish uchun: markazida yalong'och neytron n_0 atrofida π^+ -mezon holatida t vaqt tursa, $(1-t)$ vaqtda markazida yalong'och proton p_0 atrofida π^0 -mezon halotida (5-rasm) bo'lsin, u holda o'rtacha magnit momenti



5-rasm

$$\mu_p = (\mu_n + \mu_{\pi^+})t + (\mu_n + \mu_{\pi^0})(1-t) = \mu_{\pi^+}t + \mu_p t - \mu_p t = (6,6\mu_{yam} + \mu_{yam} - \mu_{yam})t \mu_{yam} \quad B$$

undayalong'ochproton p_0 magnitmomenti $\mu_p = 1 \mu_{yam}$, π^+ -mezonmassasiprotonmassasidan 6,6 martakichikbo'lganiuchunmagnitmomenti $6,6\mu_{yam}$ teng. n_0 , π^0 -mezonlarmagnitmomentlarinolgateng. Bu formuladan ko'rinib turibdiki, proton o'rtacha magnit momenti yadro magnetonidan katta. Xuddi shuningdek, neytron magnit momentini ham t vaqt ichida yalang'och n_0 va π^0 -mezon

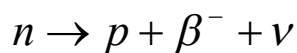
buluti va (1-t) vaqtda yalong'och p_0 va π^- - mezon bulutidan iborat deb qarash mumkin.(5-rasm.)

Neytronning o'rtacha magnit momenti;

$$\mu_n = (\mu_{p_0} + \mu_{\pi^-})t + (\mu_{n_0} + \mu_{\pi^+})(1-t) = (\mu_{yam} - 6,6\mu_{yam})t < 0$$

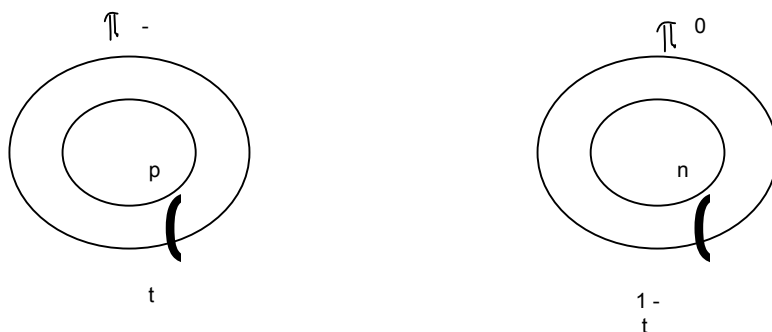
Demak, neytron magnit momenti nol bo'lmasdan manfiy $(-1,91 \mu_0)$ bo'lishligi, protonning magnit momenti, $1 \mu_{yam}$ bo'lmasdan $2,79 \mu_{yam}$ bo'lishligi tushunarli.

Erkin holatda p-barqaror, n-esa radioaktiv bo'lib ~12 minutdan keyin



ga yemiriladi. Yadro ichida neytron va protonlar bir-birlariga aylanib turadilar. Proton va neytronlar spinlari teng, massalari ham deyarli teng, bir-birlariga uzviy almashinib turadi, yadro kuchlari ham bir xil zarralar hisoblanadi, bir so'z bilan ular nuklon deb ataladi. Nuklonlar uchun yadro kuchlari bir xil bo'lgan faqat elektromagnit maydonga nisbatan ikkita erkinlik darajasiga ega bo'lgan aynan bir xil (zaryadli proton, zaryadsiz neytron) zarralardir.

Yadro kuchlari ta'sirida proton va neytronlar birikib turli yadrolarni hosil qiladilar.



6-rasm

Atom yadrosi turg'un (barqaror), yoki radioaktiv bo'lishi mumkin. Bu yadrolar massa soni **A**, elektr zaryadi **Z**, massasi **M**, **E_b** - to'la bog'lanish energiyasi massasiga

bog'liq, radiusi (o'lchami) R , spini I , magnit momenti μ , elektr kvadrupol momenti Q , izotopik spini T va shu yadroning to'lqin funktsiyasiga xos bo'lgan juftligi P bilan xarakterlanadi. Radioaktiv yadrolar yana yemirilish turi, yarim yemirilish davri, yemirilish natijasida hosil bo'lgan α , β , γ nurlarning energiyasi bilan ham xarakterlanadi.

Atom yadrolari yana o'zlarining energetik holatlari bilan xarakterlanib, eng kichik energiyali holatiga yadroning asosiy holati va undan yuqori energiyaga ega bo'lgan holatlarga uyg'ongan holatlar deb ataladi. Yuqorida sanab o'tilgan yadro xususiyatlarining deyarli hammasi yadroning asosiy ham uyg'ongan holatlari uchun xosdir. Massa soni A va zaryadi Z dan tashqari hamma xususiyatlari holat energiyasi o'zgarganda o'zgarishi mumkin. Uyg'ongan holatdagi yadro xususiyatlariga, yana yadroning bir energetik holatdan ikkinchisiga o'tish usuli, yadroviy reaksiyalar ko'rilganda zarraning yadro bilan yoki yadrolarning o'zaro ta'sirlashish kesimi va yadroviy reaksiyalarda ajralgan energiya, ikkilamchi zarralarning burchak taqsimoti va boshqa kattaliklar bilan xarakterlanadi. Massa soni, atom yadrosining zaryadi va massasi. Atom yadrosi proton va neytrondan tashkil topganligi aniqlangan, protonlar soni Z va neytronlar soni N birgalikda massa soni A deb atala boshlandi. $A = Z + N$. Barcha yadroviy reaksiyalarda massa soni saqlanadi. Bunga nuklonlar yoki barion soni saqlanishi deb ham ataladi.

Masalan: A_ZX - X - ximiyaviy belgisi,

A - atom massa soni,

Z - yadro zaryadi

${}^4_2\text{He}$, ${}^{16}_8\text{O}$, ${}^{235}_{92}\text{U}$ - Geliyning massa soni 4, zaryadi 2, neytronlar soni 2 ga, kislorodning massa soni 16, zaryadi 8, neytronlar soni 8 ga va uranning massa soni 235, zaryadi 92, neytronlar soni 143 ga teng.

Massa soni, massa atom birligida hisoblangan yadro massasidan $\sim 1\%$ largacha farq qilishi mumkin. Atom yadrosining yana muhim xususiyati zaryaddir. Yadro zaryadi yadroni tashkil etgan zarralar zaryadlari yig'indisiga teng bo'lishi kerak. Yadro proton

va neytronlardan iborat ekan, neytron zaryadsiz – neytral zarra. U holda yadro zaryadi protonlar zaryadlari yig'indisiga teng bo'ladi. Proton zaryadi musbat miqdor jihatdan elektron zaryadiga teng: $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl. Shunday qilib, tartib nomeri Z bo'lgan biror element atomining yadrosi Z_e zaryadga ega.

M: 1_1H - vodorod yadrosi uchun $Z=1$ zaryad miqdori $+e$,

4_2He - geliy yadrosi uchun $Z=2$ zaryad miqdori $+2e$,

${}^{16}_8O$ - kislorod yadrosi uchun $Z=8$ zaryad miqdori $+8e$,

${}^{235}_{92}U$ - uran yadrosi uchun $Z=92$ zaryad miqdori $+92e$ ga teng.

Yadro zaryadi yadroda protonlar sonini xarakterlaydi, lekin yadroda zaryad taqsimotini anglatmaydi. Yadro zaryadi yadrodagi protonlar soniga yoki Mendeleevning elementlar davriy sistemasidagi elementning tartib raqamiga teng.

1).Zaryadni aniqlashning ko'pgina usullari mavjud. Jumladan, 1913 yilda ingliz olimi Mozli qonuniga ko'ra. Bunda yadro zaryadini yadro atomi qobig'idan chiqayotgan xarakteristik rentgen nurlar chastotasi orasidagi bog'lanish

$\sqrt{\nu} = AZ-B$ ga ko'ra aniqlash mumkin.

Xarakteristik rentgen nurlanishi atomning ichki (masalan, K,L,M va h.k.) qobiqlarida hosil bo'lgan bo'sh o'rinlarni yuqori qobiqdagi elektronlar egallaganda hosil bo'ladi. Nurlanish seriyalardan iborat bo'lib, berilgan nurlanish seriyasi uchun A va B o'zgarmas koeffitsientlar bo'lib element turiga bog'liq emas. Demak, A va B koeffitsientlar ma'lum bo'lsa, xarakteristik rentgen nurlanish chastotasini (ν) tajribada o'lchab, elementning tartib nomeri Z ni aniqlash mumkin.

2).Atom yadrosining zaryadini 1920 yilda Chedvik qo'llagan usuli bilan ham aniqlash mumkin. Bunda α -zarralarning yupqa metall tasma(plyonka)lardan sochilishi uchun Rezerford keltirib chiqargan formuladan foydalaniladi:

$$\frac{dN}{N} = nd \left\{ \frac{Ze^2}{m_a g} \right\}^2 \frac{d\Omega}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}$$

bunda: $dN \cdot \theta$ burchak yo'nalishidagi $d\Omega$ fazoviy burchak ichida sochilgan α -zarralar soni.

