

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

“Himoyaga ruxsat etildi”

Fizika – matematika fakulteti

dekani, f.-m.f.n.

_____ **D.Boytilayev**

«_____» _____ **2019 y.**

5140200-Fizika ta'limi yo'nalishi bitiruvchisi

Voxobjonov Ismoil Shuhrat o'g'lining

“ATOM YADROLARINING BO'LINISHI VA
YADRO ENERGETIKASI”

mavzusidagi

BITIRUV MALAKAVIY ISHI

“Himoyaga tavsiya etildi”

BMI rahbari: o'qituvchi

Fizika kafedrası mudiri

D.Yusupov

_____ **(PhD) B. Qo'chqorov**

«_____» _____ **2019 y.**

Namangan-2019

MUNDARIJA

KIRISH	4
I. BOB. RADIOAKTIVLIK HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR	8
1.1. Radioaktivlik.....	8
1.2. Siljish qoidalari	12
1.3. Radioaktiv yemirilish qonuni.	15
1.4 Yadro kuchlarining xususiyatlari	18
1.5. Yadroning bog'lanish energiyasi	22
II. BOB. YADRO REAKSIYALARI	27
2.1. Sun'iy radioaktivlik	30
2.2. Zanjir yadro reaksiyasi	31
2.3. Atom yadrosining bo'linishi	38
2.4. Yadro energiyasini olish	43
2.5. Atom reaktori nima?	46
2.6. Neytron ta'sirida yadrolarning bo'linishi	49
2.7. Issiq neytronlarda ishlaydigan reaktorlar	54
2.8. Tez neytronlarda ishlaydigan reaktorlar	55
2.9. Atom energetikasining qulayliklari	56
2.10. Dunyodagi AESlar tahlili	56
III. BOB. RADIOAKTIV OILALAR	59
3.1. Uran-238 oilasi, Toriy-232 oilasi va Uran-235 oilasi	61
3.2. Yadroviy nurlanishning kimyoviy va biologik ta'siri	66
3.3. Radioaktiv nurlanishlardan saqlanish	73
XULOSA	82
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI	85

KIRISH

Mustaqil respublikamiz xalq ta'limi tizimini jamiyatimiz qo'yayotgan talab va ehtiyojlarga mos keladigan, yangi sifat darajasiga ko'tarish yosh avlodga fan asoslarini o'rgatish ularning g'oyaviy tayyorgarligini oshirish iqtisodiy va sotsial jarayonda, davlatni barcha ishlab chiqarish va jamoat ishlarini boshqarishda aktiv, ijodiy ishtirokini ta'minlaydigan sifat jihatidan yanada ko'tarish davrimizning asosiy talabidir.

2017 - 2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo'nalishi bo'yicha Harakatlar strategiyasi ishlab chiqilgan bo'lib, ular quyidagicha:

I. Davlat va jamiyat qurilishi tizimini takomillashtirishning ustuvor yo'nalishlari.

II. Qonun ustuvorligini ta'minlash va sud-huquq tizimini yanada isloh qilishning ustuvor yo'nalishlari.

III. Iqtisodiyotni rivojlantirish va liberallashtirishning ustuvor yo'nalishlari

IV. Ijtimoiy sohani rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlari.

V. Xavfsizlik, millatlararo totuvlik va diniy bag'rikenglikni ta'minlash hamda chuqur o'ylangan, o'zaro manfaatli va amaliy tashqi siyosat sohasidagi ustuvor yo'nalishlar.

Ko'rib turganimizdek hozirda amalga oshirilayotgan ushbu Harakatlar strategiyasi hamma sohalarni o'z ichiga olgan. Jumladan ta'lim va fan sohasini rivojlantirishga katta e'tibor berilgan bo'lib, unda quyidagi vazifalar belgilab berilgan:

- uzluksiz ta'lim tizimini yanada takomillashtirish, sifatli ta'lim xizmatlari imkoniyatlarini oshirish, mehnat bozorining zamonaviy ehtiyojlariga mos yuqori malakali kadrlar tayyorlash siyosatini davom ettirish;

- ta'lim muassasalarini qurish, rekonstruksiya qilish va kapital ta'mirlash, ularni zamonaviy o'quv va laboratoriya asboblari, kompyuter texnikasi va o'quv-metodik qo'llanmalar bilan jihozlash orqali ularning moddiy-texnika bazasini mustahkamlash yuzasidan maqsadli chora-tadbirlarni ko'rish;
- maktabgacha ta'lim muassasalari tarmog'ini kengaytirish va ushbu muassasalarda bolalarning har tomonlama intellektual, estetik va jismoniy rivojlanishi uchun shart-sharoitlarni tubdan yaxshilash, bolalarning maktabgacha ta'lim bilan qamrab olinishini jiddiy oshirish va foydalanish imkoniyatlarini ta'minlash, pedagog va mutaxassislarning malaka darajasini yuksaltirish;
- umumiy o'rta ta'lim sifatini tubdan oshirish, chet tillar, informatika hamda matematika, fizika, kimyo, biologiya kabi boshqa muhim va talab yuqori bo'lgan fanlarni chuqurlashtirilgan tarzda o'rganish;
- bolalarni sport bilan ommaviy tarzda shug'ullanishga, ularni musiqa hamda san'at dunyosiga jalb qilish maqsadida yangi bolalar sporti obyektlarini, bolalar musiqa va san'at maktablarini qurish, mavjudlarini rekonstruksiya qilish;
- kasb-hunar kollejlari o'quvchilarini bozor iqtisodiyoti va ish beruvchilarning ehtiyojlariga javob beradigan mutaxassisliklar bo'yicha tayyorlash hamda ishga joylashtirish borasidagi ishlarni takomillashtirish;
- ta'lim va o'qitish sifatini baholashning xalqaro standartlarini joriy etish asosida oliy ta'lim muassasalari faoliyatining sifati hamda samaradorligini oshirish, oliy ta'lim muassasalariga qabul kvotalarini bosqichma-bosqich ko'paytirish;
- ilmiy-tadqiqot va innovatsiya faoliyatini rag'batlantirish, ilmiy va innovatsiya yutuqlarini amaliyotga joriy etishning samarali mexanizmlarini yaratish, oliy o'quv yurtlari va ilmiy-tadqiqot institutlari huzurida ixtisoslashtirilgan ilmiy-eksperimental laboratoriyalar, yuqori texnologiya markazlari va texnoparklarni tashkil etish.

Yuqorida ta'kidlanganidek biz yosh mutaxassislarning oldida ta'lim va o'qitish sifatini yanada yaxshilashda fizika fanini chuqurlashtirilgan tarzda o'rganish va o'quvchilarga o'rgatish kabi yuksak vazifalar oldimizda turibdi.

Yadro fizikasi umumiy fizikaning asosiy bo'limlaridan biri bo'lib, keng ko'lamda rivojlanmoqda. Yadro fizikasi atom yadrosining tuzilishi, uning xususiyatlari, yadro kuchlarining tabiati, yadro tarkibiga kiruvchi zarralarning o'zaro ta'sirlari, yadrolarning yemirilish qonunlarini o'rganadi. Yadro fizikasining rivojlanish jarayonining asosiy qismi yadro fizikasi tajriba usullari va ularning amalda qo'llanilishi bilan bog'liq. Bu esa, juda chuqur va keng masalalarni, jumladan yadro fizikaviy ko'rsatkichlarini o'lchashdan tortib, to o'ta yuqori energiyali zarralarda yadro reaksiyalarini amalga oshirib, ularning mahsullarini o'rganishgacha qaratilgan ishlar, termoyadro sintezini boshqarish, lazerli yuqori neytron oqimi zichligiga ega bo'lgan uskunalardagi zamonaviy tajribalar va shularga o'xshash ko'p tadqiqotlarni o'z ichiga oladi.

Ushbu bitiruv malakaviy ishning asosiy maqsadi, yadro fizikasi va uning amaliy sohalari bo'yicha yadroviy termoyadro va zanjir reaksiyalar o'rganish orqali atom elektir stansiyalarini ishlash prinsiplari, qulayliklari va atrof muhitga ekologik tasirlari bilan tanishishdan iboratdir. Bu esa, jahon miqyosidagi energiya muammosini yechishga qaratilgan.

Tadqiqotlar mavzusining dolzarbligi. Zamonaviy ilm-fanning va ishlab chiqarish texnologiyasining ildam rivojlanib borishi, shu bilan bir qatorda kishilar salomatligiga, flora va faunaga salbiy ta'sir qiluvchi unsurlarning bo'lishi bizdan atrof muhitning radioekologik tozaligini qat'iy nazorat qilib turishni talab etadi. Radioekologik nazoratni amalga oshirish uchun atrof-muhitdagi moddalar element tarkibini sifat jihatidan ham, miqdor jihatidan ham o'rganib borish muhim vazifalardan biridir. Bugungi kunda aktivlashtirilgan tahlil texnologiyalari tog'-kon sanoatida avtomatlashgan gamma-aktivlashgan tahlil laboratoriyasi sifatida keng qo'llanilmoqda. Ushbu fanning rivojlanishi, yuqori intensivlikdagi nurlanishlar hosil qiladigan va ushbu sohaga moslashtirilgan yangi reaktorlar, neytron

generatorlar, elektron tezlatgichlar va zamonaviy o'lchash qurilmalari yaratilishi bilan chambarchas bog'liqdir.

Tadqiqotning maqsadi. Bu bitiruv malakaviy ishining asosiy maqsadi - atom yadrosining murakkab strukturaviy tuzilishiga ega ekanligini isbotlovchi radiaktivlik xossalarini o'rganish va barqaror bo'lmagan tabiiy izotoplarining radiaktiv nurlanishini, yadro reaksiyalarida vujudga kelgan izotoplarning nurlanish jarayonini o'rganish.

Tadqiqotning vazifalari. Yadro reaksiyalarining reaksiya energiyalarini o'rganish orqali yadro energetikasi va undan foydalanish darajalarini tahlil qilish. Hamda radiaktiv yadrolarning o'z-o'zidan radiaktiv nurlanish tufayli boshqa element yadrosiga aylanishini ya'ni radiaktiv yemirilish qonunini tadqiq qilish orqali radioaktiv nurlanishlarning inson salomatligiga ta'siri va ushbu nurlanishlardan himoyalaniş chora-tadbirlarini ishlab chiqish.

Ishni o'rganilganligining nisbiy tahlili. Moddalarning radioaktivlik xossasi kashf qilinganiga qariyb yuz yildan ortiqroq vaqt o'tgan bo'lsada, uning turli xossalardagi ahamiyati hamon katta qiziqish bilan o'rganilmoqda. Radioaktivlikning kashf qilingan dastlabki yillari asosan bunday xossalarga ega moddalarni aniqlash jarayoni davomida α , β , γ yemirilish qonunlari va ularning energiyalarini aniqlash katta qiziqish uyg'otgandi. So'nggi yillarda esa radioaktivlikning inson organizmiga ta'siri va fanning turli sohalarida ham keng o'rganilmoqda. Shu bilan birga yadro reaksiyalarining yuqori energiyali zarralar bilan olib borish va Olamning zamonaviy manzarasini tahlil qilish borasida keng ko'lamli ishlar olib borilmoqda.

Tadqiqotning obyekti. Tadqiqotning obyekti o'z-o'zidan yemirilish xossasiga ega bo'lgan, Mendeleyev davriy sistemalaridagi og'ir yadrolar: Uran, Toriy, Radiy, Aktiniy va xokozolar.

Tadqiqotning predmeti. Tadqiqot predmeti radioaktiv yadrolar oilalarining yemirilish qonuniyati va xususiyatlari. Yadro energiyasidan foydalanish.

Bitiruv makakaviy ishning tuzilishi: BMI kirish qismi, 18 ta bo'lim, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat. BMIning mazmuni yoritilgan, shu

bilan birga rasm, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va foydalanilgan internet saytlaridan iborat.

I-BOB. RADIOAKTIVLIK HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

1.1. Radioaktivlik.

Radioaktivlik - atom yadrolarining ion nurlanishlari chiqarishi natijasida boshqa bir atom yadrolarining hosil qilishidir. Radioaktiv nurlanishlar ionlovchi nurlanishlar deb ataladi, chunki bu nurlar ta'sir etgan moddalar atom va molekulalarida ionlar hosil bo'ladi. Bunday ionlovchi nurlanishlarga rentgen nurlari, radio va gamma nurlari, alfa va beta nurlari, shuningdek, neytron oqimlari kiradi. Alfa nurlari katta ionlashtirish xususiyatiga ega bo'lgan, harakat doirasi katta bo'lmagan geliy atom yadrosining musbat zaryadlangan zarrachalari hisoblanadi. Harakat doirasi katta bo'lmaganligi sababli inson teri qavatigagina ta'sir qilib, terini yorib kira olmaydi, shuning uchun ham uncha zararli emas. Beta nurlari radioaktiv moddalarning atom yadrolari tarqatadigan elektron yoki pozitron oqimidir. Bu nurlarning harakat doirasi ancha keng va yorib kirish qobiliyatiga ega. Shu sababli ham inson uchun xavflidir.

Bir qancha ilmiy-tekshirish muassasalarida va sanoat korxonalarida har-xil maqsadlar uchun radioaktiv moddalardan foydalaniladi. Masalan, mashinasozlik sanoatida radioaktiv moddalardan quyma detallardagi kamchiliklarni va payvand qilingan joylarning va detallarning sifatini aniqlashda keng qo'llaniladi. Kristallsimon moddalarning tarkibini tahlil qilish, ishlab chiqarish jarayonlarini nazorat qilish va avtomatlashtirishda ham radioaktiv nurlar yaxshi natija beradi. Ionlashgan nurlar inson organizmiga zararli ta'sir ko'rsatib, og'ir kasalliklarning kelib chiqishiga sababchi bo'lishi mumkin. Uning ta'sirida inson og'ir kasallik hisoblanadigan nur, oq qon kasalligi va har-xil xavfli shishlar, teri kasalliklariga duchor bo'lishi mumkin. Shuningdek, ionlashgan nurlar ta'sirida genetik ta'sirlanish, ya'ni keyingi avlodlarga ham ta'sir ko'rsatuvchi nasliy kasalliklar kelib chiqishi mumkin. Radioaktiv nurlarning eng xavfli joyi shundaki, inson

organizmda bu kasallik yaqqol namoyon bo'lguncha hech qanday belgiga ega bo'lmaydi. Aniqlangandan keyingi holat esa nihoyatda og'ir bo'lishi va ko'pincha o'lim bilan tugashi mumkin. Radioaktiv moddalar bilan ishlaganda ishni to'g'ri tashkil qilish va muhofaza chora-tadbirlarini qo'llash xavfsizlikni ta'minlaydi.

Beqaror kimyoviy element izotoplarining elementar zarralar chiqarib o'z-o'zidan boshqa element izotopiga aylanishiga **radioaktivlik** deyiladi. Bunday aylanishlarning asosiy sabablari: 1) α -yemirilish, 2) β -yemirilish va 3) og'ir yadrolarning spontan ravishda (o'z-o'zidan) bo'linishidir.

Tabiiy sharoitlarda mavjud bo'lgan izotoplarda kuzatiladigan radioaktivlik **tabiiy radioaktivlik** deyiladi. *Atom yadrolarining katta tezlik bilan harakatlanayotgan elementar zarralar yoki boshqa atomlarning yadrolari ta'sirida bo'ladigan aylanish jarayoni yadro reaksiyasi deb ataladi.* Yadro reaksiyalari vositasida olinadigan izotoplarning radioaktivligi **sun'iy radioaktivlik** deyiladi. Sun'iy va tabiiy radioaktivlik orasida prinsipial farq yo'q. Ikkala holda ham yuz beradigan radioaktiv yemirilish jarayoni bir xil qonunlarga bo'ysunadi.

Tabiiy radioaktivlikni birinchi marta 1896- yilda fransuz fizigi Bekkerel kashf qilgan. U uran tuzi lyuminessensiyalanishni vujudga keltiradigan, noshaffof moddalar qatlamidan o'ta oladigan, gazlarni ionlashtira oladigan, fotografiya plastinkasini qoraytiradigan ko'rinmas nurlar chiqarishini payqagan. Uranning turli kimyoviy birikmalarini tekshirib ko'rib, Bekkerel muhim haqiqatni aniqladi: nurlanish intensivligi preparatdagi uranning faqat miqdoriga bog'liq bo'lib, uning qanday birikmalar tarkibida qatnashishiga bog'liq bo'lmas ekan. Bu xossa birikmalarga emas, balki uran elementiga, uning atomlariga xos ekan.