N_α –zarralarning dastlabki soni,

n – muhitning hajm birligidagi yadrolar soni

d – muhit qalinligi.

Berilgan radioaktiv preparat uchun α -zarralarning tezligi θ -ma'lum. Rezerford tajribasi yordamida sochilgan α -zarrachalarni hisoblab, sochuvchi yadro zaryadini topish mumkin.

3). Elektr zaryadining miqdori barcha yadro jarayonlarida saqlanadi. Bunga elektr zaryadining saqlanish qonuni deb ataladi. Shunga ko'ra yadro reaksiyalari va yemirilishlarida zaryad balansiga ko'ra aniqlash mumkin.

Massa moddiy ob'ektning eng muhim xususiyatlaridan biri bo'lib, jismning inertsia, gravitatsiya va energiya o'lchamlari bo'lib xizmat qiladi. Yadro massasi atom massasi birligida o'lchanadi. Ma'lumki, atom neytral holatda bo'ladi. Bir massa atom birligi- ^{12}C massasining $1/12$ qismi olingan.

$$1m.a.b = \frac{1}{12} ^{12}\text{C} = \frac{1}{12} \frac{12}{N_A} = \frac{1}{6,025 \cdot 10^{23}} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g}.$$

Eynshteyn qarashiga ko'ra massa bilan energiya orasidagi bog'lanish qonuniga asosan har qanday M massali ob'ektga shu massaga mos $E=mc^2$ energiya va aksincha, E energiyaga $m=E/c^2$ tenglik bilan ifodalanuvchi massa to'g'ri keladi.

1m.a.b.ga mos keluvchi energiya

$$E = mc^2 = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g} \cdot 9 \cdot 10^{20} \frac{\text{sm}^2}{\text{s}^2} = 14,94 \cdot 10^{-4} \text{ erg} = 931,5 \text{ MeV}$$

Yadro fizikasida massa va energiya eV (elektronvolt)larda o'lchaniladi.

$$1eV = 4,8 \cdot 10^{-10} CGSE \frac{1}{300} V = 1,6 \cdot 10^{-12} erg = 1,6 \cdot 10^{-19} J \quad \text{yoki}$$

$$1eV = 1,6 \cdot 10^{-19} Kl \cdot 1V = 1,6 \cdot 10^{-19} J$$

1eV-dan katta birliklari keV, MeV, GeV va TeV.

$$1 \text{ keV} = 10^3 \text{ eV}$$

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$$

$$1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$$

$$1 \text{ TeV} = 10^{12} \text{ eV mavjud.}$$

Nisbiylik nazariyasiga asosan massa bilan tezlik orasidagi bog'lanish

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}}$$

Bu yerda; m va m_0 - g tezlik bilan harakat qilayotgan va tinch holatdagi jismlar massasi. Relyativistik mexanikaga asosan g tezlik bilan harakat qilayotgan jismning to'la energiyasi

$$E = m_0 c^2 + T$$

bo'ladi, bunda $m_0 c^2$ jismning tinch holatdagi energiyasi, T -uning kinetik energiyasi.

Ikkinchi tomondan

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}}$$

bo'lgani uchun harakatdagi jismning kinetik energiyasi

$$T = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} - m_0 c^2 = m_0 c^2 \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right\}$$

Yadro fizikasida yana quyidagi formula ham ishlatiladi.

$$E = \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2}$$

Bu formulada;

$$p = m \mathcal{G} = \frac{m_0 \beta c}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

m -massali jismning relyativistik impulsidir, uni $E=mc^2$ dan keltirib chiqarish mumkin.

Haqiqatan;

$$\begin{aligned} E^2 = m^2 c^4 &= \frac{m_0^2 c^4}{1 - \beta^2} = \frac{m_0^2 c^4 + m_0^2 \beta^2 c^4 - m_0^2 \beta^2 c^4}{1 - \beta^2} = \\ &= \frac{m_0^2 c^4 (1 - \beta^2) + m_0^2 \beta^2 c^4}{1 - \beta^2} = m_0^2 c^4 + p^2 c^2 \end{aligned}$$

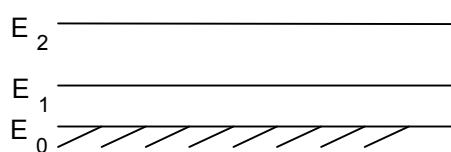
Relyativistik holat uchun kinetik energiya T va impulsi p orasidagi bog'lanishni bu formulalarga ko'ra keltirib chiqarish mumkin

$$m_0 c^2 + T = \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2}$$

kvadratga ko'tarsak

$$T(2m_0 c^2 + T) = p^2 c^2$$

Atom yadrosi nuklonlardan iborat murakkab sistema bo'lgani uchun uning energiyasi nuklonlar ichki harakat energiyasi bilan belgilanadi. Nuklonlar ichki harakat energiyasi qancha katta bo'lsa, shuncha tinch holat massasi $m_0 = E/c^2$ katta bo'ladi. Yadro asosiy tinch holatida massaning va energiyaning eng minimal qiymatiga mos keladi. Ya'ni nuklonlar harakatining minimum harakati (chastotasi) asosiy holat deyiladi. Yadro tashqaridan energiya qabul qilsa, energiyasi oshadi, yadro diskret uyg'ongan $E_1, E_2, \dots$, holatlarga o'tadi, mos ravishda massasi ham $\Delta m = E_1/c^2$ ga oshadi. (7-rasm).

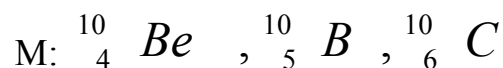


7-rasm

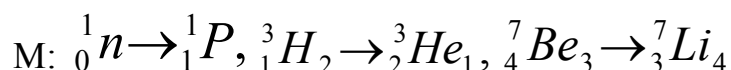
7- rasmda energiya (0) yadro asosiy holati, E_1, E_2 lar uyg'ongan holat energiyalari. Har bir yadro o'ziga xos uyg'onish energiyalariga ega bo'ladilar, yadroning uyg'onish energiyasi qanday yo'l bilan uyg'onishiga bog'liq emas. Barcha yadro jarayonlarida energiya saqlanishi ro'y beradi. Atom massalarining aniq qiymati mass-spektrometrik qurilmasi yordamida tajribada aniqlanadi. Mass-spektrometrlarning har xil turlari mavjud. Odatda musbat zaryadlangan ionlar zaryadining ularning massasiga bo'lgan nisbati e/m , magnit va elektr maydonlarning umumiy ta'siri natijasida ionlar dastasining og'ish kattaligi orqali aniqlanadilar.

Hozirgi zamon mass-spektrometrlari vodoroddan tortib hamma elementlarning massalarini millionning 0,02 ulushi qadar aniqlikda o'lchash imkonini beradi. Atom yadrolari massasini boshqa usullarda ham yuqori aniqlikda o'lchash mumkin. Masalan, yadroviy reaksiyalar, radioaktiv yemirilishlarda energiya balansini tahlil qilishlik va radiospektroskopik, mikroto'lqin va boshqa usullar bilan. Yadrodagi nuklonlar miqdorlariga qarab **izotop, izobar, izoton, ko'zguli yadrolar** deb ataladilar. Bir xil zaryadga (Ze) ya'ni bir xil sonli protonga, ammo har xil massa soniga A ega bo'lgan yadrolarga **izotoplar** deb ataladi. Masalan, $^{16}_8O, ^{17}_8O, ^{18}_8O$, protonlar soni bir xil,

neytronlar soni turlicha, elementlar davriy sistemasida bir joyda joylashadi. Izotoplar bir xil ximiyaviy va optik xususiyatlarga egadirlar. Lekin fizik xususiyatlari massa soni, toq-juftliklari va hokazolar turlichadir. Massa soni A bir xil, zaryadlari har xil yadrolarga **izobar** yadrolar deb ataladi.

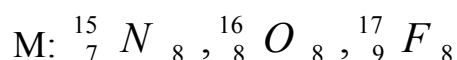


Izobarlar ximiyaviy xususiyatlari turlicha, fizik xususiyatlari, nuklon soni bir xil bo'ladi. Lekin bir xil A-bo'lganda ham izobar yadrolar massalari birmuncha farq qiladilar. Birinchi yadroning protonlari ikkinchi yadroning neytronlariga, ikkinchi yadroning protonlari birinchi yadroni neytronlariga teng bo'lsa **ko'zguli** yadrolar deb ataladi.



Ko'zguli yadrolardan biri radioaktiv bo'ladi. Har qanday o'zgarishlardan so'ng bir-biriga o'tishadilar.

Bu yadro xususiyatlari bir-biriga ancha yaqin. Ko'zguli yadrolar, yadro kuchlar tabiatini va yadro kuchlariga elektromagnit maydonining hissasini aniqlashda keng qo'llaniladi. Neytronlari bir xil bo'lgan yadrolarga **izotonlar** deb ataladi.