Mariya Skladovskaya-Kyuri va Per Kyurilar, bu kashfiyot bilan qiziqib qolib, hodisani chuqur o'rgandilar va urandan tashqari toriy (Th), aktiniy (Ac) va uranning toriy bilan kimyoviy birikmalari ham shunday xossaga ega ekanligini aniqladilar. Tadqiqotlarni davom ettirib, Mariya Skladovskaya-Kyuri va Per Kyuri 1898-yilda ilgari ma'lum bo'lmagan yangi kimyoviy element — poloniy (Po) va radiy (Ra) ni topdilar. Radiy elementi juda quvvatli nurlanishga (uning aktivligi uranga nisbatan bir necha million marta katta) ega. Bu elementlarning hammasini **radioaktiv**

elementlar, ular chiqaradigan nurlarni **radioaktiv nurlar**, hodisa esa **radioaktivlik** deb ataladi. Hozirgi vaqtda 40 dan ortiq tabiiy radioaktiv elementlar va 270 dan ortiq radioaktiv birikmalar ma'lum.

Radioaktiv nurlanish o'z tarkibiga ko'ra murakkabdir. Bu nurlanishning fizik tabiatini o'rganishda Bekkerel va er-xotin Kyurilardan tashqari Rezerford ham o'z hissasini qo'shgan.

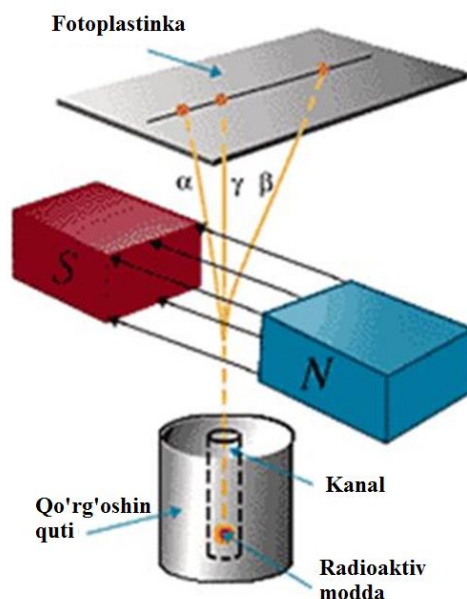
Quyidagi klassik tajriba radioaktiv nurlanishning tarkibi murakkab ekanligini aniqlashga imkon berdi (1-rasm). Radioaktiv modda qo'rg'oshin qutining tubiga joylashtirilgan. Tor tirqishdan chiqayotgan radioaktiv nurlanishga kuchli magnit maydon ta'sir qiladi (1-rasmda magnit maydonning kuch chiziqlari rasm tekisligiga tik holda biz tomonga yo'nalgan va nuqtalar bilan ko'rsatilgan). Butun qurilma vakuumga joylashtirilgan.

Magnit maydon ta'sirida radioaktiv nurlanish uch tarkibiy qismga ajraladi, ular **α -nurlar**, **β -nurlar** va **γ -nurlar** deb ataladi. Bu nurlarning tabiati va asosiy xossalari bilan tanishib chiqaylik.

1. Alfa-nurlar elektr va magnit maydonda og'adi; bu nurlar - **α -zarralar** deb ataladigan geliy (He) atomi yadrolari oqimidan iborat bo'lib, har bir **α -zarra** ikkita elementar musbat zaryad (+2e) ga ega va massa soni 4 ga teng. Alfa-zarralar radioaktiv elementlar yadrolaridan 14 000 dan 20 000 km/s gacha tezlikda uchib chiqadi, bu 4 dan 9 MeV gacha kinetik energiyaga to'g'ri keladi. (**α -zarralarning** tezliklari turli elementlar uchun turlicha, lekin ayni bir element uchun deyarli bir xildir).

α -zarra modda orqali o'tishida o'z elektr maydoni bilan uning atomlariga ta'sir qilib, ularni kuchli ionlashtiradi va o'z energiyasini atomlarni ionlashga sarflab to'xtaydi; bunda u moddada mavjud bo'lgan erkin elektronlardan ikkitasini o'ziga qo'shib oladi va geliy atomiga aylanadi:





1-rasm. Magnit maydon ta'sirida radioaktiv nurlanishning uch tarkibiy qismga ajralishi.

α -zarraning moddadan o'tgan yo'lini (to'xtashgacha) uning odimi (yugurishi), ya'ni ***o'tuvchanlik qobiliyati*** deyiladi, α -zarraning odimida hosil qilgan juft ionlar sonini esa uning ionlashtirish qobiliyati deyiladi.

Masalan, α -zarraning havoda o'tgan yo'li 3-9 sm ni tashkil qiladi, ularning ionlashtirish qobiliyati esa 100000—250000 juft ionga teng, α -zarraning ionlashtirish qobiliyati yuqori, lekin o'tuvchanlik qobiliyati zaif. Ularni yupqa alyuminiy varag'i yoki qog'oz varag'i bilan ham tutib qolish mumkin.

2. Beta-nurlar elektr va magnit maydonlarda og'adi. Ular tez harakatlanuvchi elektronlar oqimidan iborat bo'lib, ***β -zarralar*** deb ataladi. β -zarraning massasi α -zarra massasidan 7350 marta kichik, uning o'rtacha tezligi 160000 km/s ga yaqin. 1-rasmda magnit maydonda zarralarning og'ishi ko'rsatilgan. β -zarraning energiyasi MeV ning yuzdan bir ulushidan bir necha MeV gacha bo'ladi yoki boshqacha aytganda, β -zarralar tezlikning mumkin bo'lgan barcha qiymatlarini olishi mumkin: radioaktiv elementning yadrosi tezligi nolga yoki yorug'lik tezligiga yaqin bo'lgan β -zarralarni chiqarishi mumkin.

β -zarraning massasi nihoyatda kichik, o'rtacha tezligi katta va faqat bitta elementar zaryadga ega bo'lganidan uning ionlashtirish qobiliyati α -zarranikidan

o'rtacha 100 marta kam, o'tuvchanlik qobiliyati esa xuddi shuncha marta katta bo'ladi. Masalan, yuqori energiyali β -zarra havoda 40 m gacha, alyuminiyda 2 sm gacha, elektron to'qimada 6 sm gacha yo'l o'tadi.

3) Gamma-nurlar — chastotasi juda katta (10^{20} Hz), to'lqin uzunligi esa juda qisqa (10^{-12} m) bo'lgan elektromagnit to'lqinlar, ya'ni, γ -fotonlar oqimidan iborat. γ -fotonlarning energiyasi 1 MeV chamasida bo'ladi.

γ -nurlar eng qattiq elektromagnit nurlar bo'lib, ko'p jihatdan rentgen nurlariga o'xshashdir. Ularga elektr va magnit maydonlar ta'sir qilmaydi (1–rasm), yorug'lik tezligiga teng tezlik bilan tarqaladi, kristalldan o'tishida difraksiyalanadi, havo qatlamidan o'tadi. Kishi tanasidan bimalol o'tib ketadi.

γ -nurlarning ionlashtirish qobiliyati sust, lekin o'tuvchanligi juda katta. Eng qattiq γ -nurlar qalinligi 5 sm bo'lgan qo'rg'oshin qatlamidan yoki qalinligi bir necha yuz metr bo'lgan havo qatlamidan o'tadi. γ -nurlar atom yadrosidan hech vaqt mustaqil chiqmaydi, ular yoki α - zarralar bilan, yoki β - zarralar bilan, yoxud ikkala xil zarralar bilan birga chiqadi.

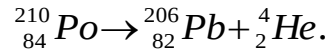
1.2. Siljish qoidalari

Radioaktiv nurlanish atomlarning elektron qobiqlaridan emas, balki atom yadrolaridan chiqadi. α -nurlar uchun bu ravshan, chunki elektron qobiqda α -zarrani tashkil qiladigan protonlar va neytronlar yo'q. β -nurlanishning ko'rsatilgan har qanday ta'sirga bog'liq ekanligidan, β -zarralar yadro tarkibiga kirmasa ham, ularni yadro yemirilishi jarayonida hosil bo'ladi, deb hisoblash o'rinlidir. Radioaktiv nurlanish nurlanayotgan element atomlarining boshqa element atomlariga aylanishiga olib keladi.

α -yemirilishda yadrodan α -zarra uchib chiqadi. Yadro miqdor jihatidan ikkita elektron zaryadiga teng musbat zaryadni yo'qotadi va massa soni 4 ga kamayadi. Natijada element elementlar davriy sistemasining boshiga qarab ikki katakka siljiydi. Bu siljish ramziy ko'rinishda quyidagicha yoziladi:



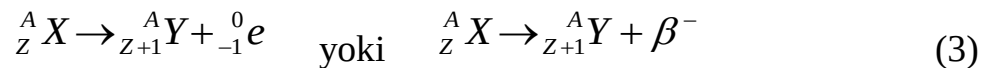
Masalan:



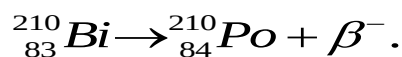
Poloniy elementi α yemirilish natijasida qo'rg'oshin elementiga aylanadi. Yadrolarning o'z-o'zidan β -zararlarni (ya'ni, elektronlar va pozitronlarni) chiqarish jarayoni β -**yemirilish** deyiladi. Elektronlarni simvolik ${}_{-1}^0e$ yoki β -ko'rinishda belgilanadi, «0» indeks elektronning massasi atom massasi birligiga nisbatan nazarga olmasa bo'ladigan darajada kichik ekanini bildiradi. Demak, elektronning massa soni 0 ga teng deb olinadi.

Pozitron elektronning antizarrasidan iborat. Uning massasi, spini elektron massasi va spiniga teng, lekin zaryadi musbat. Pozitronni ramziy ${}_{+1}^0e$ yoki β^+ ko'rinishda belgilanadi. Pozitronning ham massa soni 0 ga teng.

Shunday qilib, β^- -yemirilishda yadrodan elektron uchib chiqadi. Natijada yadro zaryadi bir birlikka ortadi, massasi esa amalda o'zgarmay qoladi. Demak, β^- -yemirilishda radioaktiv element massa sonini o'zgartirmagani holda atom nomeri bir nomerga katta bo'lgan boshqa elementga aylanadi va elementlar davriy sistemasining oxiriga qarab bir katakka siljiydi:

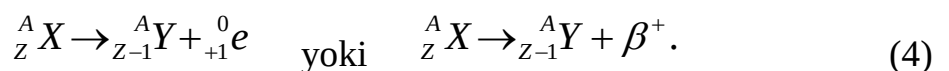


Masalan :

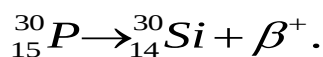


Vismut elementi β^- -yemirilish natijasida poloniy elementiga aylanadi.

β^+ -yemirilishda yadrodan pozitron uchib chiqadi. Natijada yadro zaryadi bir birlik kamayadi, massasi deyarli o'zgarmaydi. Demak, β^+ -yemirilishda radioaktiv element massa sonini o'zgartirmagani holda atom nomeri bir nomerga kichik bo'lgan boshqa elementga aylanadi va elementlar davriy sistemasida oldinga qarab bir katakka siljiydi:



Masalan :



Atom yadrosi nuklonlar - proton va neytronlardan tarkib topgan, unda na elektron va na pozitron bor, shunday ekan, radioaktiv yadrolarda β -yemirilish qanday ro'y beradi, degan savol tug'ilishi mumkin. Haqiqatan ham, atom yadrosining proton-neytron tuzilishi yadrodan β -zarralarning chiqishini inkor etgandek ko'rinadi.

β -yemirilish nazariyasini 1934- yilda italyan fizigi E. Fermi yaratdi. Unda olim elektron va neytrino yadroda nuklonning yemirilishi paytida paydo bo'ladi, deb taxmin qildi. (Neytrino tinchlikdagi massasi nolga teng bo'lgan neytral zarra). Haqiqatan ham, tekshirishlar β -yemirilish proton va neytronlarning o'zaro aylanishi natijasi ekanligini ko'rsatdi. Yadroning β -zarralarni chiqarishi atomning fotonlarni chiqarishiga o'xshaydi. Uyg'otilgan atomda fotonlar bo'lmaydi, lekin atom bir energetik holatdan ikkinchi energetik holatga o'tish jarayonida fotonlar hosil bo'ladi va chiqariladi. Xuddi shuningdek, nuklonlar bir kvant holatdan boshqasiga o'tish jarayonida elektronlar yoki pozitronlar hosil bo'ladi. Masalan, nuklonning neytron holatdan proton holatga o'tishi elektronlarni chiqarish bilan va, aksincha, proton holatdan neytron holatga o'tishi pozitron chiqarish bilan sodir bo'ladi .

1931- yilda Pauli β -yemirilishda β -zarralar bilan birga zaryadi va tinchlikdagi massasi nolga teng bo'lgan zarra — neytrino ham ajralishi kerakligini gipoteza shaklida aytgan. Neytrino nol massali va zaryadsiz bo'lgani uchun katta qalinlikdagi jismlardan o'tib keta oladi, atom yadrosi bilan ta'sirlashishi juda kam ehtimolga ega. Shuning uchun neytrinoni payqash juda qiyin. 1936- yilda ukrainalik fizik A.f. Leypunskiy β -yemirilishda tepki yadrolarning energiyasini o'lchash asosida neytrino haqidagi gipotezani bilvosita tasdiqladi, 1956- yilda amerikalik fiziklar F. Reynes va K. Kouen birgalikda birinchi marta erkin antineytrinoni eksperimental qayd etganlar (antineytrino neytrinoning antizarrasi)

γ -nurlanishda yadroning zaryadi o'zgarmaydi; yadroning massasi esa juda kam o'zgaradi.

Radioaktiv elementlarning davriy sistemadagi siljishini aniqlaydigan (2)÷(4) qoidalarni **siljish qoidalari** deb ataladi. Bu qoidalarni 1913- yilda nemis fizik-

kimyogari Fayans va undan mustaqil ravishda ingliz radiokimyogari F. Soddi ta'riflab berganlar.

1.3. Radioaktiv yemirilish qonuni

Radioaktiv yemirilish element atomlarining asta-sekin kamayishiga olib keladi. Qachon va aynan qaysi atomning emirilishini oldindan aytish mumkin emas, binobarin, radioaktiv emirilish tasodifiy xarakterga ega. Har bir atomning ma'lum vaqt oralig'ida yemirilish ehtimoli to'g'risidagina gapirish mumkin.

Radioaktiv element yemirilish tezligini xarakterlash uchun *yarim emirilish davri* tushunchasi kiritiladi. ***Yarim yemirilish davri*** deb, boshlang'ich element atomlari miqdorining ikki marta kamayishi uchun ketgan vaqtga aytiladi.

Radioaktiv yemirilish qonuni juda sodda. Bu qonunning natematik ifodasini topaylik. $t=0$ bo'lgan boshlang'ich paytda radioaktiv atomlar soni N_0 ga teng bo'lsin. U holda yarim yemirilish davri T o'tgandan keyin bu son $N_0/2$ ga teng bo'lib qoladi. Yana bitta shunday davr o'tgandan keyin bu son:

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

ga teng bo'lib qoladi. $t=nT$ o'tganda, ya'ni n ta yarim yemirilish davri o'tgandan keyin qoladigan radioaktiv atomlar soni quyidagiga teng bo'ladi:

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

Lekin $n = \frac{t}{T}$ bo'lganligi uchun :

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}. \quad (5)$$

Bu (5) ifoda radioaktiv yemirilishning asosiy qonunidir. Bu qonunni quyidagicha o'zgartiramiz:

$$\frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T}}.$$

So'ngra munosabatning ikki tomonini logariflaymiz :

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\frac{t}{T} \ln 2,$$

bu ifodaga kiruvchi

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T} \quad (6)$$

kattalik **radioaktiv yemirilish doimiysi** deb ataladi.

U yarim yemirilish davriga teskari proporsional bo'lgan kattalik bo'lib, radioaktiv yadroning birlik vaqt ichida yemirilish ehtimolini bildiradi. (6) ifodani e'tiborga olib, (5) munosabatni quyidagicha yozamiz:

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t.$$

Bu ifodadan, **radioaktiv yemirilish qonuni** uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}. \quad (7)$$

Yarim yemirilish davri turli radioaktiv elementlar uchun turlichadir. Masalan, uran uchun 4,5 mlrd yil, radiy uchun 1600 yil. Yarim yemirilish davri radioaktiv yemirilish tezligini xarakterlovchi asosiy kattalikdir. Bu davr qancha kichik bo'lsa, yemirilish shuncha intensiv bo'ladi. Binobarin, radiyning aktivligi (1 sekundda yemiriladigan atomlar soni) uranning aktivligidan ancha katta ekan.

Yarim yemirilish davri moddaning massasiga bog'liq emas. Bir gramm moddadagi atomlarning yarmi qancha vaqt ichida yemirilsa, 1 kilogramm, 1 tonna va ixtiyoriy boshqa massali modda atomlarining yarmi ham shuncha vaqt ichida yemiriladi.

Bundan tashqari muayyan radioaktiv elementning yarim yemirilish davri bu elementning kimyoviy jihatdan sof yoki boshqa elementlar bilan birikma sifatida olinganiga bog'liq bo'lmasligi tajribada aniqlangan.