1.3. Yadrolarning o'lchami va zichligi

Yadro o'lchami – yadroning mavjudlik sohasi yoki yadro kuchlarining ta'sir sferasidir. Yadro o'lchami (radiusi) $R \sim 10^{-15}$ m bo'lib, atom radiusidan 10^5 marotaba kichikdir. Yadro o'lchamini tajribada aniqlashning ko'pgina usullari bor. Masalan, elektron va neytronlarning atom yadrosidan sochilishiga ko'ra, undan tashqari yadro radiusini «ko'zgu» yadrolarga, protonlarning elektrostatik ta'sir energiyasini o'rganish, μ -mezonlar rentgen nurlanishni o'rganish va alfa radioaktiv yadrolarning yemirilish qonunini o'rganish yo'li bilan ham aniqlash mumkin. Yuqorida sanab o'tilgan usullar

yadroviy kuchning o'zaro ta'sir sohasini yoki elektromagnit o'zaro ta'sir sohasini aniqlashga asoslangan. Turli usullar yadro taxminan shar shaklida ekanligi va aniq chegaraga ega ekanligini hamda radiusi massa soniga bog'liq ravishda oshib borishligini ko'rsatadi.

$$R=R_0A^{1/3} \quad (1.9)$$

Bu yerda R_0 – doimiy kattalik bo'lib, uning qiymati yadro radiusini aniqlash usuliga bog'liq ravishda $(1,2 \div 1,4)$ F. (1 Fermi= 10^{-13} sm). Tez neytronlarning sochilishiga oid tajribalardan $R_0=1,4$ F, α - parchalanish natijalarini $R_0=1,3$ F, zaryadli zarralar ta'sirida bo'ladigan yadro reaksiyalari natijalarga ko'ra $R_0=1,6$ F.(1.9) ifodadan yadroni shar shaklida deb qarab, hajm birligidagi zarralar sonini topamiz.

$$n = \frac{A}{V} = \frac{A}{\frac{4}{3}\pi R_0^3 A} = \frac{3}{4\pi R_0^3} = \frac{3}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-39} \text{sm}^3} \approx 10^{38} \frac{\text{nuklon}}{\text{sm}^3}$$

Yadro zichligi hajm birligidagi nuklonlar massasi m_N

$$\rho = nm_N = 10^{38} \frac{\text{nuklon}}{\text{sm}^3} * 1.66 * 10^{-24} \text{g} = 10^{14} \frac{\text{g}}{\text{sm}^3} = 100 * 10^6 \frac{\text{t}}{\text{sm}^3}$$

Nuklonlar orasidagi masofa

$$\delta = \sqrt{\frac{V}{A}} = \sqrt{\frac{4\pi R^3}{3A}} = \sqrt{\frac{4\pi_0^3 A}{3A}} = \sqrt{\frac{4\pi}{3}} \cdot R_0 = 2,3 \cdot 10^{-13} \text{sm}$$

Ko'rinib turibdiki, yadro hajm birligidagi nuklonlar soni, yadro zichligi, nuklonlar orasidagi masofa ham o'zgarmas, yadro turiga bog'liq emas.

Demak, yadro nuklonlar orasidagi masofa barcha yadrolar uchun o'zgarmas ekan, yadro siqilmaydi, massa soni ortishi bilan hajmi oshib boradi. Yadrokuchlariqisqamasofadakattakuchbilanta'siretadi.

2-ASOSIY QISM

YADROVIY REAKTSIYALARNI KASB-HUNAR KOLLEJLARIDA O'QITISH

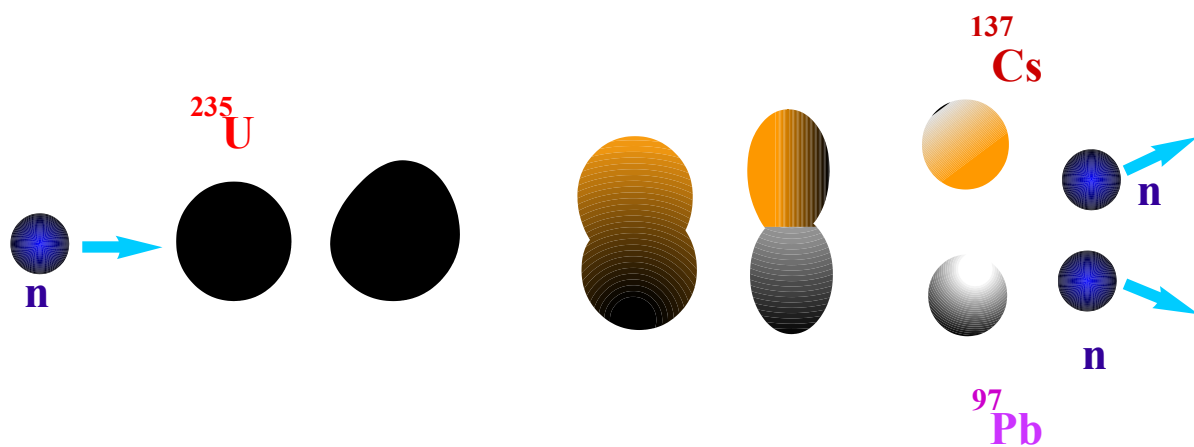
Maruzanio'qitish texnologiyasi

Darsning turi	Maruza
Maruzaning rejasi	Reja: Yadroviyreaktsiyalarnikasb-hunarkollejlaridao'qitish; 2.1.Yadroviy reaksiyalar 2.2.Yadroviy reaksiyaning turlari 2.3.Zanjirli reaksiyalar Xulosa Faydolangan adabiyotlar
Maruzaning maqsadi	Yadroviy reaksiyalarni o'rganadi
Tayanish tushinchalar	magnit, elektron, atom, yadro, praton, yadroviy reaksiyalar, reaksiya turlari.
Pedagogikvaziyfalar:	O'qish ishkarligining natijalari: Yadroviy reaksiyalarni o'rganadi; Yadroviy reaksiyaning turlari bilan tanishadi; Zanjirli reaksiyalarning xususiyatlarini va qo'llanish jarayonlarini o'rganadi.
Maruzaning maqsad va vaziyfalarini tanishtirish	Yadroviy reaksiyalarni kasb-hunar kollejlarida o'qitish va talabalarni kasbga yo'naltirish.

O`qitish ushlublari	Maruza,tushintirish, blits-savol, aqliyhujum, klaster va h.k
O`qitishuskunalar	Maruzato`plami, kompyutertexnologiyasi, slaydlar
O`qitish formalari	Frontal, kollektiv formada
O`qitish sharoiti	Texnikqurollarbilantaminlanganavditoriyadao`qitish.
Monitoring va baholash	Baholash, og`zakisavol,yozmatopshiriqlarnibajarish, baholash, test vamustaql topshiriqlar.

2.1.Yadroviy reaksiyalar

Og'ir yadrolar parchalanish natijasidayengil yadrolar hosil bo`lishi bilan birgalikda energiya ajralib chiqadi. Parchalanish reaksiyasi neytronlar yadro bilan to`qnashganda kuzatiladi.Masalan neytronlar Uran yadrosi bilan to`qnashganda, atom og'irligi oraliq yadrogaooid ikkita yadro va ikki-uch neytronlarga parchalanadi (8-rasm).

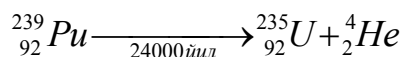
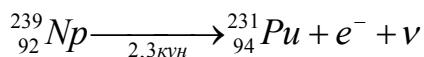
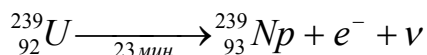
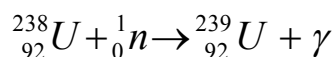


8-rasm

Zanjir reaksiyasi. Yadro parchalanish jarayonida ma`lum miqdorda neytronlar ajralib chiqadi. Bu hodisa muhim ahamiyatga ega. Neytronni yutgan yadroo`zidan yana ikkita yoki uchta neytronlar chiqarib parchalanadi. O`z navbatida har bir neytron yangi yadroni parchalaydi va yana ma`lum miqdorda neytronlar chiqaradi. Bunday jarayon ko`p takrorlanadi. Shu sababdan bunday jarayon zanjir reaksiyasi deyiladi. Zanjir

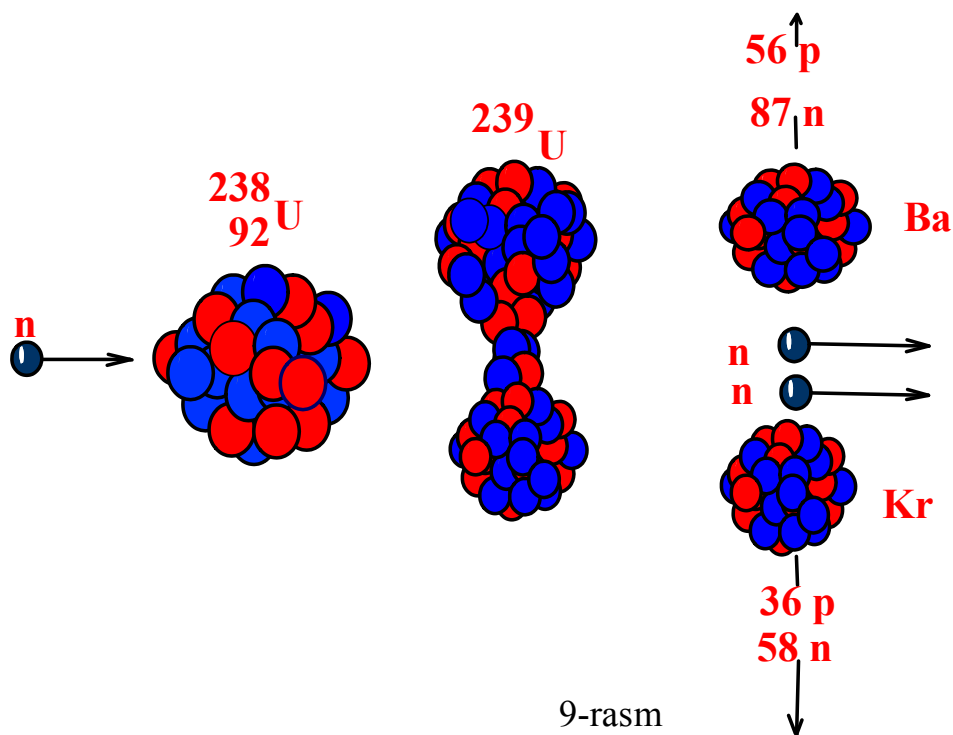
reaksiyasida eng muhimi ajralgan energiya emas, ajralgan neytronlardir. Zanjir reaksiyasi yadro energiyasidan amalda foydalanish imkoniyatini yaratadi. Neytron ^{235}U yadrosi bilan to'qnashish jarayonida 190 MeV energiya ajraladi. 1 kg ^{235}U yadrosi parchalanish vaqtida $19 \cdot 10^9$ kal issiqlik miqdori ajraladi. Solishtirish uchun 1 kg tosh ko'mir yonganda 7500 kal issiqlik miqdorini tarqatadi. Natijada 1 kg uran yadrosi ^{235}U parchalanish jarayonida 2500 t tosh ko'mir yongandagi ajralgan energiyaga teng. Tabiiy uran massalari 234, 235 va 238 ga teng uchta izotoplar aralashmasidan iborat. Uchta izotoplar radioaktiv xususiyatga ega va katta yarim yemirilish davriga ega. Uranning izotop atomlari parchalanish jarayonida α va β -zarralar, shuningdek γ -kvantlar chiqaradi. Tabiiy uranda ^{234}U va ^{235}U miqdorlari kichik. Shuning uchun tabiiy uran asosan ^{238}U dan tashkil topgan. Ko'pchilik holda uran yadrosining ikki izotoplarining ^{235}U va ^{238}U n neytronlar bilan bombardimon qilinib o'rganiladi.

^{238}U uranni sekinlashgan neytronlar bilan bombardimon qilganda, bir qator parchalanishlar ro'y beradi. Parchalanish jarayonini keltiramiz:



$^{238}_{92}\text{U}$ uran yadrosi sekinlashgan neytronni yutib tabiatda yo'q uran izotopi $^{238}_{92}\text{U}$ yadrosiga o'tadi va γ -nur chiqaradi. Bu uran izotopi 23 minutdan so'ng o'zidan elektron va neytron chiqarib neptun yadrosini hosil qiladi. 2-3 kun o'tganda neptun ($^{239}_{93}\text{Np}$), o'zidan elektron va neytrino chiqarib $^{239}_{94}\text{Pu}$ plutoniya ga o'tadi.

Uran yadrosi sekinlashgan neytronni n yutib, ikki qisimga parchalanish jarayon sxemasi.

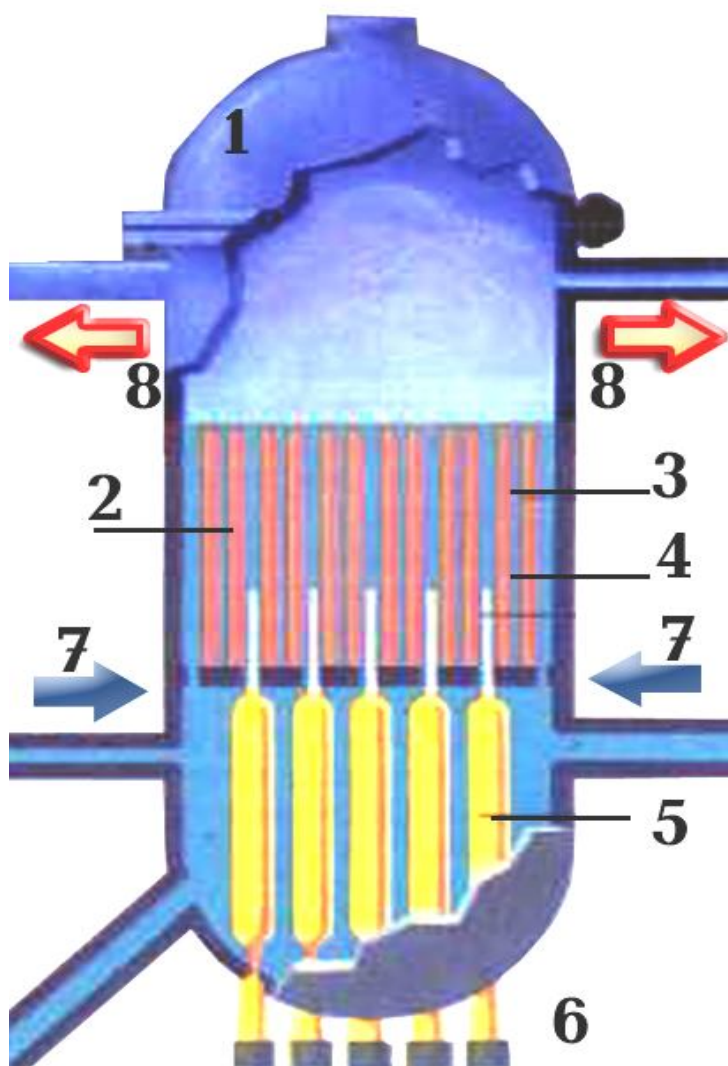


Plutoniy yadrosi turg'un, u 24000 yil davomida geliy va $^{235}_{92}\text{U}$ uranga parchalanadi. Neytronlar energiyasi 1MeV dan katta bo'lganda $^{238}_{92}\text{U}$ ikkita yadroga parchalanadi (9-rasm). Bu jarayonda uran yadrosi $^{87}_{56}\text{Ba}$ (bariy) va $^{58}_{36}\text{Kr}$ (kripton) yadrolariga, hamda ikkita neytronlarga parchalanadi. Parchalanish jarayonida boshqa ko'p juft yadrolar hosil bo'ladi. Ularning ko'pchiligi radioaktiv xususiyatga ega. Hosil bo'lgan izotoplar β va γ - nurlar chiqarib turg'un holatga o'tadi.

Reaksiya jarayonida hosil bo'lgan neytronlar yana reaksiyasiga kirishi uchun parchalanuvchi yadroning massasi katta bo'lishi kerak. Faqat shu holda parchalanish zanjir reaksiyasi kuzatiladi.

2.2. Yadro reaktori

Yadro reaktorining sxemasi 10-rasmlarda keltirilgan. Urandan yasalgan sterjenlar grafit blokiga joylashtirilgan. Neytronlar oqimini boshqarish uchun reaktorning ma'lum joylariga bor moddasidan yasalgan sterjenlar o'rnatilgan. Bor yadrosi neytronlarni oson yutadi. Yadro reaktorini ishga tushirish uchun neytron manbasi kerak emas. U kosmik nurlarda mavjud yoki uran yadrosining o'z-o'zidan parchalanishda hosil bo'ladi. Yadro reaktorining ishlash tamoyilini rasm asosida tushunish mumkin.