Ayni radioaktiv moddaning yarim yemirilish davri o'zgarmas kattalik ekanligini va uning qiymatini hech qanday tashqi ta'sir (past va yuqori temperatura, bosim, magnit maydoni va hokazo) o'zragtira olmasligini ko'pgina tajribalar ko'rsatadi. Yarim yemirilish davrining tashqi sharoitga bog'liq emasligi radioaktiv yemirilish atom yadrolarining xossalari ekanligini bildiradi, odatdagi yer

sharoitidagi ta'sirlarning energiyasi esa atom yadrolarini o'zgartirish uchun yetarli emas.

Radioaktiv yemirilish doimiysiga teskari bo'lgan

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \quad (8)$$

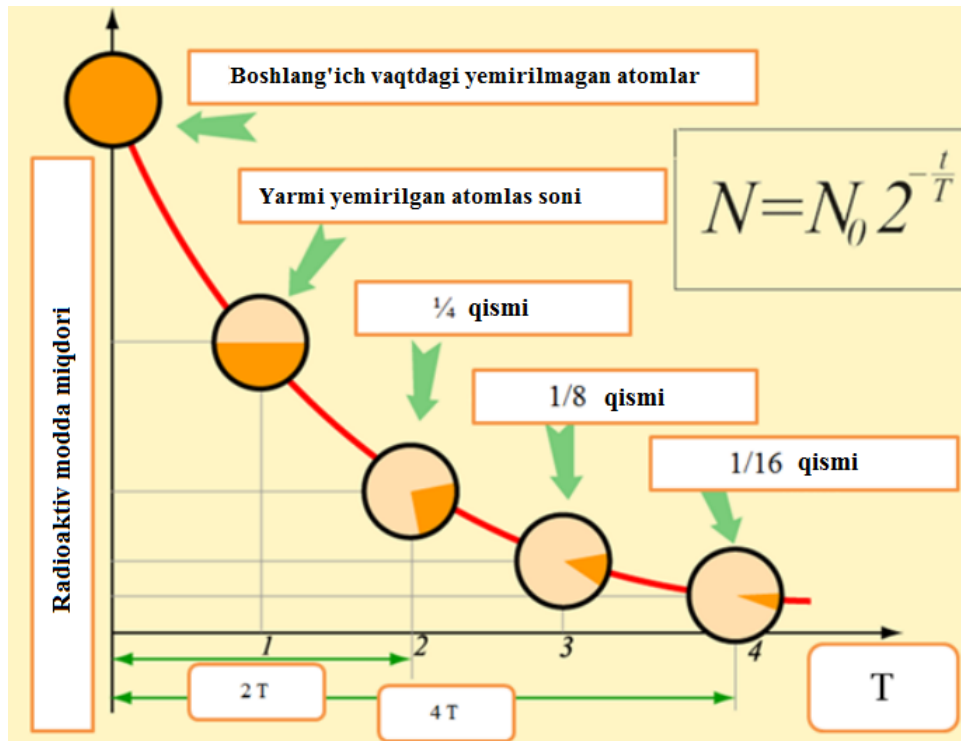
kattalikni radioaktiv izotopning ***o'rtacha yashash vaqti*** deb ataladi. Radioaktiv yemirilish qonuniga ko'ra $t=\tau$ vaqt o'tgandan so'ng quyidagicha bo'ladi:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-\lambda \tau} = N_0 e^{-\lambda \frac{1}{\lambda}} = \frac{N_0}{e}.$$

Demak, radioaktiv yemirilish tufayli boshlang'ich radioaktiv yadrolar sonining e marta kamayishi uchun ketgan vaqt radioaktiv izotopning o'rtacha yashash vaqtiga teng ekan. (6) va (8) formulalardan

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{0,693} = 1,44T \quad (9)$$

ekanligi kelib chiqadi, ya'ni o'rtacha yashash vaqti τ yarim yemirilish davri T dan taxminan 1,5 marta katta ekan.



2-rasm Radioaktiv parchalanish qonuni

Radioaktiv yemirilishda paydo bo'ladigan yangi yadrolar, o'z navbatida, radioaktiv bo'lishi mumkin. Shuning uchun radioaktiv yemirilish jarayoni radioaktiv

aylanishlar zanjirini hosil qiladi, bu zanjir bilan bog'langan yadrolar **radioaktiv qator** yoki **radioaktiv oila** deb ataladi.

Hozirgi vaqtda tabiiy radioaktiv yadrolar uchta, sun'iy radioaktiv yadrolar esa bitta oilani tashkil qiladi? Ularning harbiri barqaror yadro bilan tugallanadi:

1. Uran-radiy oilasi uran $^{238}_{92}\text{U}$ izotopidan boshlanadi va qo'rg'oshinning barqaror $^{206}_{82}\text{Pb}$ izotopi bilan tugallanadi.

2. Aktiniy oilasi aktinouran $^{235}_{92}\text{U}$ izotopidan boshlanadi va qo'rg'oshinning barqaror $^{208}_{82}\text{Pb}$ izotopi bilan tugallanadi.

3. Toriy oilasi toriy $^{232}_{90}\text{Th}$ izotopidan boshlanadi va qo'rg'oshinning barqaror $^{208}_{82}\text{Pb}$ izotopi bilan tugallanadi.

4. Neptuniy oilasi (sun'iy radioaktiv oila) neptuniy $^{237}_{93}\text{Np}$ izotopidan boshlanadi va vismutning $^{209}_{83}\text{Bi}$ barqaror izotopi bilan yakunlanadi.

$$T = \frac{0,693 \cdot t \cdot \lg e}{\lg \frac{N_0}{N_0 - \Delta N}}. \quad (10)$$

Hisoblash :

$$T = \frac{0,693 \cdot 8,64 \cdot 10^4 \text{ s} \cdot \lg 2,72}{\lg \frac{10^6}{10^6 - 1,75 \cdot 10^5}} = \frac{0,693 \cdot 8,64 \cdot 10^4 \cdot 0,43 \text{ s}}{\lg \frac{1}{0,825}} = 3,3 \cdot 10^5 \text{ s}.$$

1.4. Yadro kuchlarining xususiyatlari

Hozirgi vaqtda tajriba natijalariga ko'ra yadro kuchlarining quyidagi xususiyatlari aniqlangan:

1) *Yadroviy o'zaro ta'sir kuchi eng kuchli ta'sir etuvchi kuchdir.* Yadrodagi bir nuklonga to'g'ri keluvchi o'rtacha bog'lanish energiya qiymati 8 MeV. Taqqoslash uchun vodorod atomida elektronning bog'lanish energiyasi 13,6 eV. Yadroni hosil qilib turgan yadro kuchlari

nuklonni 8 MeV energiya bilan elektrostatik kuchlar esa atom elektronni 13,6 eV energiya bilan bog'lab turibdi, ya'ni

$$8 \text{ MeV} - 10^{-3}mc^2$$

$$13 \text{ eV} - 10^{-5}mc^2 \quad \text{Bundan} \quad \frac{10^{-3}}{10^{-5}} = 10^2 \quad \text{kelib chiqadi.}$$

Yadro kuchlari elektrostatik kuchlarga nisbatan yuz marotaba katta ekanligi kelib chiqadi.

Yadroviy kuchlar -	1
Elektromagnit kuchlar -	10^{-2}
Kuchsiz kuchlar -	10^{-14}
Gravitatsion kuchlar -	10^{-36} marta katta.

2) *Yadroviy kuch qisqa radiusli o'zaro ta'sirdan iborat.* Ta'sir radiusining tartibi $\sim 10^{-13}$ sm. Bu xususiyati alfa-zarralarning sochilishidan va deytron xususiyatlaridan ko'rinadi.

3) *Yadroviy o'zaro ta'sir kuchi o'zaro ta'sirlashuvchi nuklonlarning spin yo'nalishiga bog'liq.* Bu xususiyati nuklonlarning para va ortovodorod molekulalaridan sochilishdan hamda nuklonlar sochilishida virtual va bog'langan holatlar mavjudligidan ko'rinadi.

4) *Yadroviy o'zaro ta'sir kuchi markaziy emas, tenzor xususiyatga ega.* Bu xususiyati deytronning kvadru'ol momentga ega ekanligidan ko'rinadi.

5) *Yadroviy kuchlar almashinuv xarakteriga ega.* Bu xususiyati n-p ta'sirlashuvda ko'rinadi. Nuklonlar ta'sirlashuvda o'zaro spin proektsiyalarini, zaryadi hamda koordinatalarini almashadilar.

6) *Yadroviy kuchlar zaryadga bog'liq emas.* Bu xususiyati ko'zguli yadrolarning xususiyati hamda (p-p), (p-n), (n-n) sochilish natijalarining bir xil bo'lishligidan ko'rinadi.

7) *Ta'sirlashuvchi nuklonlar orasidagi masofa 10^{-13} sm ga yaqin bo'lganda yadroviy o'zaro ta'sir kuchi tortishish xarakteriga ega, undan kichik masofalarda u itarish kuchiga aylanadi.* Yadro kuchlarining

tortishish xususiyati yadroning mavjudligidan ko'rinsa, itaruvchi xususiyati (p-p) lardan yuqori energiyalarda sochilishda namoyon bo'ladi.

8) *Yadroviy o'zaro ta'sir kuchi to'yinish xarakteriga ega.* Bu xususiyati yadroning o'rtacha solishtirma bog'lanish energiyasi 8 MeV o'zgarmas yadro radiusiga bog'liq emas. Bu xususiyatga ega bo'lishligi yadroviy kuchning almashinuv xarakteri va kichik masofalarda itarishish kuchi sababli tushuntiriladi.

9) *Yadroviy o'zaro ta'sir kuchi ta'sirlashuvchi nuklonlarning tezligiga bog'liq.* Bu xususiyati yaxshi o'rganilmagan. Buning uchun bir necha nuklonlarni katta tezlikda tezlashtirib ta'sirlashtirish lozim.

Yadro kuchlarining yuqorida bayon etilgan va boshqa xususiyatlarini tushuntirish uchun yadro kuchlar nazariyasi bo'lishi kerak. Lekin yadro kuchlari ta'sirlashuvchi murakkab xususiyatga ega bo'lganligi sababli yagona nazariya yaratilgan emas.

Bu muammoni hal qilishda ikki xil yondoshish mavjud.

1) Tajriba natijalariga mos keluvchi ta'sirlashuv fenomenologik yadro potentsiallarini tanlash. Bunda yadroviy kuchlar tabiati zarralar orasidagi ta'sirlashuv mexanizmini tushuntirishni oldiga maqsad qilib qo'ymaydi. Bu yo'l bilan ta'sirlashuvning past energiyalarda tajriba natijalarini yetarli darajada tushuntirish mumkin, lekin ta'sirlashuv energiyasi bir necha yuz MeV ga yetganda gamiltonian ko'rinishi murakkablashib ketadi. Ma'lumki, ta'sirlashuv energiyasi oshsa, yadro kuchlarining qisqa masofalarda ta'sirlashuv xususiyatini o'rganish mumkin.

2) Ikkinchi yo'nalish yadroviy kuchlarning mezon nazariyasi. Bu nazariya kvant elektrodinamika qonunlariga o'xshash. Bunda elektromagnit maydonni zaryadli zarrani foton bilan birga deb qaraladi. Maydon fotonlardan iborat. Foton maydonning kvanti. Maydon energiyasi kvantlar energiyalari yig'indisiga teng. Elektromagnit nurlanish vaqtida foton paydo bo'ladi, yo'qoladi. Zaryadli zarralar orasidagi ta'sirlashuv foton almashinuv bilan amalga oshadi.

1935 yili yapon olimlaridan Yukava nuklonlar orasidagi yadroviy ta'sirlashuvni yadro kvantini (o'sha vaqtda to'ilmagan zarra) mezon zarra bo'lishi kerakligini aytdi va bu zarraning xususiyatlarini bayon qildi. Yukava tasavvuricha noaniqlik printsipligiga ko'ra Δt – vaqt ichida nuklon atrofida ΔE – energiyali virtual mezon zarra tug'iladi:

$$\Delta E \Delta t \geq h \quad (11)$$

$$\Delta t = \tau_{yad} \quad (12)$$

$$\Delta E = \frac{h}{\Delta t} = \frac{h}{\tau_{yad}} \quad (13)$$

$$\Delta E = mc^2$$

Bu zarra massasi.

$$m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{h}{\tau_{yad} c^2} \quad (14)$$

Mezon zarra shu τ_{yad} vaqt ichida a-masofaga bora oladi.

$$a = c \Delta t = c \tau_{yad} \quad (15)$$

Mezon zarra shu τ_{yad} vaqt ichida o'zi tug'ilgan nuklon yoki boshqa nuklon tomonidan yutiladi. Shu yo'l bilan ta'sirlashuvni amalga oshiradi.

Agar yadro kuchlar ta'sir radiusini mezon masofasi a-ga teng desak, yadro ta'sirlashuv vaqti va mezon zarra massasini to'ish mumkin.

(15) dan

$$\tau_{yad} = \Delta t = \frac{a}{c} = \frac{2 \cdot 10^{-13} sm}{3 \cdot 10^{10} sm/s} = 0,7 \cdot 10^{-23} s$$

(13) dan

$$\Delta E = \frac{h}{\tau_{yad}} = \frac{1,05 \cdot 10^{-27} erg \cdot s}{0,7 \cdot 10^{-23} s} = 1,5 \cdot 10^{-4} erg = 100 MeV$$

$$m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{100 meV}{0,51 meV} = 200 m_e$$

(elektronning tinch holat energiyasi $E_e = m_e c^2 = 0,51 MeV$).

Demak, yadroviy ta'sirlashuvni amalga oshiruvchi mezon zarra massasi elektron massasidan 200 marta katta bo'lishi kerak ekan.

Yadroviy ta'sir maydoni kvanti bo'lmish π^- , π_0 mezon zarralarni 1947-1950 yillarda kosmik nurlar tarkibida va tezlatkichlar yordamida topildi, bu mezonlar massalari $m_\pi=270m_e$, izotopik spini $T=1$, spini $S=0$, toqjuftlikka ega ekan.

Nuklonlarning mezonlar bilan ta'sirlashuvini quyidagicha tasavvur qilish mumkin.

$$p+n \rightarrow n' + \pi^+ + n \rightarrow n' + p'$$

$$n+p \rightarrow p' + \pi^- + p \rightarrow p' + n'$$

$$p + ' \rightarrow p' + \pi^0 + ' \rightarrow p' + p'$$

Bu nazariya tenglamalari matematik jihatdan juda murakkab (yechimi bor yoki yo'qligi ma'lum emas). Bu nazariya natijalari miqdoriy xarakterga ega bo'lmay, balki sifat xarakteriga ega.

Yuqori energiyalarda yadroviy kuchni hosil qilishda pionlardan tashqari boshqa og'ir zarralar, masalan, k-mezonlar ham qatnashadilar.

1.5. Yadroning bog'lanish energiyasi

Yadro bog'lanish kuchlari tufayli A nuklondan, ya'ni Z -proton va $N=A-Z$ neytrondan tashkil to'gan sistemadan iborat. Agar yadroni uni tashkil qiluvchi nuklonlarga ajratmoqchi bo'lsak, bog'lash kuchining ta'siriga qarshi ish bajarish kerak. Bu ishning kattaligi bog'lanish energiyasi yoki yadro barqarorligining o'lchamidir [10].

Bog'lanish energiyasi – nuklonlarga kinetik energiya bermasdan nuklonlar orasidagi bog'lanishni (o'zaro aloqani) uzish uchun kerak bo'lgan energiyaga aytiladi.

Bu energiyani yadrodagi nuklonlarning o'zaro ta'sir - yadro kuchlari qonuniyati hozircha noma'lum bo'lsa ham, energiyaning saqlanish qonuni va nisbiylik nazariyasining massa bilan energiyani bog'laydigan $E=mc^2$ ifodasidan to'ish mumkin.

Agar yadroning massasi $m(N,Z)$ ni uni tashkil qilgan nuklonlar massa soniga to'g'ri keluvchi massalari yig'indisi $[Zm_p + Nm_n]$ ga solishtirsak, birinchi massa ikkinchisidan bir oz kichik, farq Δm ekanligini ko'ramiz. Bu massalarning farqi massa defekti deb ataladi.

$$\Delta m = [Zm_p + (A-Z)m_n - M(A,Z)]$$

Bu yerda Zm_p - protonlar massasi, $(A-Z)m_n$ - neytronlar massasi, $M(A,Z)$ - yadroning massasi.

Massa defekti nuklonlarning ji'lashib, yadro hosil qilish natijasida ajralib chiqqan E bog'lanish energiyasining kattaligini ifodalaydi.

$$E_{\text{bog'}} = \Delta mc^2 = [Zm_p + (A-Z)m_n - M(A,Z)]c^2$$

Hozirgi vaqtda yadro massasini yuqori aniqlikda o'lchashlik, defekt massani, ya'ni yadro bog'lanish energiyasini katta aniqlikda aniqlash imkoniyatini yaratdi.

Bog'lanish energiyasi formulasini neytral atomlar massalari orqali ifodalash qulaydir, chunki odatda jadvallarda atom massalari keltiriladi. Buning uchun proton massasini o'sha yadro atomining massasi bilan almashtiriladi va atomdagi tegishli elektronlarning massasi hisobga olinadi:

$$\begin{aligned} E_{\text{bog'}} &= \{ZM_{\text{at}}({}_1^1H) - Zm_e + (A-Z)m_n - M_{\text{at}}(A,Z) - Zm_e\}c^2 = \\ &= [ZM_{\text{at}}({}_1^1H) + (A-Z)m_n - m_{\text{at}}(A,Z) - Zm_e]c^2 \end{aligned}$$

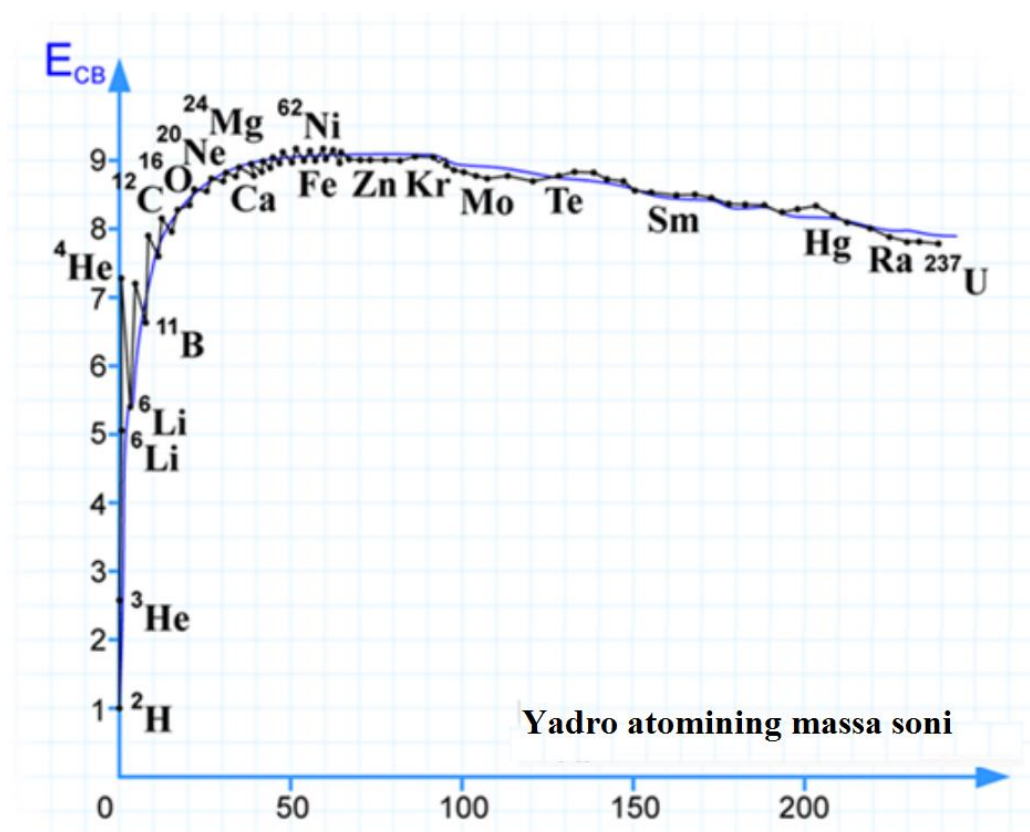
Yadro bog'lanish energiyasining bitta nuklonga to'g'ri keluvchi qiymati solishtirma **bog'lanish energiyasi** deb ataladi.

$$\varepsilon = \frac{E_{\text{bog'}}}{A} \quad (16)$$

Yadroning mustahkamligini xarakterlashda bog'lanish energiyasidan tashqari zichlashish koeffitsienti ishlatiladi. Har bir nuklonga to'g'ri keluvchi defekt massaga zichlashish (upakovka) koeffitsienti deb ataladi.

$$f = \frac{\Delta m}{A} \quad (17)$$

Mavjud yadrolar solishtirma bog'lanish energiyasining massa soniga bog'liqlik grafigi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm

Solishtirma bog'lanish energiyasi juda yengil elementlardan tashqari barcha elementlar uchun taxminan bir xildir. Massa soni $A > 11$ bo'lgan yadrolarda o'rtacha solishtirma bog'lanish energiyasi 7,4 dan 8,8 MeVgacha. Eng katta qiymat ($\sim 8,8$ MeV) massa sonlari $A=60$ (temir va nikel)ga yaqin sohasiga to'g'ri keladi. Argon 40 dan qalay 120 gacha bo'lgan oraliqda $E=8,6$ MeV deyarli o'zgarmaydi. Og'ir elementlar tomon borgan sari egrilikning maksimumdan pasayishi ancha sekin sodir bo'ladi. Nihoyat, eng og'ir yadrolarda bir nuklonga to'g'ri keladigan o'rtacha solishtirma bog'lanish energiyasi taxminan 7,5 MeV ni tashkil etadi. Ancha yengil elementlar tomon pasayishi A ning kamayib borishi bilan tezroq sodir bo'ladi. Solishtirma bog'lanish energiyasi yadrodagi nuklonlarning proton va neytronlarning toq yoki juftligiga bog'liq ekan. Odatda juft-juft yadrolarning bog'lanish energiyasi toq-toq yadrolarning $E_{bog'}$ energiyasidan sezilarli katta bo'ladi. Juft-toq yoki toq-juft yadrolarning

$E_{\text{bog'}}$. energiyasi ham juft-juft va toq-toq yadrolar bog'lanish energiyalaridan farq qiladi. Eng katta bog'lanish juft-juft yadrolarga, eng kuchsiz bog'lanish toq-toq yadrolarga to'g'ri keladi.

Haqiqatdan, har-xil element izotoplarining barqarorligi Z va N larning juft yoki toqligiga bog'liq. Masalan, turg'un izotoplarining ko'pchiligida A juft eng turg'un yadrolar. Juft-toq va toq-juft yadrolarning turg'unligi juft-juft yadrolarnikiga nisbatan kamroq. Toq-toq yadrolarning ko'pchiligi beqarordir. Tabiatda faqat 4 ta turg'un toq-toq yadrolar uchraydi. ${}^2_1H, {}^6_3Li, {}^{10}_5B, {}^{14}_7N$. proton va neytronlar soni «sehrli» (magik) sonlar deb nom olgan 2, 8, 20, 50, 82, 126 sonlarga teng bo'lganda yadrolar, ayniqsa, katta turg'unlikka ega bo'lib, tabiatda keng tarqalgan. protonlar va neytronlar soni «sehrli» songa teng bo'lsa, yadrolar, ayniqsa, juda katta turg'unlikka ega bo'lib, ular ikki karra «sehrli» yadrolar deb ataladi. Tajribada aniqlangan yadro bog'lanish energiyasini tahlil qilishlik ko'ngina yadro xususiyatlari to'g'risida xulosalar chiqarish imkoniyatini beradi.

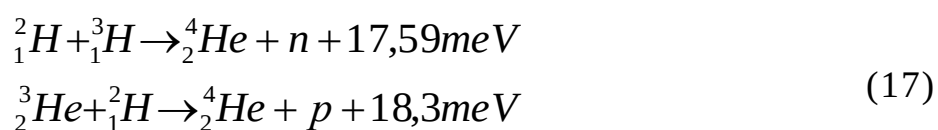
1. O'rtacha solishtirma bog'lanish energiyasi ko'ngina yadrolar uchun 8 MeV/nuklon ga teng. Bu elektronning atomda bog'lanish energiyasidan juda katta. Masalan, vodorod atomida elektronning bog'lanish energiyasi (ionizatsiya 'otensial) 13,6 eV. Eng og'ir element atomlarida ham K-elektronning bog'lanish energiyasi 0,1 MeV dan oshmaydi. Demak yadro kuchi ta'siri tufayli nuklonlar yadroda bir-birlari bilan juda qattiq bog'langan. Shuning uchun ham tabiatda uchraydigan gravitatsiya, elektromagnit va kuchsiz o'zaro ta'sirlardan farqli ravishda yadroviy kuch kuchli o'zaro ta'sir etuvchi kuch deb ataladi.

2. Solishtirma bog'lanish energiyasining o'rtacha qiymatining (8 MeV/nuklon) o'zgarmas bo'lishligi yadro kuchlari qisqa masofada ta'sirlashuv xarakteriga ega deyishlikka asos bo'ladi. Ta'sir sferasi nuklonlar o'lchamidan hatto, undan ham kichik, yadroda har bir nuklon o'ziga yaqin turgan nuklonlar bilangina ta'sirlasha oladi deb qaraladi. Haqiqatan ham, yadroda A nuklon qolgan $(A-1)$ nuklonlar bilan

ta'sirlashganda bog'lanish energiyasi $E \sim A(A-1)$ massa sonini A^2 - bog'liq bo'lgan bo'lar edi. Aslida bog'lanish energiyasi $E = -A$ –massa sonining A^1 -birinchi darajasiga bog'liq, demak, yadro kuchlari to'yinish xarakteriga ham ega ekan.

3. Yadro energiyasi qaysi jarayonlarda vujudga kelishi va qancha energiya ajralishini bilish mumkin. Yengil yadrolar qo'shilib (sintez) og'irroq yadrolar hosil qilishsa, solishtirma bog'lanish energiyalari farqiga to'g'ri keluvchi energiya ajraladi (termoyadro reaksiyasi).

Masalan:



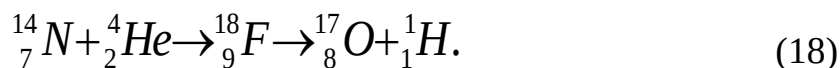
Bundan tashqari, og'ir yadrolar bo'linishidan o'rta yadrolar hosil bo'lishsa ham, yadro energiyalari ajralishligi mumkin ekanligi aniqlandi.

II BOB. YADRO REAKSIYALARI

Tabiiy radioaktivlikni o'rganish shuni ko'rsatadiki, bir kimyoviy elementni boshqa kimyoviy elementga aylanishi yadrodagi ichki jarayonlar, ya'ni atom yadrolari ichida ro'y beradigan o'zgarishlar sababli bo'ladi. Shu munosabat bilan atom yadrolariga ta'sir qilib, bir kimyoviy elementni boshqalariga sun'iy aylantirish uchun urinib ko'rildi. Bunday ta'sirning effektiv vositasi atom yadrolarini katta (bir necha milliondan o'n milliard elektron-voltlarga) energiyali zarralar bilan bombardimon qilishdir.

Atom yadrolarining katta tezlik bilan harakatlanayotgan elementar zarralar (yoki boshqa atomlarning yadrolari) ta'sirida o'zgarish jarayoni **yadro reaksiyasi** deb ataladi. Reaksiyaga kirishuvchi zarralar bir-biriga 10^{-15} m tartibidagi masofaga yaqinlashganda ular orasida yadro kuchlari tufayli ta'sir yuzaga keladi. Yadro reaksiyalarini yuzaga keltirishda α -zarralar (geliy yadrolari), protonlar (yengil vodorod yadrolari), deytronlar (massa soni ikkiga teng bo'lgan og'ir vodorod yadrolari) va neytronlardan foydalaniladi. Katta energiyali zaryadli zarralar hosil qilish uchun maxsus qurilmalar, masalan, **siklotron** ishlatiladi.

Birinchi sun'iy yadro reaksiyasini 1919- yilda Rezerford amalga oshirgan. U azot atomlarini radiy chiqarayotgan α -zarralar bilan bombardimon qilganda azot atomlarining bir qancha yadrolari tez harakatlanuvchi protonlar chiqarib yemirilishini payqadi, bunday yadro reaksiyasi natijasida kislorod hosil bo'ladi. Reaksiya azot bilan to'ldirilgan Vilson kamerasida o'tkazildi. Bu reaksiya quyidagicha bo'ladi: α -zarra (geliy ${}^4_2\text{He}$ izotopi yadrosi) azot ${}^{14}_7\text{N}$ atomi yadrosi ichiga kiradi va yutiladi. Bu vaqtda yadrosi barqaror bo'lmagan oraliq yadro- ${}^{18}_9\text{F}$ F izotopi hosil bo'ladi. U darhol o'zidan yengil vodorod yadrosi ${}^1_1\text{H}$ (proton)ni chiqarib, kislorod ${}^{17}_8\text{O}$ izotopi yadrosiga aylanadi. Bu yadro reaksiyasini quyidagicha yozish mumkin:



Shunday qilib, Rezerford tajribasi yadro reaksiyalarini sun'iy ravishda amalga oshirish imkoni borligini tasdiqladi va shu bilan birga protonlar atom yadrolari tarkibiga kirishini hamda uni ajratish (urib chiqarish) mumkinligini ko'rsatdi.

1932- yilda ingliz fizigi Chedvik yadro reaksiyasini amalga oshirib, butun yadro fizikasida muhim rol o'ynagan yangi zarra — neytronni kashf etdi.

Neytronning kashf etilish tarixi quyidagicha.

1920- yilda birinchi bo'lib Rezerford atom yadrosida uni og'irlashtiruvchi yana qandaydir noma'lum zarralar mavjud, degan g'oyani ilgari suradi. 1930- yilda nemis fiziklari V. Bote va G. Bekker Berilliy Be ni α -zarralar bilan bombardimon qilib, kuchli o'tuvchanlik qobiliyatiga ega nurlanish chiqarilishini kuzatishadi.

Bu nurlanishga qattiq γ -nurlanish kabi elektromagnit to'lqinlarning yangi turi deb qarashadi.

Bote-Bekker nurlanishi bilan fransuz fiziklari Iren Jolio-Kyuri va Frederik Jolio-Kyurilar qiziqib qoladi. Ular bu nurlanishni tarkibida qo'rg'oshin va vodorod bo'lgan modda (masalan, parafin) orqali o'tkazishga qaror qilishadi va juda qiziq natija olishadi: yengil parafin qopqoq og'ir qo'rg'oshin qopqoqdan farqli o'laroq, o'zidan Bote-Bekker nurlanishini o'tkazmaydi, lekin parafindan nurlanish yo'nalishida protonlar uchib chiqadi. Jolio-Kyurilar protonlar parafindagi vodorod atomi bilan yuqori energiyali fotonlarning to'qnashishi natijasida yuzaga keladigan tepki yadrolar bo'lsa kerak, degan fikrga kelishadi.

1932- yil 18- yanvarda Parij akademiyasining majlisida bu haqda bergan ma'lumotlarini «... Shunday qilib, ushbu tajribalardan shu narsa ma'lumki, yuqori chastotali elektromagnit nurlanish vodorodi bor moddalardan protonlarni ajratib chiqarish va ularga katta tezliklar berish xususiyatiga ega ekan», degan so'zlar bilan yakunlashadi.

Bir qarashda hodisa tushunarliga o'xshab ko'rinar edi. Lekin, shu bilan birga, ko'p narsa tushunarsiz edi. Masalan, katta energiyali bunday fotonlar qayoqdan olinadi? Nima uchun o'z energiyalarini protonlarga berayotgan fotonlar o'sha vaqtda qo'rg'oshin atomlari bilan o'zaro ta'sirlashmaydi?

Bu tajriba natijalari bilan ingliz fizigi J. Chedvig qiziqib qoladi. Darhol u tajribalar o'tkazadi, o'lchashlarni amalga oshiradi. Jolio-Kyurilar o'tkazgan tajribalarni takrorlaydi va tekshiradi. Chedvig eksperimental qurilmasining sxemasi 5- rasmda keltirilgan. 1 vakuumli kamerada sirtiga α -zarralar manbayi bo'lgan poloniy Po surtilgan D disk o'rnatilgan. Poloniydan nurlangan α -zarralar bilan berilliy Be plastinkasi bombardimon qilinganda, berilliy yadrosi α -zarrani o'ziga qo'shib oladi va neytronni chiqarib, uglerod yadrosiga aylanadi:



Hosil bo'lgan neytronlar kameraning yupqa devoridan va Pb qo'rg'oshin plastinkadan o'tib, parafin qopqoqqa tushadi va unda sekinlashadi. Parafin qopqoqdan chiqqan tepki yadrolar — protonlar 2 ionizatsion kameraga tushadi va kamera to'ldirilgan gaz atomlarini ionlashtiradi. Hosil bo'lgan zaryadli zarralar tegishli elektrodlanga so'rilib, ionizatsion kamera zanjirida tok impulsini yuzaga keltiradi.

Tok impulsi kuchaytirilib, ossillografga uzatiladi. Kuzatilayotgan tok impulsining intensivligini o'lchab, Chedvig turli tepki yadrolarning energiyasini aniqlaydi so'ngra bu energiyalarni bir-biri bilan taqqoslab, xulosa chiqaradi.

Jolio-Kyurilar bergan axborotdan 5 hafta o'tgandan so'ng, ya'ni 1932- yil 27-fevralda Chedvig Parij akademiyasining majlisida o'z tajribalarining natijalari haqida quyidagi mazmunda xabar beradi: «Bote-Bekker nurlanishi umuman elektromagnit nurlanish emas, balki elementar zarralarning yangi turi — massasi proton massasiga taxminan teng neytral zarralar oqimidan iboratdir». Bu zarrani **neytron** deb ataldi. Shunday qilib, neytron kashf etildi.