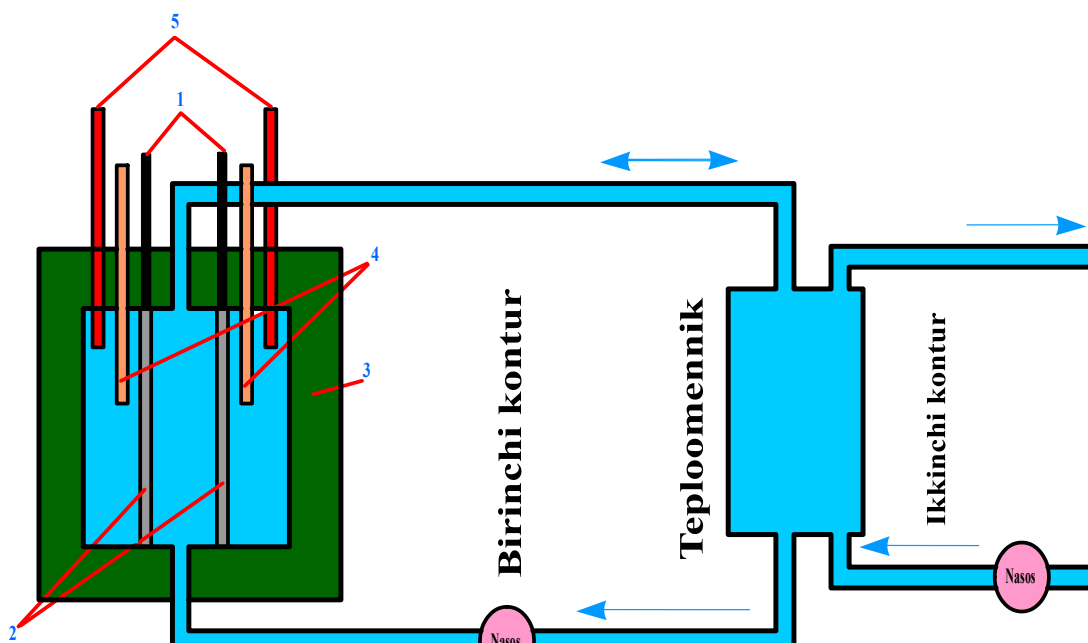
10-rasm 1. 286 C xaroratli va 72 atmosfera bosimli suv qoplamasi. 2. Issiqlik ajratuvchi element, 3. Boshqaruvchi sterjenlar, 4. Boshqaruvchi sterjenlarni ,5. tutib turuvchi qoziqlar, 6. Tutib turuvchilarning asoslari, 7. Suvning kirish yo'llari,

8. Bug`ning chiqish yo`llari.

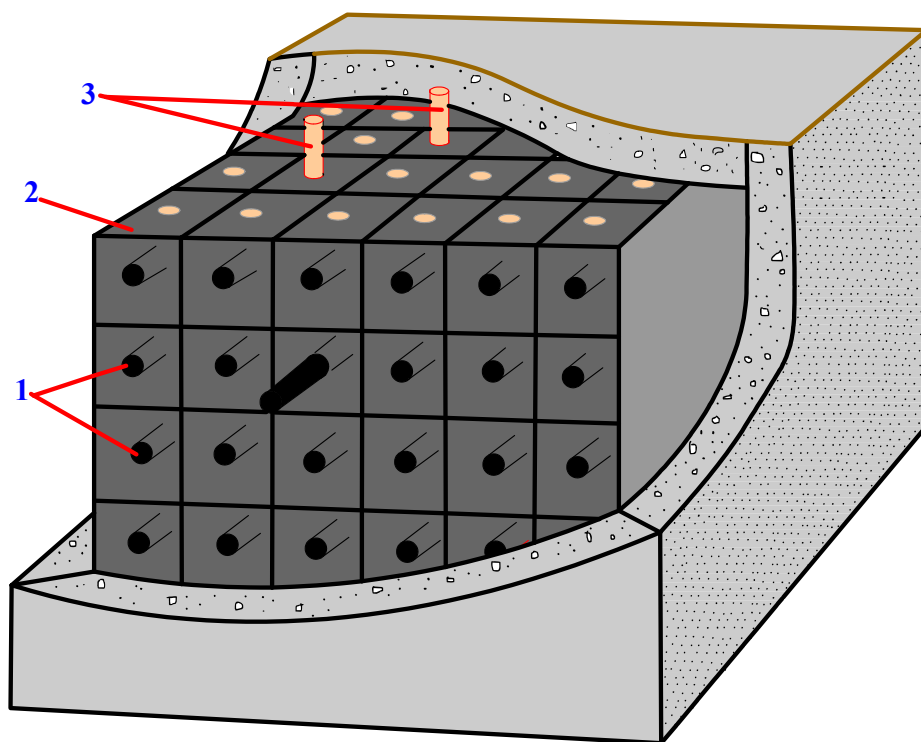
Faraz qilaylik, Uran yadrosi neytronni yutadi. Natijada parchalanish reaksiyasi yuzaga keladi va energiyasi 1 MeV ga teng ikkita neytronlar ajralib chiqadi. Bu neytronlarning energiyasi inert grafit yadrolari bilan bir necha bor to`qnashgandan so`ng, issiqlik energiyasigacha kamayadi. Sekinlashtirgich sifatida grafitdan foydalanib, u bilan ko`p to`qnashgan neytron energiyasi issiqlik energiyasigacha kamayadi. Sekinlashgan neytronni Uran-235 yutgandan so`ng, yana ikki neytronlar chiqaruvchi parchalanish reaksiyasi yuzaga keladi. Ba`zi bir neytronlar reaktor yuzasidan chiqib, parchalanish reaksiyasida qatnashmaydi.

Reaktor ichida neytronlarning yo`qolishiga sabab, ularning begona birikmalarda yoki Uran-238 da yutulishidir. 11-rasmga diqqat bilan qarasak uran sterjenlari shunday joylashtirilganki, reaktorning ixtiyoriy joyda hosil bo`lgan neytronlar soni, xuddi shu joydagi boshlang`ich erkin neytronlar soniga teng. Bu ikki neytronlar sonining bir-biriga nisbati ko`payish koeffisienti deyiladi. U «K» harfi bilan belgilanadi. Agarda $K = 1$ bo`lsa zanjir reaksiyasi o`z-o`zidan saqlanib turadi. Ortiqcha neytronlarni yutib ko`payish koeffisientini bir me`yorda saqlab turish uchun reaktorning ma`lum joylariga bor moddasidan yasalgan sterjenlar joylashtirilgan.

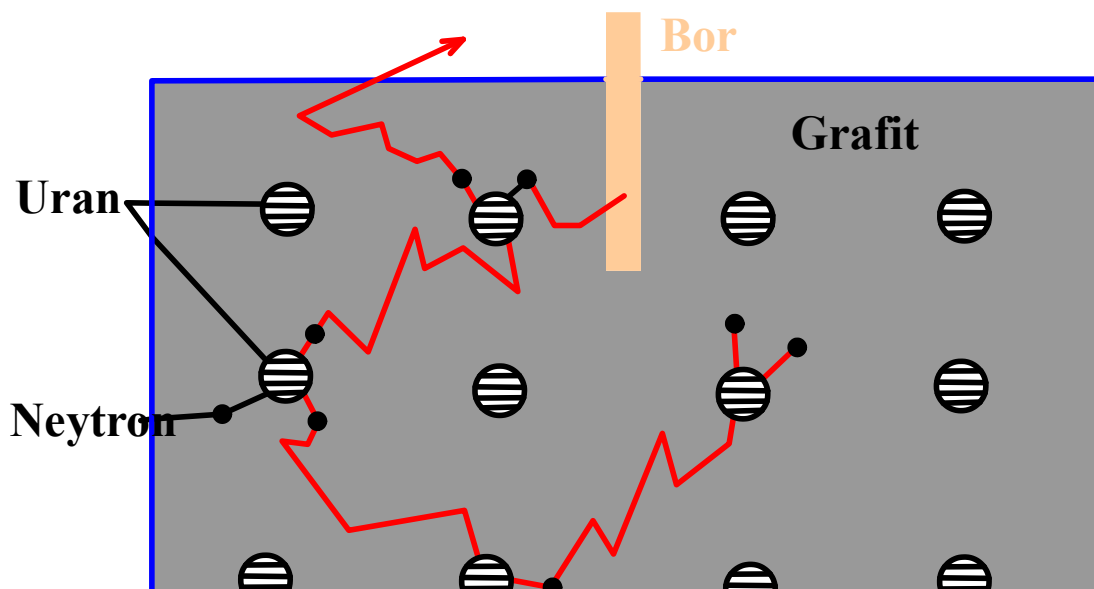
Yuqori bosimli qozon. Mustahkam qozon oddiy suv bilan shunday to`ldiriladiki, yadroviy yoqilg`i element suvga to`la botib turadi. Suv bir vaqtning o`zida neytronlarni sekinlashtiradi va ajralgan issiqlik energiyasini reaktordan chiqaradi. Yuqori bosimli suv bug`lari teploobmennik yordamida sistemaga kiradi va issiqlik energiyasini ikkinchi konturga uzatadi. Ikkinchi kontur esa bug` mashinasiga ulangan.



11-rasm. Sekinlashtirilgan neytronlarga ishlaydigan yadro reaktori. 1-Uran tayyoqchalari, 2 - Germetik po`lat trubalar, 3 - Neytronlarni qaytargichlar, 4-Neytronlarni yutuvchi tayyoqchalar, 5 - Favqulot holatda ishga tushiriladigan tayyoqchalar.



12- rasm. Uran reaktorini sxemasi. 1 - Uran tayyoqchalari. 2 - Katta massali grafit. 3 - Bor metaldan qilingan tayyoqchalar, ular reaktivning aktivligini boshqaradi.



Uran reyaktorida neytronlar bilan bo'ladigan jarayonlar. Har bir parchalanishda ikkita neytronlar hosil bo'ladi. Neytronlar trayektoriyasining o'zgarishiga sabab, ularning grafit yadrosi bilan to'qnashishidir.