Yadrolarni bombardimon qiluvchi eng qulay zarra – neytrondir, chunki u neytral zarra bo'lganligi uchun nishon yadroga bimalol yaqin kela oladi.

Binobarin, yadro reaksiyalarini amalga oshirishda neytronlardan foydalanish yaxshi samara beradi.

2.1. Sun'iy radioaktivlik.

Sun'iy radioaktivlik hodisasini 1934- yilda fransuz fiziklari Iren va Frederik Jolio-Kyurilar kashf qilishgan. Ular yadrolarning parchalanishini o'rganish jarayonida ko'p hollarda parchalanish mahsulotlari radioaktiv xossaga ega ekanligini aniqlaganlar. Yadro reaksiyalari natijasida hosil bo'ladigan radioaktiv moddalar *sun'iy radioaktiv moddalar* deb, hodisa esa *sun'iy radioaktivlik* deb ataladi.

Sun'iy radioaktiv moddalar turli yadro reaksiyalarida hosil bo'lishi mumkin. Masalan, kumushning $^{107}_{47}\text{Ag}$ barqaror izotopini neytronlar bilan bombardimon qilinganda uning yarim yemirilish davri $T=2,3$ minut bo'lgan $^{108}_{47}\text{Ag}$ radioaktiv izotopi hosil bo'ladi va γ -nurlari chiqadi:



Kumushning $^{108}_{47}\text{Ag}$ izotopi (β -radioaktiv xossaga ega bo'lib, u o'zidan elektronni va neytrinoni chiqaradi hamda kadmiyning $^{108}_{48}\text{Cd}$ barqaror izotopiga aylanadi:



Reaksiya natijasida hosil bo'lgan fosforning $^{30}_{15}\text{P}$ radioaktiv izotopi (yarim yemirilish davri 2,5 minutga teng) o'zidan pozitron va neytrinoni chiqarib, kremniyning barqaror $^{30}_{14}\text{Si}$ izotopiga aylanadi:



Yadro reaksiyalarida barcha saqlanish qonunlari, jumladan, elektr zaryadi va massa sonining saqlanish qonunlari bajariladi.

Elektr zaryadining saqlanish qonuni: *reaksiyaga kirishgan yadro va zarralar elektr zaryadlarining yig'indisi reaksiya natijasida hosil bo'lgan yadro va zarralar elektr zaryadlarining yig'indisiga teng bo'ladi.*

Massa sonining saqlanish qonuni: reaksiyaga kirishayotgan yadro va zarralar massa sonlarining yig'indisi reaksiyadan so'ng hosil bo'lgan yadro va zarralar massa sonlarining yig'indisiga teng bo'ladi.

Agar quyidagi:



reaksiya sodir bo'lgan bo'lsa, u holda yuqorida ta'riflangan saqlanish qonunlariga binoan $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$ va $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$ bo'ladi. Masalan, Jolio-Kyurilar amalga oshirgan yadro reaksiyalaridan biri quyidagicha edi:



Bu reaksiyada $Z_1=12$, $Z_2=2$, $Z_3=14$, $Z_4=0$, demak, $12+2=14+0$ yoki $14=14$. Shuningdek, $A_1=24$, $A_2=4$, $A_3=27$, $A_4=1$, demak, $24+4=27+1$ yoki $28=28$.

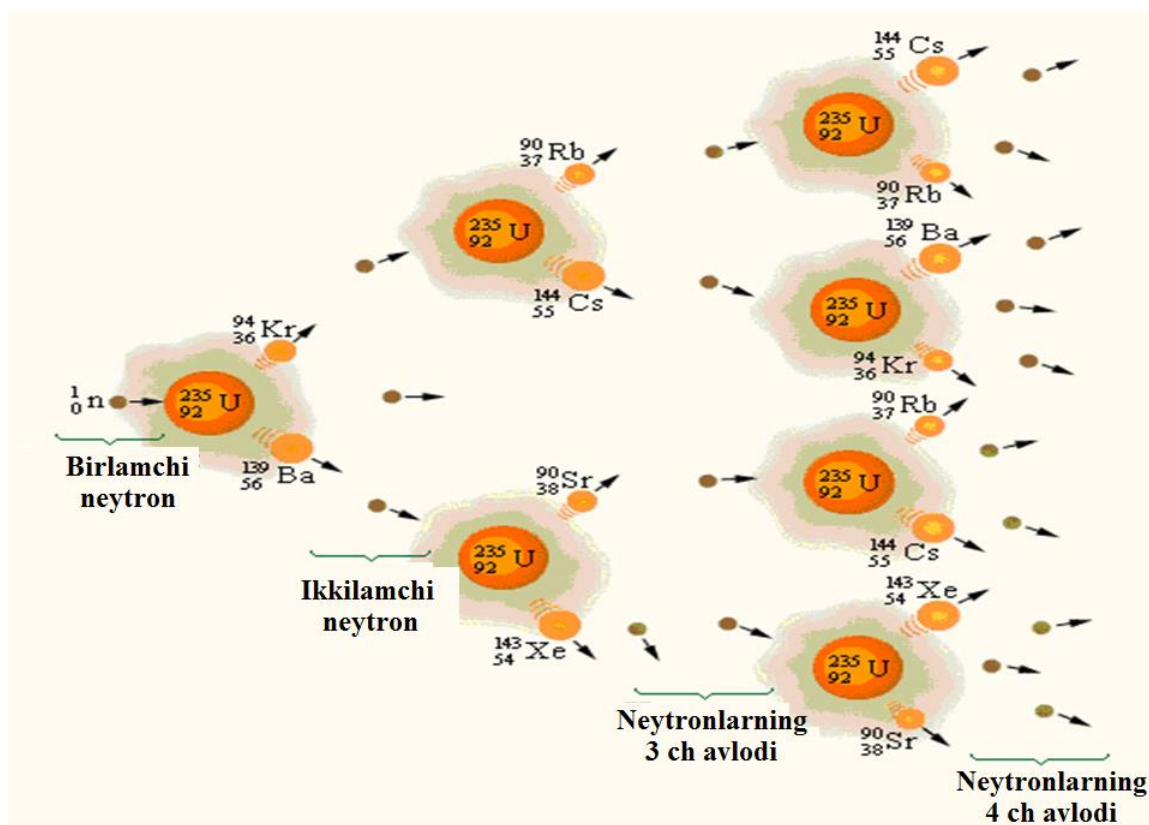
2.2. Zanjir yadro reaksiyasi

1940- yilda rus olimlari G.N. Flerov va K.A. Petrjak uran yadrolarining parchalarga o'z-o'zidan bo'linishini, ya'ni **spontan bo'linishini topgan**. Biroq bunday bo'linishning tezligi juda kichik, chunki ${}_{92}^{235}\text{U}$ izotopi yadrolarining yarim yemirilish davri 10^{15} yilga teng.

Har bir yadro bo'linganda 2-3 ta neytron chiqishi, ayniqsa, muhim ahamiyatga ega, chunki bu neytronlar uran massasida o'z-o'zidan davom etadigan reaksiyani amalga oshirishga imkoniyat yaratib beradi. Haqiqatan ham, ajratib chiqarilgan 2-3 ta neytrondan har biri atom yadrosiga tushishi mumkin, bunda ham ikkita bo'linish parchasi hosil bo'ladi va 2-3 ta neytron ajralib chiqadi, bu neytronlar ham yana bolinishga va neytronlar ajralib chiqishiga sabab bo'ladi va hokazo.

Aktiv neytronlar va reaksiyaga kiruvchi yadrolar soni geometrik progressiya bo'yicha o'sib borishini sezish qiyin emas, shuning uchun butun moddada tobora avj oluvchi yadro reaksiyasi yuz beradi (3-rasm). Bu reaksiya **zanjir yadro reaksiyasi** deb ataladi. Yadrolarning bo'linishida hosil bo'lgan neytronlarning ta'siri ostida

ro'y beradigan boshqa yadrolarning quyunsimon bo'linish jarayoniga **zanjir yadro reaksiyasi** deyiladi.



3-rasm

Uranning har bir yadrosining bo'linishidan paydo bo'ladigan neytronlarning hammasi ham boshqa yadrolarning bo'linishiga sabab bo'lavermaydi. Neytronlarning bir qismini yadro yoqilg'isidagi bo'linmaydigan yoki qiyin bo'linadigan aralashma yadrolari o'ziga qo'shib olishi mumkin, neytronlarning yana bir qismini yoqilg'i material hajmi sirtidan uning boshqa yadrolari bilan to'qnashmay chiqib ketishi mumkin. Zanjir reaksiyada aktiv ishtirok qiluvchi neytronlar sonini kamaytiradigan sabablar ham mavjud.

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'linishi mumkin, lekin tarkibida kam bo'lgani uchun tabiiy uranda 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'lishi mumkin. Uranning tabiiy aralashmasida oraliq neytronlar yordamida zanjir reaksiyasi yuz berishi mumkin emas.

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

4) Ko'rsatilgan hamma bosqichlarda aralashmalar, bo'linish reaksiya mahsulotlari va hokazo yadrolari tomonidan neytronlarning juda ham nomaqbul 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

$$\Delta T_n = \frac{4A}{(A+1)^2} T_n \quad (25)$$

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 deutronlar hosil bo'lishi hisobiga neytronlar suvda intensiv yutiladi;

2) Geliy ${}^4\text{He}$ bo'lsa, neytronni yutmaydi, ${}^3\text{He}$ tabiatda uchramaydi. Lekin gaz bo'lgani uchun zichligi kichik, foydalanish noqulaydir;

3) Eng yaxshi sekinlatgich og'ir suv D_2O ;

4) Sekinlashtiruvchi moddaning fizik xossalarini, iqtisodiy jihatdan arzonligini ham hisobga oladigan bo'lsak, u holda og'ir suv, uglerod, berilliy va berilliy oksidi va boshqalari bo'lishi 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 elli'soid shaklda ($a=1,94$ m, $b=1,55$ m) bo'lgan sistemaning kritik massasi 47 kg. Shar radiusi $R=17$ sm. Agar uran moddasi berilliy qobiqli 'olietilen' 'lyonkalar bilan qatlam-qatlam ajratilsa, kritik massa 242 g radiusi $R=3$ 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

$$k_{\infty} = \eta \rho f \varepsilon \quad (26)$$

ko'rinishdagi taqribiy formuladan foydalanish mumkin. Yuqoridagi 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 (2.2) 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.

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

$$\frac{dn}{dt} = \frac{n(k-1)}{\tau} \quad (27)$$

Bu tenglamadan istalgan t -vaqtdagi neytron sonini aniqlash uchun formula

$$n = n_0 e^{k-1/\tau} \quad (28)$$

bu yerda n_0 -boshlang'ich vaqtdagi neytronlar soni.

Reaktorda neytronlar soni (28) 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 -issiq neytronlarda ishlaydigan reaktorlar uchun $\tau=10^{-3}$ s. Kechikuvchi neytronlarni hisobga olmaganda issiq neytronlar ishtirokida ishlaydigan reaktorning davri 10 s ga yaqin bo'ladi. (28) formuladan quvvati e marta oshirganda $2,718 = k^{10/10}$; $k_0 = 1,0001$ hosil bo'ladi.

Reaksiya $(k_0)^{t/\tau}$ - ga 'ro'rtsional keskin oshib ketadi, bunda hech qanday qutqarish chorasini ko'rib bo'lmaydi. Kechikuvchi neytronlar zanjir reaksiya davrini bir necha tartibga oshirib, reaktorni boshqarish imkoniyatini beradi.

$k=1,001$ 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.

$$k = \frac{N_i}{N_{i-1}} \quad (29)$$

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

$$k = \wp k_\infty \quad (30)$$

bu yerda k_∞ cheksiz muhitning neytronlar ko'payish koeffitsienti. $\wp$ -muhitdan neytronning chiqib ketmaslik ehtimolligi.

Har doim $\wp < 1$ 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 $P = \frac{\sigma_{nf}}{\sigma_{nf} + \sigma_{n\gamma}}$, uchinchi dan har bir bo'linish aktida yangi ν - sondagi neytronlar vujudga kelish ehtimoligiga 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.

1-jadvalda ayrim yadrolar uchun ikki energiya tizimida η , ν , p , k - qiymatlari keltirilgan (R_{kr} , m_{kr} –kritik o'lcham va kritik massa).

1-jadval

Bo'linuvchi element		^{235}U	^{239}Pu	^{233}U	^{238}U
Issiq neytronlar ($E_n=0,025$ eV)	ν	2,47	2,91	2,52	-
	$\wp$	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
	$\wp$	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.

2.3. Atom yadrosining bo'linishi

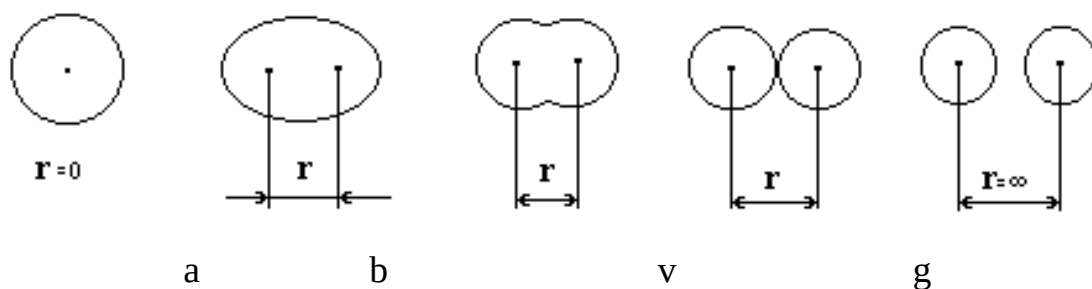
Yadroning bo'linish tarixi E.Fermi va uning izdoshlarining 1934 yilda uran yadrosini neytronlar bilan bombardimon qilish bo'yicha o'tkazgan tajribalaridan boshlanadi. Ular zaryadsiz neytron uchun kulon to'sig'i yo'qligi sababli og'ir yadrolarni neytron bilan bombardimon qilib, nishon yadroni neytronlar bilan boyitish, bu yadrolar o'z navbatida radioaktiv bo'lib β^- - yemirilish bilan zaryadini bittaga oshirishi, shu yo'l bilan davriy sistemada uran elementidan keyin joylashgan transuran elementlari hosil qilish edilar. Haqiqatda esa ular bo'linish parchalarini (yarim yemirilish davrlari: $T_{1/2}=13\text{min.}$, $T_{1/2}=90\text{min.}$) kuzatgan edilar.

Ko'p yillik muntazam izlanishlar olib borib 1939 yili O.Gan (1879-1968) va Shtrassman (1902-1980) lar E.Fermi tajribalarini takrorlab, bunday reaksiya natijasida boshlang'ich yadro o'zidan ancha yengil elementlarga parchalanishini ko'rsatdilar.

I.Kyuri va P.Savich (1909 y.t.) lar yuqoridagi reaksiyalarda radioaktiv lantanning, O.Gan va Shtrassmanlar radioaktiv bariy elementining hosil bo'lishini aniqladilar.

Bu tajriba natijalarini tahlil qilib, 1939 yilda Meytner va O.Frish (1904-1979) lar neytronlar ta'sirida uran yadrosi ikki bo'lakka ajralishi kerak, degan fikrga keldilar. Bu fikr keyinchalik tasdiqlandi va bu jarayon yadroning bo'linishi degan nomni oldi.

L.Meytner va Frishlar yadro bo'linishini tomchi modeliga ko'ra tushuntirishga harakat qildilar. 1939 yili N.Bor, D.Uiler (1911) bulardan mustaqil Ya.I.Frenkel (1894-1952) lar yadro bo'linish mexanizmini tomchi modeli asosida tushuntirib berdilar.



4-rasm. Tomchi modeliga asosan yadroning bo'linishi

Nishon yadro neytron ta'sirida uyg'ongan holatga o'tadi va yadro suyuqlik tomchisida kuchli tebranishlar yuzaga keladi. Bunday tebranishlar yadrodagı zaryadlangan protonlar o'rtasidagi kulon itarishish kuchlari bilan yadroni barqaror holatga qaytaruvchi sirt taranglik kuchlari tufayli vujudga keladi. Darhaqiqat, yadrodagı nuklonlarning harakatlari natijasida, ayniqsa, ular tashqaridan neytron yutish yo'li bilan energiya olganlarida yadro-tomchining shakli o'zgaradi. Tomchi tebranish natijasida shar, elli'soid yoki boshqa murakkab shaklga kiradi.

Agar uyg'onish energiyasi sirt taranglik energiyasini yengishga yetarli bo'lmasa, ellipsoid shaklini olgan yadro yana sferik shakliga qaytadi. Lekin, agar yadro uyg'onish energiyasi yetarli darajada katta bo'lsa, yadro shakli tebranish natijasida gantel shaklini olishi va u dastlabki shakliga qaytmasligi mumkin, chunki gantel uchlarida to'langan protonlarning o'zaro elektrostatik itarilish kulon energiyasi yadro tomchisini uzilishiga olib keladi, gantel bo'laklaridagi sirt kuchlari ham bo'linishga moil bo'ladi.