2.3. Zanjirli reaksiyalar

Tabiatda Uran asosan ikki izotop aralashmasi sifatida uchraydi: $^{235}_{92}\text{U}$ (0,7%) va $^{238}_{92}\text{U}$ (99,3%). Neytronlar ta'sirida uran yadrosi bo'linish kesimi izotop turi va neytron energiyasiga bog'liq ravishda har xil bo'ladi. Neytronlar energiyasiga qarab quyidagicha toifalarga bo'linadi: energiyasi 0,025 eV dan 0,5 eV ga qadar bo'lgan neytronlar issiq neytronlar; 0,5 eV dan 1 keV gacha energiyali neytronlar rezonans neytronlar; 1 keV dan 100 keV gacha energiyali neytronlar oraliq neytronlar; 100 keV dan 14 MeV gacha energiyali neytronlar esa tez neytronlar deb ataladi.

Bo'linish kompaund yadro hosil bo'lish bilan yuz berganda yadrolarning bo'linishi yadro vaqtiga ($10^{-22} - 10^{-23}$ s) nisbatan ancha sekin yuz beradi. Kinetik energiyasi T_n bo'lgan neytronni yutgan yadroning uyg'onish energiyasi $E_{o'yg'} = T_n + \epsilon_{A+1}$ bo'ladi. Bu yerda ϵ_{A+1} - neytronning kompaund yadro bog'lanish energiyasi. Demak, biror $^A_Z X$ yadroning T_n kinetik energiyali neytron ta'sirida bo'linish sharti

$$T_n > E_f = E_{akt} - \epsilon_{A+1}$$

bu yerda E_f –bo'linishning effektiv chegarasi deyiladi. Aktivatsiya energiyasi E_{akt} bo'linish parametriga bog'liq bo'lib, uncha og'ir bo'lmagan yadrolar uchun bo'linish parametri kritik qiymatdan kichik $\left(\frac{Z^2}{A}\right)_{kr} > \frac{Z^2}{A}$, aktivatsiya energiyasi E_{akt} katta bo'ladi.

Shuninguchun bunday yadrolarni bo'lish uchun neytron energiyasi yetarlicha katta bo'lishi lozim. Og'ir yadrolarda esa bo'linish parametri oshib, aktivatsiya energiyasi E_{akt} kamayib boradi. Nihoyat, ba'zi yadrolar uchun $E_{akt} < \epsilon_{A+1}$, ya'ni ular uchun E_f – manfiy. Bunday yadrolar issiq neytronlar ta'sirida ham bo'linadi. 1 va 2-jadvallarda

ba'zi yadrolar bo'linishining aktivatsiya energiyasi va neytronning yadrodagi bog'lanish energiyasi keltirilgan.

1-jadval

Ba'zi yadrolar bo'linishining aktivatsiya energiyasi

Yadro	^{207}Tl	^{207}Bi	^{210}Po	^{233}Th	^{236}U	^{239}U	^{239}Pu	^{240}Pu
$E_f(\text{MeV})$	19,8	22,2	19,7	5,4	6,6	7,1	5,3	5,1

2-jadval

Neytronning yadrodagi bog'lanish energiyasi

Boshlang'ich yadro	^{238}U	^{235}U	^{239}Pu	^{232}U	^{232}Th
Boshlang'ich yadro+n	^{239}U	^{236}U	^{240}Pu	^{233}U	^{235}Th
Boshlang'ich energiyasi MeV	6,0	6,8	5,3	5,1	5,1

Jadvallardan ko`rinib turibdiki, ^{238}U , ^{235}U , ^{239}Pu yadrolar uchun bo'linish energiyasi E_f –manfiy, istalgan issiq neytronlar ta'sirida bo'linsa, ^{238}U uchun E_f neytron energiyasi hech bo'lmaganda $T_n > 1,1 \text{ MeV}$ bo'lgan tez neytronlar bilan bo'linishi mumkin.

Haqiqatdan ham, ^{235}U neytron yutib ^{236}U ga aylanadi, ^{236}U juft-juft yadro bo'lgani uchun bog'lanish energiyasi nisbatan yuqori, 6,8 MeV. ^{238}U esa neytron yutib ^{239}U ga aylanadi, bu yadro juft-toq yadro bo'lgani uchun bog'lanish energiyasi past, 6,0 MeV. Aktivatsiya energiyalari bo'linish parametriga Z^2/A bog'liq bo'lganida ^{236}U uchun 6,6 MeV, ^{239}U uchun 7,1 MeV.

Og'ir yadrolarning issiq neytronlar ta'sirida bo'linishi energiya nuqtai nazaridan juda qulaydir. Undan tashqari ^{233}U , ^{235}U va ^{239}Pu izotoplar uchun bo'linish reaksiyasining kesimi juda katta va nihoyat issiq neytronlar ta'sirida bo'linish

reaktsiyalari ekzotermik bo'lganidan yuqoridagi yadrolar uchun kichik energiya sohasida « $1/v$ qonun» bajariladi. Neytron energiyasi $T_n=0,025$ eV bo'lsa, $\sigma_{nf}=600$ bn; $T_n=1$ MeV da $\sigma_{nf}=1,5$ bn.

Og'ir yadrolar bo'linishida katta energiya ajralib chiqadi. Og'ir yadrolar bo'linishida massa sonlari $A=100$ yaqin bo'lgan bo'lakchalarning har bir nuklonga to'g'ri keluvchi solishtirma bog'lanish energiyasi $A \geq 325$ katta bo'lgan bo'linuvchi og'ir yadrolar solishtirma bog'lanish energiyalaridan taxminan 0,85 MeV katta. Demak, bo'linish natijasida har bir nuklonga 0,85 MeV ga teng bo'lgan energiya ajraladi, ya'ni har bir yadroga to'g'ri keladigan bo'linish energiyasi $Q=235 \cdot 0,85 = 200$ MeV.

Masalan, 1 kg ^{235}U bo'linganda ajralgan energiya: 1 kg da $N = \frac{mN_A}{A}$ uran yadrosi.

To'la ajralgan energiya

$$Q = NQ_1 = \frac{1\text{kg} \cdot 6,023 \cdot 10^{26}}{235} 200 \text{MeV} = 5,125 \cdot 10^{26} \text{MeV} = 8,2 \cdot 10^{10} \text{kJ}$$

Bu – 1800 t benzin, 2700t ko'mir yonganda beradigan issiqlikka teng. Bo'linish energiyasi – asosiy qismi: bo'lakchalar kinetik energiyasiga – 169 MeV, oniy gamma-nurlar energiyasiga – 8 MeV, bo'linishda vujudga kelgan neytronlar energiyasiga – 5 MeV, β –yemirilish energiyasiga ~ 9 MeV, γ -nurlar energiyasiga – 7 MeV, neytrino energiyasiga ~ 11 MeV sarf bo'ladi.

Bo'linish energiyasining neytrino energiyasidan tashqari hamma qismini issiqlikka aylantirish mumkin. Bo'linishda ajralgan energiya uran yadrosi massasining $\sim 0,1$ foizini tashkil etadi. Bo'linish reaksiyasi (n,f) bilan bo'linishga xalaqit beruvchi noelastik sochilish (n,n'), elastik sochilish (n,n), radiatsion qamrash (n, γ) jarayonlari raqobatlashadi. Ammo kichik energiyalarda noelastik, elastik sochilishlar bo'lmasdan ^{235}U yadrosi 16 foiz – radiatsion qamrash, ~ 84 foiz – hollarda yutilgan neytronlar bo'linishni vujudga keltiradi. Uran ^{235}U yadrosi sekin neytronlar ta'sirida nuklonlar soni $A = 90$ va $A = 140$ atrofida bo'lgan ikki bo'lakchalarga bo'linadi. Bu bo'lakchalar kripton ($_{36}\text{Kr}$) va ksenon ($_{54}\text{Xe}$) yoki shu yadrolar atrofidagi yadro izotoplari bo'lib bo'lakchalar biri ikkinchisidan taxminan 1,5 marta og'irroqdir. Bo'linishda taxminan $\sim 1\%$ lar teng bo'lakka bo'linadilar.

Uran-235 yadrosida neytronlarning protonlarga nisbati 1,6 ga teng. Lekin bo'linishda hosil bo'lgan bo'lakchalarga bu nisbat ancha kamdir. Masalan, $^{108}_{47}\text{Ag}$, $^{137}_{56}\text{Ba}$ yadrolari uchun 1,3 va 1,45 ga teng. Demak har bir bo'linish jarayonida bir necha neytronlar hosil bo'lishi kerak. Haqiqatdan, uran-235 bo'linishining har bir aktida o'rta hisobda 2-3 ta oniy neytron hosil bo'ladi. Oniy neytronlarning o'rtacha kinetik energiyasi 2 MeV bo'lib, ular bo'linish energiyasining 30% ini olib ketadi.

Oniy neytronlar chiqarganidan keyin bo'lakchalar uyg'ongan holatlarda bo'ladi. Ular tezda oniy gamma-kvantlarni chiqarish bilan asosiy holatga o'tadi. Har bir bo'linishda $\sim 1\text{MeV}$ li qariyb 8 foton chiqaradi, bu bilan bo'linish energiyasining taxminan 3,5% ni olib ketadi.

Tabiiy uran bir jinsli blokiga, ya'ni 99,3% ^{238}U va 0,7% ^{235}U izotoplar aralashmasiga biror neytron kelib tushsa, bo'lish sodir etsa, 2 MeV energiyali neytronlar hosil bo'ladi. Bu neytronlar:

1) Neytronlar ta'sirida ^{238}U bo'linish ehtimoliyati 1/5, ^{235}U bo'linishim mumkin, lekin tarkibidagi kam bo'lgani uchun tabiiy uran zanjir reaksiya bormaydi.

2) Tez neytronlar noelastik sochiladi, natijada energiyasini kamaytiradi, $E < 100\text{ keV}$ bo'lgan oraliq neytronlarga aylanadi, bu neytronlar ^{238}U yadrosini bo'la olmaydi. Lekin biroz kichik ehtimollik bilan ^{235}U yadrosini bo'lishim mumkin. Uranning tabiiy aralashmasida oraliq neytronlari yordamida zanjir reaksiya yuz berishim mumkin emas.

3) Noelastik sochilish natijasida neytron energiyasi kamayib boradi, oraliq varezonans soha neytronlariga o'tadi. Bu soha neytronlari yadroga yutilish natijasida radioaktiv bo'lib qoladi, lekin bo'linmaydi. Bu soha neytronlarining yutilish juda foydali, lekin zanjir reaksiya borishida xavfli.

4) Ko'rsatilgan hamma bosqichlarda aralashmalar, bo'linish reaksiya mahsulotlari va hokazo yadrolari tomonidan neytronlarning juda ham nomaqbo'l qamralishi yuz beradi.

5) Neytronlarning muhitdan chiqib ketishligi uning o'lchamiga bog'liq.

6) Hamma xavfli bosqichlardan o'tgan neytronlar issiq energiyaga qadar sekinlashadi va katta ehtimollik bilan ^{235}U ning yadrolarini bo'ladi. Lekin tabiiy uran

blokidagi neytronlarning boshlang'ich miqdorida issiq neytronlar juda ham oz bo'lganligi uchun zanjir reaksiyasini yuzaga keltira olmaydi.

Zanjir reaksiyasini amalga oshirish uchun:

1) Neytronlarni intensiv yutuvchi boshqa aralashmalardan tozalash zarur. Undan tashqari bo'linish jarayonida hosil bo'lgan boshqa mahsulotlardan aktiv zonani o'z vaqtida tozalab turish kerak.

2) Tez neytronlarda zanjir reaksiya borishi uchun yoqilg'isining tarkibini ^{235}U izotoplari bilan boyitish zarur. Tajribadan ma'lumki, uran ^{235}U bilan boyitilganda 5,56% dan boshlab zanjir reaksiya boshlanganligi, amalda 15%dan kam bo'lmasligi kerak.

3) Reaksiyani amalga oshirishda rezonans sohada neytronlarni rezonans qamrab olish (n,γ) jarayon katta xalaqit beradi. Shuning uchun rezonans sohadan tezroq issiq neytronlar sohasiga o'tkazish lozim.

Neytronlarni sekinlashtirishda massasi neytron massasiga yaqin bo'lgan turli moddalardan – sekinlashtirgichlardan foydalaniladi.

Kinetik energiyasi T_n bo'lgan neytron nuklonlar soni A bo'lgan sekinlashtirgich yadrosi bilan to'qnashganda har bir to'qnashuvda neytronning energiya yo'qotishi

$$\Delta T_n = \frac{4A}{(A+1)^2} T_n$$

Demak, sekinlatgich qancha yengil bo'lsa, neytronlar shuncha tez sekinlashadi. Sekinlashtiruvchi yadro neytronlarni yutmasligi kerak. Sekinlatgich:

1) Suv bo'lsa; tarkibidagi protonlarning neytronlar bilan ta'sirida deytronlar hosil bo'lishi hisobiga neytronlar suvda intensiv yutiladi;

2) Geliy ^4He bo'lsa, neytronni yutmaydi, ^5He tabiatda uchramaydi. Lekin gaz bo'lgani uchun zichligi kichik, foydalanish noqulaydir;

3) Eng yaxshi sekinlatgich og'irsuv D_2O ;

4) Sekinlashtiruvchi moddaning fizik xossalarini, iqtisodiy jihatdan arzonligini ham hisobga oladigan bo'lsak, u holda og'irsuv, uglerod,

berilliyvaberilliyoksidi vaboshqalaribo`lishim mumkin. Suv yuqorida aytilgan kamchiliklarga qaramay, sekinlatgich sifatida keng ishlatiladi;

5) Sekinlatuvchi moddaning uran bilan aralashmasidan tashqari (bunday reaktorlarga gomogen reaktorlar deyiladi) bo`linuvchi uran va sekinlatgichlar alohida bir-biriga yonma-yon qo`yiladi. Uran moddasida hosil bo`lgan neytronlar sekinlatgichga o`tadi, u yerda neytronlar issiq neytronlar energiyasiga qadar sekinlashadi va yana uran yoqilg`isiga o`tadi va hamda bo`linish reaksiyasini hosil qilishini davom ettiradi. Bunday reaktorlar geterogen reaktorlar deyiladi. Gomogen reaktorda zanjir reaksiya hosil qilish uchun qimmatbaholi og`ir suv sekinlatgichdan foydalansa, geterogen reaktorlarda arzon grafit ishlatilganda ham zanjir reaksiya hosil bo`lishi mumkin;

6) Zanjir reaksiyaning kechishida bo`linuvchi moddaning formasi ham muhim rol o`ynaydi. Sferik shaklda bo`lganda neytronlarning aktiv zonadan tashqariga chiqib ketishi eng kam bo`lar ekan;

7) Zanjir reaksiya yetarli darajada massaga ega bo`lganda ro`y beradi. Zanjir reaksiya borishi mumkin bo`lgan sistemaning minimal massasi kritik massa deb ataladi. Sistemaning (aktiv zonaning) kattaligi esa kritik kattalik deyiladi. Kritik massa sistemaning geometriyasiga bog`liq. Masalan: toza ^{235}U dan iborat ellipsoid shaklda ($a=1,94\text{ m}$, $b=1,55\text{ m}$) bo`lgan sistemaning kritik massasi 47 kg. Shar radiusi  $R=17\text{ sm}$ . Agar uran moddasi berilliy qobiqli polietilen plyonkalar bilan qatlam-qatlam ajratilsa, kritik massa 242 g radiusi  $R=3\text{ sm}$  bo`ladi;

8) Aktiv zona kritik kattaligini va yoqilg`i kritik massasini yanada kamaytirish uchun reaksiya zonasini neytronlarni qaytaruvchi modda – qaytargich bilan o`raladi. U aktiv zonadan chiqib ketadigan neytronlar sonini kamaytiradi. Qaytargich bilan o`raladi. U aktiv zonadan chiqib ketadigan neytronlar sonini kamaytiradi. Qaytargich sifatida berilliy ishlatiladi.

Shunday qilib, issiq neytronlar ishtirokida ishlaydigan reaktorning k_{∞} ko`payish koeffitsienti

$$k_{\infty} = \eta \rho f \varepsilon$$

ko`rinishdagi taqribiy formuladan foydalanish mumkin. Bu formuladagi uchta ko`paytuvchi to`g`risida yuqorida bayon etildi. To`rtinchi ( ko`paytuvchi esa tez

neytronlarda ko'payish koeffitsientini, bu koeffitsient tez neytronlar sekinlashgunga qadar bo'linishga olib kelishi mumkinligini hisobga olish uchun kiritiladi. O'z ma'nosiga asosan (doim birdan katta bo'ladi. Issiq neytronlar ishtirokida bo'ladigan reaksiyalar uchun uning qiymati 1,03 atrofida bo'ladi. Tez neytronlar ishtirokida bo'ladigan bo'linish reaksiyalari uchun bu formula o'rinli bo'lmaydi. η - kattalik yonilg'ining turiga bog'liq bo'lganligi, ϵ esa sekin neytronlar bilan amalga oshadigan reaksiyalar uchun 1 ga yaqin bo'lganligidan, biror aktiv muhitning sifati ρf ko'paytma bilan aniqlanadi va $(\rho f)_{\text{get}} = 0,823$; $(\rho f)_{\text{gom}} = 0,595$ bo'ladi. Tabiiy uran uchun $\eta = 1,34$ ekanligidan $(k_{\infty})_{\text{get}} > 1$, $(k_{\infty})_{\text{gom}} < 1$. Bu sonlar geterogen muhitning gomogen muhitga nisbatan afzalligini ko'rsatadi.

1942 yilning dekabrda Chikago (AQSh) universitetida E.Fermi boshchiligida jahonda birinchi boshqariladigan reaktor qurildi. 1946 yilning dekabrda Moskva shahrida I.V.Kurchatov va A.I.Alixanov boshchiligida reaktor ishga tushirildi. Bu reaktorlarda sekinlatgich sifatida grafit, boshqarishda neytronlarni kuchli yutuvchi kadmiy yoki bordan yasalgan sterjenlardan foydalanilgan.