Tomchi modeliga ko'ra, yadro bo'linish shartini qarab chiqaylik. Yadro bog'lanish energiyasi uchun Veytszekker formulasini yadro bog'lanish energiyasi

$$E = [zm_p + (A - z)m_n]c^2 - \alpha A + \beta A^{2/3} + \gamma Z^2 A^{-1/3} + \dots \quad (31)$$

Yadro shakli o'zgarganda bu formuladagi $E_\sigma = \beta A^{2/3} = 4\pi R^2 \sigma$ sirt

taranglik energiyasi va $E_k = \gamma Z^2 A^{-1/3} = \frac{3}{5} \cdot \frac{(Ze)^2}{R}$ protonlarning kulon

ta'sir energiyasi o'zgaradi. Sirt taranglik kuchi yadro shaklini sferik holiga qaytarishga intilsa, protonlarning kulon ta'sir energiyasi yadrodagi protonlar orasidagi masofani ortishiga, ya'ni deformatsiyalanishiga sabab bo'ladi. Demak, yadroni bo'linishi shu ikki xil energiya yig'indisiga bog'liq.

Berilgan hajm uchun shar shakli eng kichik sirtga ega. Shuning uchun yadro a shakldan b shaklga o'tganda (4-rasm) uning sirti ortadi va demak, sirt taranglik energiyasi E_σ ortadi. protonlar orasidagi o'rtacha masofa ortgani uchun kulon ta'sir energiyasi E_k kamayadi. Yadroga tashqaridan berilgan uyg'onish energiyasi yetarli bo'lmasa, ma'lum vaqtdan so'ng yadro siqiladi va E_σ kamayib E_k ortadi, natijada yadroda tebranishlar hosil bo'ladi. Yadroning uyg'onish energiyasi yetarlicha katta bo'lsa, sirt taranglik kuchi protonlarning kulon ta'sir energiyasini yengishga yetarli bo'lmaganidan, yadro shakli gantel shaklini olishi mumkin. Bu holda yadrodagi protonlar gantel uchlarida to'rtlanadi va endi sirt taranglik energiyasi gantel uchlarida to'rtlangan yadro suyuqlik materiyasining sferik shaklini olishga «yordamlashadi». Natijada yadro ikki bo'lakka ajraladi. Kulon itarilish energiyasi E_k ning sirt taranglik E_σ ga nisbati yadro bo'lina olish qobiliyatining o'lchami bo'lib xizmat qiladi. E_k yadroning zaryadi Z^2 ga E_σ esa A -massa soniga 'ro'rtsional bo'lganligidan,

$$\frac{E_k}{E_\sigma} = \frac{\frac{3}{5} \cdot \frac{(Ze)^2}{R_0 A^{1/3}}}{4\pi \sigma R_0^2 A^{2/3}} = \frac{3e^2}{20\pi R_0^3} \cdot \frac{Z^2}{A} \quad (32)$$

Bu formulada turli yadrolar uchun $\frac{Z^2}{A}$ o'zgaruvchan ko'paytmadir. $\frac{Z^2}{A}$ ortib borishi bilan yadroning bo'linishi osonlashadi. Shuning uchun $\frac{Z^2}{A}$ ni bo'linish parametri deb ataladi.

Deformatsiyalangan yadrolar uchun yadro to'la energiyasini, (31)-ifodani quyidagicha yozamiz,

$$E = E' + E_k + E_\sigma \quad (33)$$

Bu yerda sirt taranglik energiyasi E_σ bilan protonlarning kulon energiyasidan (E_k) tashqari hamma boshqa energiyalar yig'indisi E' bilan belgilanadi. Agar yadro birmuncha deformatsiyalansa sirt taranglik energiyasi oshadi va kulon ta'siri energiyasi birmuncha kamayadi, E' energiya o'zgarmay qolaveradi.

Shuning uchun yadro energiyasining o'zgarishi ΔE , E_k va E_σ energiyalarning o'zgarishiga bog'liq:

$$\Delta E = |\Delta E_\sigma| - |\Delta E_k| \quad (34)$$

Agar $\Delta E > 0$, ya'ni $|\Delta E_\sigma| > |\Delta E_k|$ bo'lsa, yadro o'z holatiga qaytadi, $\Delta E < 0$ bo'lsa, deformatsiya orta boradi, yadro bo'linadi. $\eta = \frac{|\Delta E_k|}{|\Delta E_\sigma|} = 1$ kritik holdir. $\eta < 1$ -yadro bo'linmaydi, $\eta = 1$ kritik holat, $\eta > 1$ – yadro so'zsiz bo'linadi [1].

Agar yadro tekis zaryadlangan ellipsoid deb qaralsa bo'linish parametri:

$$\eta = \frac{1}{2} \cdot \frac{E_k}{E_\sigma} \quad (35)$$

Kritik hol uchun bo'linish parametrini hisoblasak (32), (35) ifodalardan

$$\eta = \frac{3e^2 Z^2}{2 \cdot 20\pi R_0^3 \sigma A} \quad \eta = 1 \text{ deb,}$$

$$\frac{Z^2}{A} = \frac{40\pi R_0^3 \sigma}{3e^2} = \frac{40 \cdot 3,14 (1,3 \cdot 10^{-13})^3 10^{20} \frac{\text{erg}}{\text{sm}^2} \text{sm}^2}{3(4,8 \cdot 10^{-10})^2 (\text{CGSE})^2} = 45$$

bu yerda $R_0 = 1,3 \cdot 10^{-13} \text{sm}$, $E = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{CGSE}$, $\sigma_{\text{yad}} = 10^{20} \text{erg/sm}^2$

Demak, kritik hol $(Z^2/A)=45$ yaqinlashganda yadro o'z-o'zidan bo'linib ketadi. Yadro bo'linish parametri $Z^2/A > (Z^2/A)_{\text{kr}}$, bo'lganda u asosiy holatda ham bir onda s'ontan bo'linib ketadi.

Demak, yadrolar uchun Z ning maksimal qiymatini $(Z^2/A)_{\text{kr}} = 45$ dan keltirib chiqarish mumkin. U taxminan 110 ga teng. Shuni ham aytish lozimki, tomchi modeli hamma tajriba natijalarini to'la tushuntirib beraolmaydi. Masalan, yadroning bo'linish parametri Z^2/A ning o'zgarishiga qarab monoton o'zgaravermaydi, bo'linish yadrodag i nuklonlarning toq-juftligiga bog'liq, keyingi vaqtlarda izomer holatdan bo'linishlar kashf etildi. Bularning hammasi yadrodag i qobiqlarni nuklonlar bilan to'ldirilish tartibini, ya'ni yadro qobiq modelini e'tiborga olishni talab etadi.

Yadro energiyasi va deformatsiyalari orasidag i munosabatdan bo'linish xususiyatlarini tushuntirish mumkin.

5-rasmdan $r=0$ hol sferik shakldag i uyg'onmagan yadroga mos keladi. Yadro deformatsiyalanganda elli'soid orasidag i masofa yadroning deformatsiyalanish parametrini ifodalaydi. Kuchli deformatsiyalangan yadro uchun r masofa ortib boradi va $r=r_{\text{kr}}$, shar shaklini olgan bo'laklar bir-biriga tegib turgan holda ular markazlari orasidag i masofani ko'rsatadi. $r=r_{\text{kr}}$ da $E=E(r)$ maksimumga erishadi (1.4-rasm).

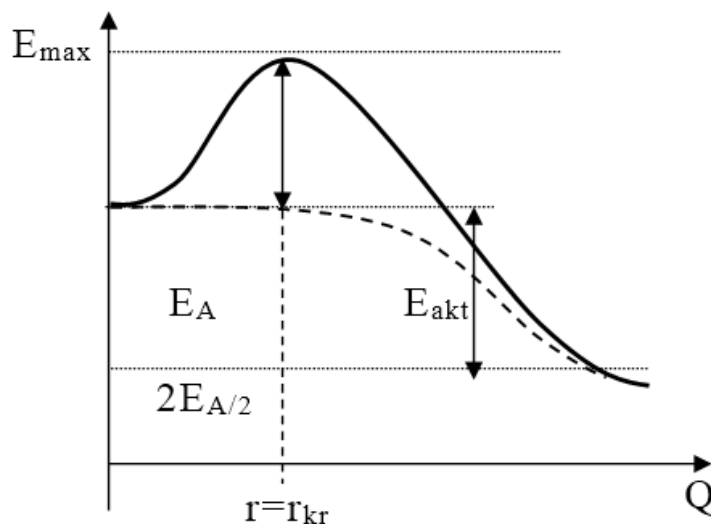
Yadro energiyasi kichik r larda orta boradi, $r=r_{\text{kr}}$ maksimumga erishadi va $r>r_{\text{kr}}$ da yana kamayadi. Uyg'ongan yadro energiyasi E_A bilan $r \rightarrow \infty$ dag i bo'lakchalar energiyasi $E=2E_{A/2}$ orasidag i farq reaksiya energiyasini beradi.

$$Q = E_A - 2 E_{A/2}$$

$E_{\text{akt}}=E_{\text{max}}- E_A$ – aktivatsiya energiyasi deyiladi.

Yadro bo'linishi uchun tashqaridan aktivatsiya energiyasidan kam bo'lmagan uyg'onish energiyasi E_{uyg} ni berish kerak, natijada energiya ajraladi.

Bo'linishda ajralib chiquvchi energiya $E_{ajr} = Q_{bo'l} - E_{uyg}$ ga teng.



5-rasm

2.4. Yadro energiyasini olish.

Uran $^{235}_{92}\text{U}$ yadrosining bo'linishida chiqadigan energiyani bevosita o'lchash natijalari shuni ko'rsatdiki, har bir yadro bo'linganda taxminan 200 MeV energiya ajraladi. Boshqa hech qanday (yadroning bo'linishi bilan bog'liq bo'lmagan) yadro reaksiyasida bunchalik katta energiya ajralib chiqmaydi. Ajralib chiqqan energiyaning katta qismi ($\sim 80\%$) parchalarning kinetik energiyasi ko'rinishida ajraladi, qolgan (20%) qismi esa parchalarning radioaktiv nurlanishiga va neytronlarning kinetik energiyalariga to'g'ri keladi.

Agar yadroning bo'linishini hosil qiladigan neytronlarning energiyasi (ya'ni, sarf qilingan energiya) $7\div 10$ MeV dan ortmasligini e'tiborga olsak, yadrosi bo'linadigan materiallar juda katta energiya manbayi bo'lib xizmat qila oladi. Masalan, 1 kg $^{235}_{92}\text{U}$ da bo'lgan barcha yadrolarning bo'linishida ajraladigan energiya taxminan $2,3\cdot 10^7$ kW-soatga teng.

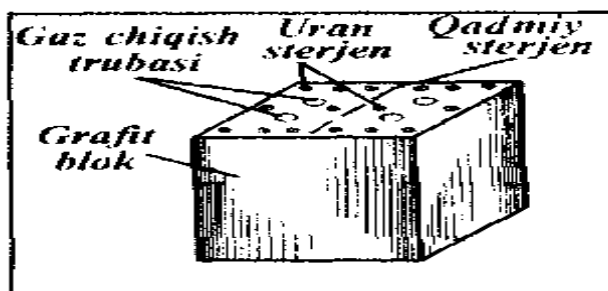
Bunday energiyani tasavvur qilish uchun quyidagi yoqilg'ilarni yonishi natijasida hosil bo'lgan energiya bilan taqqoslash mumkin. $2 \cdot 10^6$ kg benzin yoki $2,5 \cdot 10^6$ kg toshko'mir yonganida yoki $2,5 \cdot 10^7$ kg trinitrotoluol (trotil) portlaganda ajraladigan energiya $2,3 \cdot 10^7$ kW-soatga tengdir.

Sanoat uchun yadro energiyasi olishda zanjir reaksiyani amalga oshirish va uni boshqarish zarur.

Uranda zanjir yadro reaksiyasi ikki xil usul bilan amalga oshirilishi mumkin. Birinchi usul tabiiy urandan bo'linuvchi $^{235}_{92}\text{U}$ izotopni ajratib olishdan iborat (chunki yuqorida aytib o'tilganidek, $^{238}_{92}\text{U}$ yadrolarini faqat tez neytronlarga parchalay olishi mumkin). Izotoplarning kimyoviy jihatdan farqi bo'lmagani sababli ularni ajratib olish juda qiyin masaladir. Lekin shunga qaramasdan, bu masala bir necha xil usullar bilan hal qilinadi.

Zanjir reaksiyani amalga oshirishning ikkinchi usuli yadro reaktorlari (atom qozonlari) da qollaniladi.

Yadro reaktorlarining ishlashini ko'rib chiqaylik. 6- rasmda uran qozonining tuzilishi ko'rsatilgan: uran qozoni katta hajmli idish bo'lib, uning ichiga tez harakatlanuvchi neytronlarni sekinlatadigan modda solingan, atrofiga neytronlarni qaytaruvchi modda qo'yilgan. Sekinlatkich va qaytargich sifatida grafit ishlatiladi.

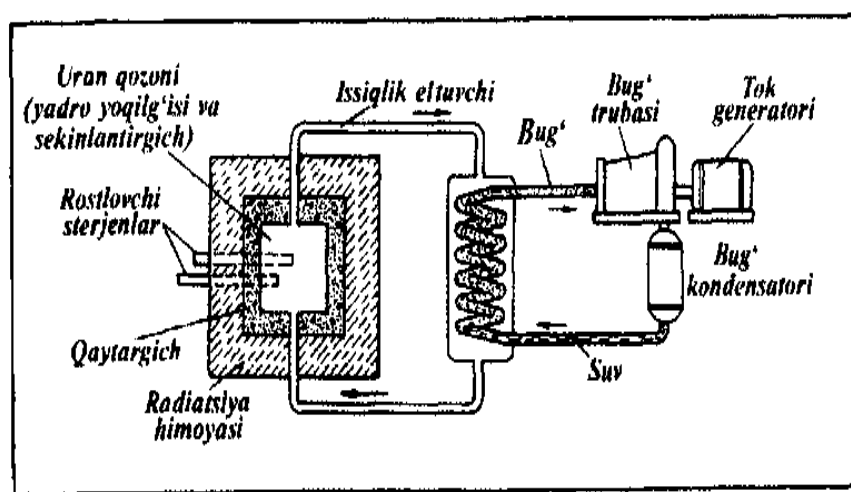


6-rasm. Uran qozonining tuzilishi.

Sekinlatkich ichida metall uran sterjenlar bo'lib, ularda atom yadrolari bo'linadi. Zanjir reaksiya portlashga olib kelmasligi uchun reaksiyani boshqarish kerak, buning uchun sust neytronlarni yaxshi yutuvchi moddalar ishlatiladi. Bunday moddalar kadmiy va borli po'latdir (tarkibida bor elementi bo'lgan po'lat sust

neytronlarni kuchli yutadi). Bu moddalar qozon ichiga yetarli miqdorda kiritilganda ular zanjir reaksiyani susaytirishi va hatto batamom to'xtatib qo'yishi ham mumkin.

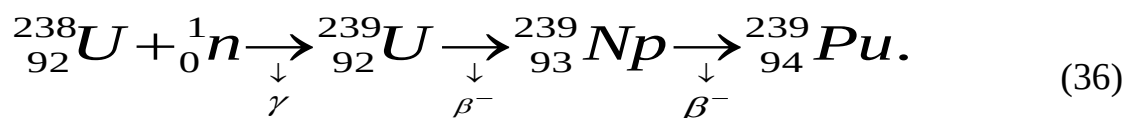
Uran yadrolarining bo'linish energiyasi issiqlik va radioaktiv nurlanish tarzida chiqadi. Bu issiqlikdan issiqlik elektr markazlarining ishlashi uchun foydalanish mumkin. Shu maqsadda uran qozoniga uzluksiz gaz yuborib turiladi, bu gaz yuqori temperaturagacha qiziydi va bug' qozoniga keladi. Gaz energiyasi suvni bug'lantirib, yuqori bosimli o'ta qizigan bug' hosil qilishga sarflanadi, bu bug' elektr generatoriga ulangan bug' turbinasini harakatga keltiradi. 7- rasmda atom elektr stansiyasi tuzilishining prinsipial sxemasi keltirilgan.



7- rasm: atom elektr stansiyasi tuzilishining prinsipial sxemasi.

Uran qozonlari radioaktiv nurlanishlarning kuchli manbayidir, shuning uchun qozonlarni muhofaza vositalari bilan ta'minlash (betonlash va boshqa muhofaza tadbirlarini ko'rish) kerak. Qozonlarni boshqarishga doir barcha jarayonlar, ichiga uran sterjenlarini tushirish va chiqarib olish ishlari avtomatik ravishda uzoq masofadan turib amalga oshiriladi.