Zanjir reaksiyani boshqarishda kechikuvchi neytronlarning ahamiyati katta. Kechikuvchi neytronlarni hisobga olib, ko'payish koeffitsientini $k = k_0 + k_{\text{kech}}$ (bu yerda k_0 –oniy neytronlarning ko'payish koeffitsienti) yig'indi ko'rinishida yozish mumkin. Zanjir reaksiyaning rivojlanib borish tezligi neytronlarning ko'payish koeffitsienti k bilan ikki ketma-ket bo'linish jarayonlari orasida o'tuvchi vaqt miqdoriga ham bog'liq. Bu vaqt (τ) bir bo'linish jarayonining o'rtacha yashash vaqti deb ataladi. Bir bo'linish bosqichida neytronlar soni $\Delta n = n(k-1)$ ga ortadi. Vaqt birligida esa neytronlar sonining ortishi

$$\frac{dn}{dt} = \frac{n(k-1)}{\tau}$$

Bu tenglamadan istalgan t-vaqtdagi neytron sonini aniqlash uchun formula

$$n = n_0 e^{k-1/\tau}$$

bu yerda n_0 -boshlang'ich vaqtdagi neytronlar soni.

Reaktorda neytronlar soni bu formula bo'yicha eksponensial qonun bilan ortib boraveradi. Quvvati $e=2,718$ marta orttirish uchun kerak bo'ladigan vaqt zanjir reaksiya davri yoki reaktor davri deyiladi.

Zanjir reaksiyani boshqarishda kechikuvchi neytronlarning ahamiyati katta. Agar kechikuvchi neytron bo'lmasa reaksiya n – ta avloddan so'ng neytronlar miqdori, reaksiya tezligi va quvvati k^n marta ortadi, ya'ni vaqtning t momentidagi quvvati $N=N_0 k_0$ bo'ladi. τ -issiqneutronlarda ishlaydigan reaktorlar uchun $\tau=10^{-3}$ s. Kechikuvchi neytronlarni hisobga olmaganda issiq neytronlarishtiroida ishlaydigan reaktor ning davri 10 sgayaqin bo'ladi. (8.10) formuladan quvvati m marta oshirganda $2,718 = k^{10/10}$; $k_0 = 1,0001$ hosil bo'ladi.

Reaksiya $(k_0)^{T/\tau}$ - gaproportsional keskin oshib ketadi, bunda hech qanday qutqarish chorasini ko'rib bo'lmaydi.

Kechikuvchi neytronlar zanjir reaksiya davrinibir nechatartibga oshirib, reaktorniboshqarishimkoniyatiniboradi.

$k=1,001$ bo'lganda sistemaning davri yoki neytronlar sonining e -marta ko'payish vaqti 80 s ni tashkil etadi. Bu vaqt zanjir reaksiyasini shoshmasdan boshqarishga imkon beradi. Sof yoqilg'i muhitda, odatda neytronlar siklining vaqti $\sim 10^{-8}$ s teng, $k=1,1$ bo'lganda dastlabki 1 dona neytron 6 mks da 10^{26} ta neytron hosil qiladi yoki bitta bo'linish 10^{26} bo'linishni vujudga keltiradi. Bu $t=6$ mks oxiridagi bir neytron sikli vaqtida 40 kg uranning bo'linishiga tengdir. Zanjir reaksiyasining o'sib borishi sistemada neytronlar ko'payish koeffitsienti bilan xarakterlanadi.

$$k = \frac{N_i}{N_{i-1}}$$

Agar birinchi avlodda N_1 neytronlar bo'lsa, n – avlodda $N_n = N_1 k^{n-1}$ bo'ladi. k - o'z navbatida;

$$k = \varphi k_\infty$$

bu yerda k_∞ cheksiz muhitning neytronlar ko'payish koeffitsienti. φ -muhitdan neytronning chiqib ketmaslik ehtimolligi. Har doim $\varphi < 1$ bo'lib, qiymati sistema

geometriyasi va qaytaruvchi qobiliyatiga bog'liq. Neytronlarning yuqorida ta'kidlanganidek, k_{∞} - bo'linmaydigan elementlar tomonidan yutilmaslik ehtimoliyati,

neytronlarni aktiv yadro tomonidan yutib bo'linish ehtimolligi $P = \frac{\sigma_{nf}}{\sigma_{nf} + \sigma_{n\gamma}}$,

uchinchidan har bir bo'linish aktida yangi ν - sondagi neytronlar vujudga kelish ehtimolligiga bog'liq. Zanjir reaksiyasi bo'lishi uchun $\eta = \nu P > 1$ bo'lishi kerak. η - qiymati bo'linuvchi yadroga va bo'luvchi neytron energiyasiga bog'liq. 3-jadvalda ayrim yadrolar uchun ikki energiya tizimida η , ν , P , k - qiymatlari keltirilgan (R_{kr} , m_{kr} – kritik o'lcham va kritik massa).

3-jadval

Bo'linuvchi element		^{235}U	^{239}Pu	^{233}U	^{238}U
Issiq neytronlar ($E_n=0,025\text{ eV}$)	ν	2,47	2,91	2,52	-
	P	0,84	0,72	0,90	0
	η	2,07	2,09	2,28	0
Tez neytronlar ($E_n=1,2\text{ MeV}$)	ν	2,65	3,0	2,7	2,5
	P	0,87	0,9	0,91	0,12
	η	2,3	2,7	2,45	0,3
	$R_{KD}(\text{sm})$	8,5	6	6	-
	$m_{KD}(\text{kg})$	48	6	12	-

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, ^{238}U issiq yoki tez neytronlar bo'linish zanjir reaksiyasida qatnashmaydi.

Xulosa

Bitiruv malakaviy ishida yadroviy reaksiyalarning energetik qonunlarini o`qitishda yadroviy reaksiyalar, yadroviy reaktorlar va ularni o`rganish asosiy muammo hisoblanadi. Yadrolarning xususiyatlarini o`rganib bo`lgandan keyin reaksiyalarning turlarini, Zanjirli reaksiyalarni kollej o`quvchilarga o`rgatish bir qancha natija beradi. Bitiruv malakaviy ishida reaktorning asosiy qismi aktiv zona bo`lib unda zanjir reaksiya yuz beradi va energiya ajraladi. Neytronlarning tashqariga chiqib ketishini kamaytirish uchun aktiv zona qaytargich ichiga joylanadi. Aktiv zona neytronlarni sekinlatuvchi bloklardan va ularni ichida joylashgan yoqilg`i kassetalari TVEL lardan tashkil topgan (TVEL – issiqlik ajratuvchi element). Reaksiya intensivligi neytronlarni kuchli yutuvchi moddalardan yasalgan maxsus sterjenlar yordamida boshqariladi. Reaktor ishga tushirilishdan oldin neytronlarni yutuvchi (kadmiy yoki bor karbidi) sterjen aktiv zonaga to`la kiritilgan holatda bo`ladi. Bu holda $k < 1$ va zanjir reaksiya bo`lmaydi. Sterjen aktiv zonadan chiqarila borishi bilan  $k$  ortadi va  $k = 1$ da reaktor statsionar rejimda ishlay boshlaydi. Reaktorning halokatini oldini olish maqsadida qo`shimcha sterjen doim tayyor turadi. Neytronlar soni keragidan ortib ketishi bilan bu sterjen avtomatik ravishda aktiv zonaga kiritiladi va halokat oldi olinadi. Reaktorda hosil bo`lgan radioaktiv nurlanishlardan saqlanish uchun u neytron va gamma-nurlarni yutuvchi radiatsion xavfsizlikni ta'minlaydigan massiv jism bilan o`raladi.

Yoqarida o`rganilgan yadroviy reaksiyalar va reaktor tuzilishi talabalarda qiziqish uyg`otadi. Bu mavzuni kollej talabalariga o`rgatganda har xil o`qitish uslublaridan foydalanish mumkin. Xullas bitiriv malakaviy ishi kolejdoo`qitish va o`qivchilariga metodik qo`llanma bo`lib xizmat qiladi.

Faydalangan adabiatlar

1. A. İ. Naumov. Fizika atomnogo yadra i elementarnix chastits. Moskva. Prosveshenie. 2000.
2. E.N. Rasulov. U.Sh.Begimqulov. Sh.X. Axmadjanova. Sh.M. Adashboev. Kvant fizikadan masalalar to'plami. 290 bet. 2005 y.
3. R.Bekjonov. Yadrofizikasi. T. "O'qituvchi", 1975. IX bob, 213-260 b.
4. Fizika (Kasb –hunar kollejlari uchun) 3-qism. Toshkent. 2001.
5. A.Jumamuratov, Yadro fizikasi. Nukus-2013, NGPI.
6. Fizika.ru – fizikadan mektep sabaqlıqları ha'm basqada dokumentler.
7. Edu.ru – Rossiya bilimlendiriw resursları, onda, ta'lim saytları katalogin ko'riw mumkin.
8. Wirlib.eunnet.net – elektron jurnal.
9. Infoline.ru – fizikalıq protsessler animatsiyası.
10. Physics.nad.ru – fizikalıq protsessler animatsiyası.
11. Matriz.ru – triz – ta'lim.