Shuni aytib o'tish kerakki, yadro reaktorida energiya ajralish bilan bir qatorda yangi yadro yoqilg'i — plutoniy ham hosil bo'ladi va yig'iladi. Gap shundaki, ^{238}U yadrosi sekin neytronni yutib gamma fotonni chiqaradi va yarim yemirilish davri 23 minut bo'lgan radioaktiv uran izotopi ^{239}U ga aylanadi. Bu yadro, o'z navbatida, p-zarra chiqaradi va neptuniyga aylanadi, uning yarim yemirilish davri 2,3 kun. Neptuniy yadrosi β -zarra chiqarib, plutoniy ^{239}Pu yadrosiga aylanadi. Bu reaksiyani quyidagicha ifodalash mumkin:



Plutoniý - yaxshi yadro yoqilg'isidir, uning yadrolari uran yadrolariga o'xshash sekin neytronlar ta'sirida parchalanadi. Plutoniý radioaktiv, u α , β va γ -nurlarni chiqaradi. Uning yarim yemirilish davri 24100 yil, shuning uchun plutoniýdan katta miqdorlarda yig'ish mumkin.

2.5. Atom reaktori nima?

Atom reaktori qator xususiyatlari bilan tavsiflanadi va shunga ko'ra reaktorlar turli xil bo'ladilar. Yadroni bo'luvchi neytronlarning energiyasiga qarab reaktorlar issiq, tez va oraliq energiyaga ega bo'lgan neytronlarda ishlovchi reaktorlarga ajraladi.

Reaktorlar yonilg'ining turiga, sekinlashtiruvchi moddasiga (oddiy suv, og'ir suv, grafit, berilliy, organik suyuqliklar va h.k.), aktiv zonaning tuzilishiga (gomogen yoki geterogen), issiqlik uzatgichga (suv, suv bug'i, organik suyuqlik, geliy, karbonat angidrid gazi, havo, azot, suyuq metallar va h.k.), bajaradigan vazifasiga (ilmiy tekshirish, energiya olish, izotoplar olish va h.k.), ishlash rejimi (uzluksiz yoki im'ulsi)ga qarab turlicha nomlanadilar.

Atom reaktori tarihi: Insoniyat uchun zanjir reaksiyasini amalga oshirish emas; balki ajraladigan energiyadan foydalanish uchun uni boshkarish muxum ahamiyatga egadir. Og'ir yadrolarning bo'linish zanjir reaksiyasini amalga oshirish va boshqarish imkoniyatini beradigan qurulma yadro reaktori deyiladi. Birinchi yadro reaktori 1942- yilda U. Fermi rahbarligida CHikago universiteti koshida qurilgan. Yonilgi sifatida 5% gacha uran-235 bilan boyitilgan tabiiy urandan foydalanadigan.

Uran-235 yadrosada zanjir reaksiyasini rivojlantirish issik neytronlar vositasidagina amalga oshirish mumkin.

Yadro parchalanishida xosil bo'ladigan neytronlarning energiyasi esa 2 MeV atrofida bo'ladi. Shuning uchun, zanjir reaksiyasi borishini tahminlash uchun

ikkilamchi neytronlarni issik neytronlargacha sekinlashtirish kerak. Shu maksadda sekinlatgich deb ataluvchi maxsus moddadan foydalaniladi. Sekinlatgich neytronlarni sekinlatishi, lekin yutmasligi kerak. Sekinlatgich maksadida oghir suv, oddiy suv, grafit va berilliylardan foydalanish mumkin. Oghir suvni olish juda kiyin bohlani uchun, odatda, reaktorlarda oddiy suv yoki grafitdan foydalaniladi. Reaktorning ohz-ohzini kuchaytiruvchi zanjir reaksiyasi rohy beradigan faol zonasi grafit silindrdan iborat bo'ladi. Yadro reaktorini boshkarish. Yadro yonilg'isi (uran) faol zonaga oralarida neytronlarni sekinlatgich joylashtirilgan tayokchalar sifatida kiritiladi. Zanjir reaksiyasi jarayonida faol zonadagi tem'erature 800-900 K gacha kohtariladi. Issklikni olib ketish uchun reaktorning faol zonasidan kuvur orkali issiklik tashuvchi ohtkaziladi. Misol uchun, bunday issiklik tashuvchi odatdagi suv yoki suyuk natriy metali bohlishi mumkin. Zanjir reaksiyasini boshkarish bor yoki kadmiydan yasalgan, issik neytronlarni yaxshi yutadigan tayokchalar yordamida amalga oshiriladi. Zanjir reaksiyasining rivojlanishi bo'linayotgan yadrolar sonining uzluksiz ortishiga, yahni reactor kuvvatining ortishiga olib keladi. Zanjir reaksiyasi jala xarakteriniolmadligi uchun neytronlarning ko`payish koeffitsentini birga teng kilib turish kerak. Bu esa boshkaruvchi tayokchalar yordamida amalga oshiriladi. Boshkaruvchi tayokchalar reaktorning faol zonasidan olinganda  $k > 1$ , to`la kiritib qo`yilganda  $k < 1$  bo'ladi. Tayoqchalar yordamida istalgan paytda zanjir reaksiyasi rivojlanishini to`xtatish mumkin. Yadro reaktorining turlari. Xozirgi paytda turli - tuman reaktorlar yaratilgan bo`lib, ular quyidagi turlarga bo`linadi:

- yonilg'i yadrosining bo'linishini vujudga keltiradigan neytronlarning energiyasiga qarab: issiq neytronlar reaktori; tez neytronlar reaktori;
- yoqilg'ining turiga qarab: tabiiy uranda, boyitilgan uranda, sof yonig`ida ishlaydigan reaktorlar;
- vazifasiga qarab: ilmiy tadqiqotlar uchun, plutoniy ishlab chiqarish uchun, elektr energiya ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan reaktorlar.

Yadro reaktorining ximoyasi. Zanjir reaksiyasida neytronlar, nurlanishlar manbayi bo'lgan yadro parchalari xosil bo'ladi.

Boshqacha aytganda, uran reaktori turli xil nurlanishlar manbayi. Ularni katta singish qobiliyatiga ega bo'lgan neytronlari va nurlari ayniqsa xavflidir. Shuning uchun, reaktorda ishlovchi xodimlarning ximoyasini tashkil qilish muxim ahamiyatga ega. Bu maqsadda 1 m qalinlikdagi suv, 3 m gacha qalinlikdagi betin va cho'yanning qalin qatlamidan foydalaniladi.

Atom energetikasining qulayliklari. Insoniyat doimo arzon va qulay energiya manbalariga ega bo'lishga intilgan.

Yadro reaktorlarining yaratilishi esa yadro energetikasining sanoatda qo'llanilishiga, ya'ni undan inson ehtiyojlari uchun foydalanishga imkon yaratdi. Yadro yonilg'isining zaxiralari kimyoviy yonilg'i zaxiralaridan yuzlab marta ko'p.

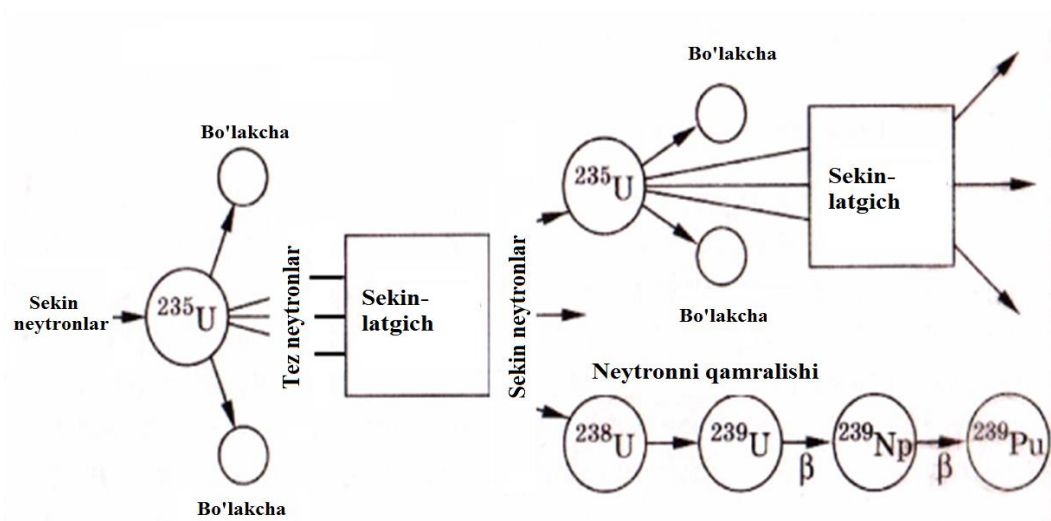
Shuning uchun elektr energiyaning asosiy qismi atom elektr stansiyalarida (AES) ishlab chiqarilganda edi, bu bir tomondan elektr energiyaning tannarxini kamaytirsa, ikkinchi tomondan insoniyatni bir necha yuz yillar davomida energetika muammolaridan xalos bilan bo'lardi. AES larning kichik maydonni egallashini xam ta'kidlash lozim.

Dunyoda birinchi AES 1954-yilda Obninsk shaharida ishga tushirilgan. Undan keyin esa juda ulkan AES lar kurildi va muvaffakiyatli faoliyat ko'rsatib kelmoqda.

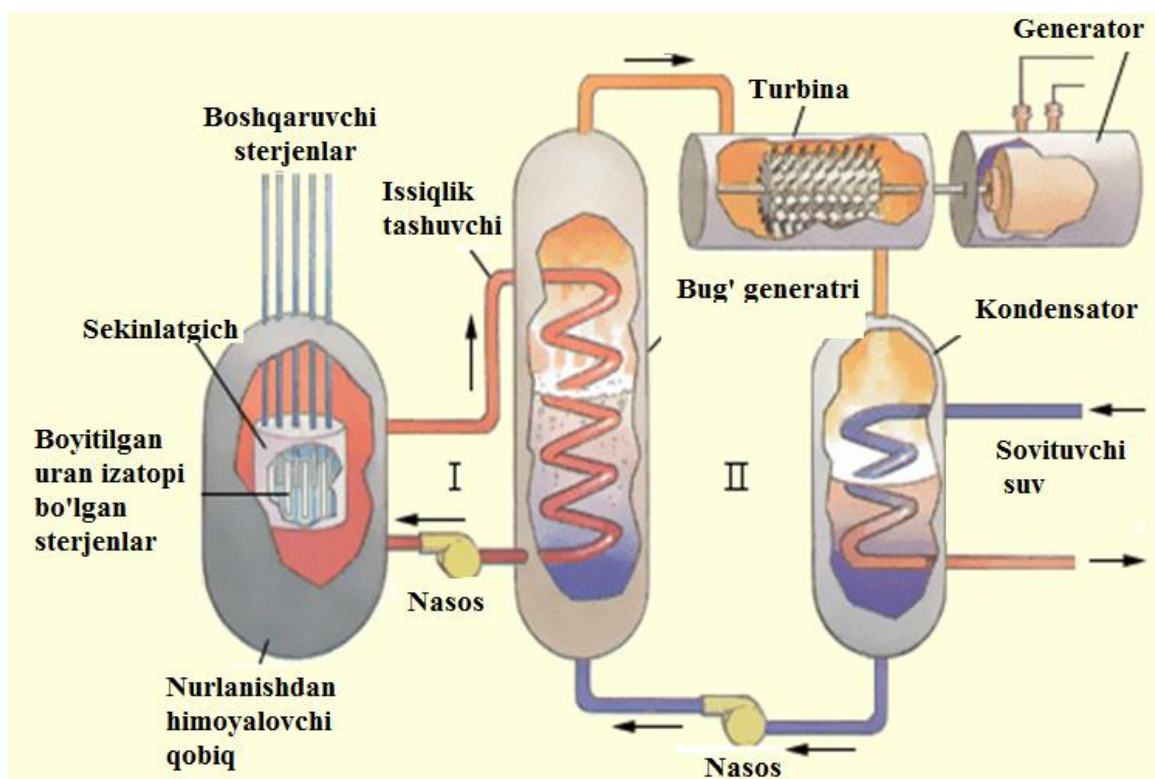
Ko'chma atom dvigatellari. Yadro yonilg'isining yukori unumdorligi va yadro dvigatellarining mustakil ishlatish imkoniyati ulardan suvosti va suvusti kemalarida foydalanish imkoniyatini yaratadi. Xozirgi kunda "Akrika",

"Sibir" kabi ko'plab atom muzyorarlari va atom reaktorlaridan energiya olib ishlovchi koh'lab suvosti kemalari faoliyat ko'rsatmokda.

AES larda texnika xavfsizligi koidalariga kathiy rioya kilish kerak. Aks xolda, bu katta xalokatlarga olib kelishi mumkin. Chernobil AES da bo'lgan xalokak bunga misol bo'la oladi.



Oddiy atom elektira stansiyasini ishlash prinsipi



8-rasm. Yadro (atom) reaktori. Geterogen issiq neytronli reaktor sxemasi

2.6. Neytron ta'sirida yadrolarning bo'linishi

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 [11,12].

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 $E_{o'yg'} = T_n + \varepsilon_{A+1}$ bo'ladi. Bu yerda ε_{A+1} - neytronning kompaund yadro bog'lanish energiyasi. Demak, biror A_ZX yadroning T_n kinetik energiyali neytron ta'sirida bo'linish sharti

$$T_n > E_f = E_{akt} - \varepsilon_{A+1} \quad (37)$$

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.

Shuning uchun bunday yadrolarni bo'lish uchun neytron energiyasi yetarli darajada katta bo'lishi lozim. Og'ir yadrolarda esa bo'linish parametri oshib, aktivatsiya energiyasi E_{akt} kamayib boradi. Nihoyat, ba'zi yadrolar uchun $E_{akt} < \varepsilon_{A+1}$, ya'ni ular uchun E_f – manfiy. Bunday yadrolar issiq neytronlar ta'sirida ham bo'linadi. 2 va 3-jadvallarda ba'zi yadrolar bo'linishining aktivatsiya energiyasi va neytronning yadrodag bog'lanish energiyasi keltirilgan.

2-jadval

Ba'zi yadrolar bo'linishining aktivatsiya energiyasi

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

3-jadval

Neytronning yadrodag bog'lanish energiyasi

<i>Boshlang'ich yadro</i>	^{238}U	^{235}U	^{239}Pu	^{232}U	^{232}Th
<i>Boshlang'ich yadro+n</i>	^{239}U	^{236}U	^{240}Pu	^{233}U	^{235}Th
<i>Boshlang'ich energiyasi MeV</i>	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 [9].

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 reaksiyalari ekzotermik bo'lganida n yuqoridagi yadrolar uchun kichik energiya sohasida « $1/v$ qonun» bajariladi. Neytron energiyasi $T_n=0,025 \text{ eV}$ bo'lsa, $\sigma_{nf}=600 \text{ bn}$; $T_n=1 \text{ MeV}$ da $\sigma_{nf}=1,5 \text{ bn}$ [10].

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 $Q=235 \cdot 0,85 = 200 \text{ MeV}$.

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.

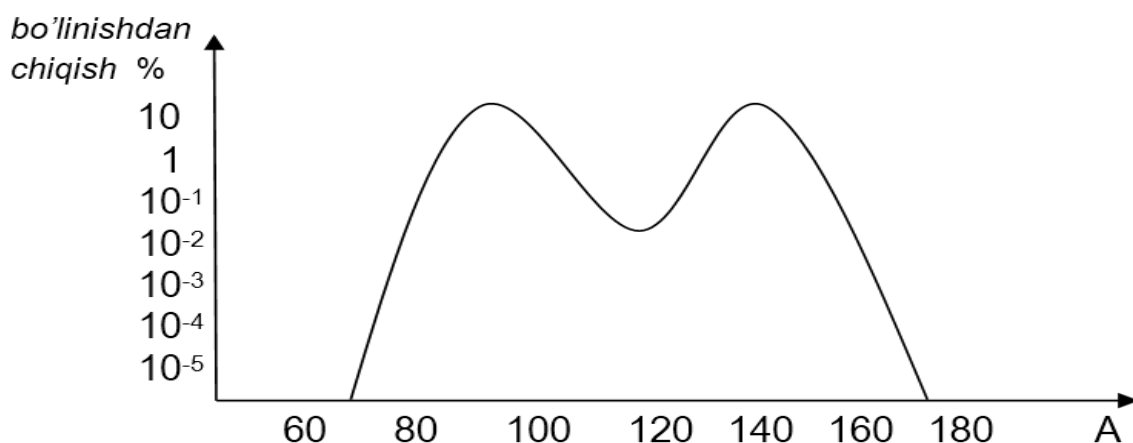
Bo'linishda ajralgan energiya uran yadrosi massasining $\sim 0,1$ foizini tashkil etadi.

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 kri'ton ($_{36}\text{Kr}$) 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.

Sifat jihatdan bo'linishning assimmetrik bo'linishi qobiq modeli bilan tushuntiriladi. Yadro uchun neytronlar soni 50 va 82 «sehrli» sonlaridan biriga yaqin bo'lgan bo'lakchalarga bo'linishi afzaldir.

Birinchi bo'lakcha neytroni 50 ga, ikkinchi bo'lakcha neytroni 82 ga yaqindir (9-rasm).



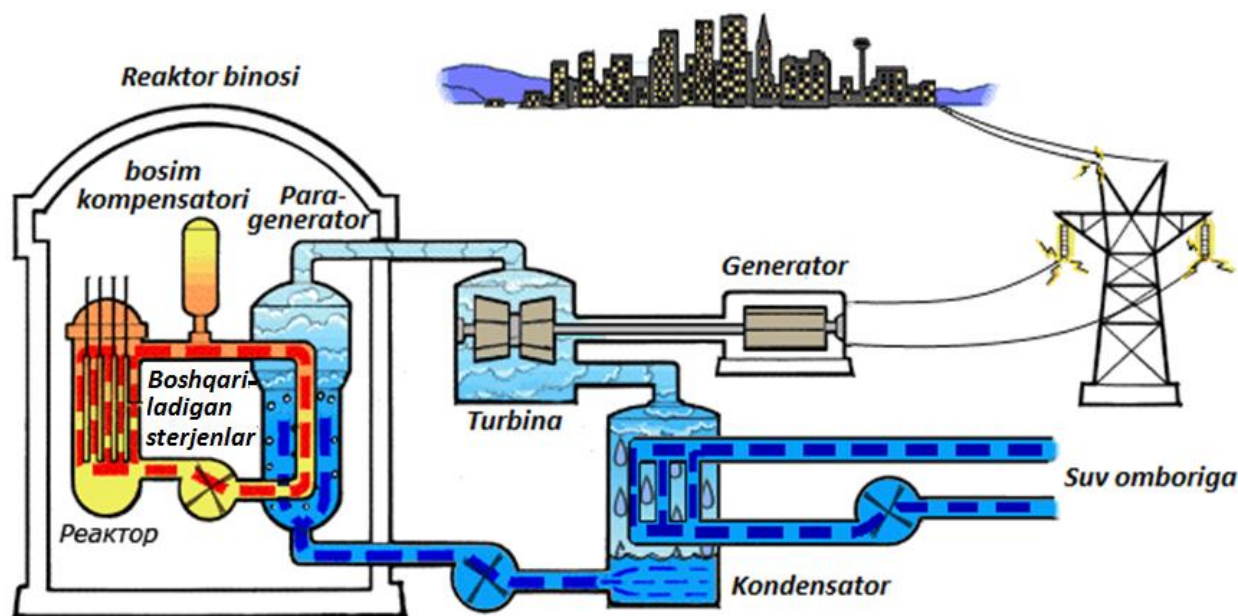
9-rasm. Uranning bo'linishida hosil bo'lgan yadrolarning massa bo'yicha taqsimlanishi [1,13].

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.

2.7. Issiq neytronlarda ishlaydigan reaktorlar

Issiqlik neytronlarida ishlaydigan reaktorning sxemasi 10-rasmda keltirilgan.



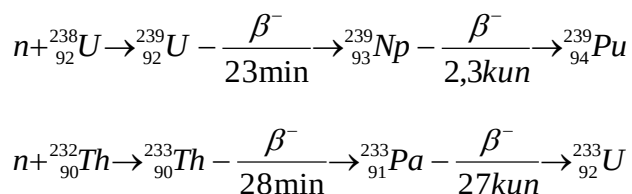
10-rasm

Reaktorning asosiy qismi aktiv zonadir. Unda zanjir reaksiya yuz berib, 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). Kanallar orqali TVELdan ajralgan issiqlikni olib ketuvchi gaz yoki suyuqlik (issiqlik eltkich) o'tkaziladi. Reaksiya intensivligi neytronlarni kuchli yutuvchi moddalardan yasalgan maxsus sterjenlar yordamida boshqariladi. Reaktor ishga tushirilishdan oldin neytronlarni yutuvchi (kadmiy yoki bor karbidi) sterjen (6) 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.

2.8. Tez neytronlarda ishlaydigan reaktorlar

Tez neytronlarda ishlaydigan reaktorlar alohida xususiyatga ega.

- 1) Yoqilg'ini yuqori aniqlikkacha tozalash talab etilmaydi. Aralashmalarda tez neytronlar kam yutiladi.
- 2) Yoqilg'i kuchli kontsentrlangan, ya'ni uran bilan boyitilgan bo'lishi kerak.
- 3) Tez neytronlarning effektiv kesimi kichik bo'lgani uchun yoqilg'ini issiq neytronli reaktorlardagidan ko'roq olish talab etiladi.
- 4) Bu reaktorlar uchun sekinlatgich talab etilmaydi. Aktiv zonaning o'lchami juda kichik, energiya ajralish zichligi yuqori 0,5 kVt/sm³ gacha yetadi.
- 5) Issiqlikni olib ketuvchi modda neytronlarni sekinlatmasligi kerak. Shu maqsadda suyuq natriydan foydalaniladi.
- 6) Tez neytronlar moddalarda yutilish ehtimoliyati kichik bo'lgani uchun reaktorni boshqarishda yutuvchi sterjenlardan foydalanib bo'lmaydi. Tez neytronli reaktorlarni boshqarish aktiv zona va neytronlar qaytargich oralarini yaqinlashtirish, uzoqlashtirish bilan olib boriladi. Tez neytronli reaktorlarni boshqarish murakkab. Lekin shunga qaramay ulardan kelajakda keng foydalanish mumkin. Chunki sekin neytronli reaktorlar uchun zarur bo'lgan ²³⁸U va ²³⁷Th element yadrolari tomonidan radiatsion yutilish natijasida yadroviy yoqilg'i sifatida ishlatish mumkin bo'lgan yangi ²³⁹Pu va ²³⁵U izotoplari hosil bo'ladi. Bunday reaktorlarga ko'paytiruvchi reaktorlar yoki brederlar deyiladi.



Tez neytronli reaktorlarga yoqilg'i sifatida ²³⁸U, (²³²Th) kam miqdorda ²³⁹Pu, (²³³U) aralashmasi joylashtiriladi. Reaktorda ajralgan energiya ²³⁹Pu bo'linishdan hosil bo'ladi, ²³⁸U esa ²³⁹Pu hosil bo'lish manbai hisoblanadi.

2.9. Atom energetikasining qulayliklari

Insoniyat doimo arzon va qulay energiya manbalariga ega bohlshga intilgan. Yadro reaktorlarining yaratilishi esa yadro energetikasining sanoatda kohlilanilishiga, yahni undan inson extiyojlari uchun foydalanishga imkon yaratdi. Yadro yonilg'isining zaxiralari kimyoviy yonilg'I zaxiralaridan yuzlab marta ko'p.

Shuning uchun elektr energiyaning asosiy kismi atom elektr stansiyalarida (AES) ishlab chikarilganda edi, bu bir tomondan elektr energiyaning tannarxini kamaytirsa, ikkinchi tomondan insoniyatni bir necha yuz yillar davomida energetika muammolaridanxalos kilan bo'lardi. AES larning kichik maydonni egallashini xam tahkidlash lozim.

Dunyoda birinchi AES 1954-yilda Obninsk shaxarida ishga tishirilgan. Undan keyin esa juda ko'' ulkan AES lar kurildi va muvaffakiyatli faoliyat ko'rsatib kelmokda.

Ko'chma atom dvigatellari. Yadro yonilg'isining yukori unumdorligi va yadro dvigatellarining mustakil ishlatish imkoniyati ulardan suvosti va suvusti kemalarida foydalanish imkoniyatini yaratadi. Xozirgi kunda "Akrika",

"Sibir" kabi kohplab atom muzyorarlari va atom reaktorlaridan energiya olib ishlovchi koh'lab suvosti kemalari faoliyat ko'rsatmokda.

AES larda texnika xavfsizligi koidalariga kathiy rioya kilish kerak. Aks xolda, bu katta xalokatlarga olib kelishi mumkin. Chernobil AES da bohlgan xalokak bunga misol bo'la oladi.

2.10. Dunyodagi AESlar tahlili

№	Mamlakatlar	Quvvati, <u>MVt</u>	Mamlakatdagi ulushi	Stantsiyalar soni	<u>Bloklar</u> soni
1	<u>Argentina</u>	935	5.91%	2	2
2	<u>Armaniston</u>	375	28.8%	1	1
3	<u>Belg'giya</u>	5 927	51.16%	2	7

№	Mamlakatlar	Quvvati, <u>MVt</u>	Mamlakatdagi ulushi	Stantsiyalar soni	<u>Bloklar</u> soni
4	<u>Bolgariya</u>	1 906	33.13%	1	2
5	<u>Braziliya</u>	1 884	3.06%	1	2
6	<u>Buyuk britaniya</u>	9 190	15.32%	8	16
7	<u>Vengriya</u>	1 889	42.10%	1	4
8	<u>Germaniya</u>	12 068	28.38%	8	9
9	Xindiston	4 391	2.85%	6	20
10	<u>Eron</u>	915	0.6%	1	1
11	<u>Is'aniya</u>	7 416	20.09%	5	7
12	<u>Kanada</u>	12 624	15.07%	6	19
13	<u>Xitoy</u>	13 792	1.92%	6	17
14	<u>Meksika</u>	1 530	3.59%	1	2
15	Niderlandiya	482	3.38%	1	1
16	<u>Pokiston</u>	725	2.60%	2	3
17	<u>Rossiya</u>	23 643	17.81%	10	33
18	<u>Ruminiya</u>	1 300	19.48%	1	2
19	<u>Slovakiya</u>	1 816	51.80%	2	4
20	<u>Sloveniya</u> <u>Xorvatiya</u>	688	37.30% 8.0%	1	1
21	<u>AQSH</u>	101 240	19.59%	66	104
22	Tayvan	5 028	19.30%	3	6
23	<u>Ukraina</u>	13 107	46.20%	4	15
24	<u>Finlyandiya</u>	2 752	28.43%	2	4

№	Mamlakatlar	Quvvati, <u>MVt</u>	Mamlakatdagi ulushi	Stantsiyalar soni	<u>Bloklar</u> soni
25	<u>Frantsiya</u>	63 130	74.12%	19	58
26	<u>CHexiya</u>	3 804	33.27%	2	6
27	<u>SHveytsariya</u>	3 278	38.01%	4	5
28	<u>SHvetsiya</u>	9 395	38.13%	3	10
29	<u>JAR</u>	1 860	5.18%	1	2
30	<u>Janubiy Koreya</u>	20 618	35.48%	6	23
31	<u>Yaponiya</u>	44 215	29.21%	17	50
	JAMI	371 923		194	436

III-BOB.RADIOAKTIV OILALAR

Radioaktiv oilalar-genetik bog'langan radioaktiv izotoplar guruhlar. Bu guruhlarda har bir keyingi izotop o'zidan oldingi izotopning α - yoki β -parchalanishi natijasida hosil bo'ladi. Har bir radioaktiv qator yarim yemirilish davri ($T_{1/2}$) katta bo'lgan izotopdan boshlanib, turg'un izotop bilan tugaydi.

Tabiatda 4 ta radioaktiv qator mavjudligi ma'lum (1-jadval). Bularidan biri uran qatori bo'lib, uning boshida uranning uzoq mavjud bo'luvchi izotopi ^{238}U ($T_{1/2}=4,51\cdot 10^9$ y.) turadi, qator qo'rg'oshinning turg'un izotopi ^{206}Pb bilan tugaydi. Ikkinchisi toriy qatori bo'lib, boshida ^{232}Th ($T_{1/2}=1,41\cdot 10^{10}$ y.) bilan boshlanadi va so'nggi mahsulot ^{208}Pb bilan tugaydi. Uchinchisi aktiniy qatori, aniqrog'i, aktinouran qatori bo'lib, uning boshida aktinouran-uran izotopi ^{235}U ($T_{1/2}=7,13\cdot 10^8$ y.) turadi va ^{207}Pb bilan tugaydi. Avvaldan ma'lum bo'lgan bu radioaktiv qatorga yana 4-oila –neptuniy qatorini ham kiritish mumkin. Neptuniy qatori ^{237}Np ($T_{1/2}=2,14\cdot 10^6$ y.) dan boshlanib, ^{209}Bi bilan tugaydi. ^{237}Np quyidagi reaksiya natijasida hosil bo'ladi: $^{238}\text{U} (n, 2n) ^{237}\text{U}-\beta^- ^{237}\text{Np}$. Bu reaksiya kosmik nurlar tarkibidagi tezkor neytronlar bilan, ^{235}U izotopning spontan bo'linishidan chiqadigan neytronlar bilan va tabiiy α -radioaktiv moddalarning yemirilishidan chiqadigan α -zarrachalar ta'sirida (α, n) hosil bo'ladigan neytronlar bilan ^{238}U izotopining bombardimon qilinishi natijasida sodir bo'ladi. Neptuniy va uning qator a'zolari tabiatda uchramaydi; ular, asosan, sun'iy ravishda (yadro reaksiyalari yordamida) olinadi.[8]

4-jadval.Radioaktiv oilalar qatori.

Qator	Eng uzoq yashovchi izotop	Yarim yemirilish davri
A=4n	$_{90}\text{Th}^{232}$	$1,4\cdot 10^{10}$ yil
A=4n+2	$_{92}\text{U}^{238}$	$4,5\cdot 10^8$ yil
A=4n+3	$_{92}\text{U}^{235}$	$7\cdot 10^8$ yil
A=4n+1	$_{93}\text{Np}^{237}$	$2,2\cdot 10^6$ yil

Radioaktiv qatorga kiruvchi har bir yadroning massa soni $A=(4n+a)$ formula bilan ifodalanadi; bu yerda n -butun son, a esa har bir radioaktiv qator uchun 0,1,2,3 qiymatlardan biriga ega bo'ladi.

Toriy qatori ^{232}Th ($4n$ qator), neptuniy qatori ^{237}Np ($4n+1$ qator), uran qatori ^{238}U ($4n+2$ qator), aktinouran qatori ^{235}U ($4n+3$ qator).

Radioaktiv qatorda massa sonining o'zgarishiga α -zarrachaning chiqib ketishi sabab bo'ladi. Agar radioaktiv qatorga kiruvchi har bir yadro α -zarracha chiqarsa, undagi zaryad (Z) 2 taga, massa soni (A) 4 taga kamayadi. β -zarracha chiqqanda, Z 1 taga ortgan holda, A o'zgarmay qoladi.

Tabiatda yarim yemirilish davri nisbatan kichik radioaktiv elementlar ham mavjud. Bular protaktiniy, aktiniy, radiy, fransiy, radon, astat va poloniy bo'lib, tabiatda kam uchraydi. Masalan, tabiatda 1 t uranga 0,34 g ^{226}Ra izotopi to'g'ri keladi ($T_{1/2}=1600$ y.). Ularning tabiatda mavjudligi radioaktiv qatorga mansubligi bilan tushuntiriladi. Bu holat radioaktiv qator vaqt o'tishi bilan asriy muvozanatning yuzaga kelishiga bog'liq. Bu muvozanat yuzaga kelganda izotopning hosil bo'lish tezligi uning parchalanish tezligiga teng bo'ladi va shu sababli bu izotop miqdori vaqt o'tishi bilan deyarli o'zgarmaydi. Bunday muvozanatning qatorda yuzaga kelish vaqti qatorning eng uzoq mavjud bo'ladigan a'zosining 10 yarim yemirilishi davriga teng.

Tartib raqami $Z \geq 81$ (Tl elementdan boshlab) bo'lgan izotoplar orasidagi genetik aloqa ancha qat'iy aniqlangan. Ba'zi bir xususiyatlarning umumiyligi uchchala radioaktiv oilani o'zaro yaqinlashtiradi.

Birinchidan, har bir oila yarim parchalanish davri Yerning yoshiga yaqin bo'lgan izotopdan boshlanadi.

Ikkinchidan, har bir oilada radon (Rn) elementining izotopi bo'lgan inert gaz hosil bo'ladi.

Uchinchidan, har bir oiladagi izotoplarning o'zgarishlari qo'rg'oshinning barqaror izotopi bilan tugallanadi. Va nihoyat, har bir oila ichidagi elementlarning massa sonlari $A=(4n+a)$ formulaga bo'ysunadi.

3.1 Uran-238 oilasi, Toriy-232 oilasi va Uran-235 oilasi.

Radioaktiv o'zgarish hamma vaqt turg'un izotop hosil bo'lishi bilan tugallanavermaydi. Ko'pchilik hollarda ketma-ket bir necha radioaktiv o'zgarish kuzatiladi. Bu holda bir-biri bilan «qarindoshchilik» aloqalarida bo'lgan radioaktiv parchalanishlarning butun bir zanjiri hosil boladi. Shuning uchun radioaktiv zanjirlar ko'pincha radioaktiv oilalar deb yuritiladi. Tabiiy radioaktiv izotoplar orasida yarim parchalanish davri Yerning yoshi ($4,5 \cdot 10^9$ yil) ga yaqin bo'lgan uchta izotop ma'lum. Bularga ^{238}U ($T_{1/2}=4,5 \cdot 10^9$ yil), ^{235}U ($T_{1/2}=7 \cdot 10^8$ yil) va ^{232}Th ($T_{1/2}=1,4 \cdot 10^{10}$ yil) kiradi. Uran oilasi uchun $a=2$; n esa $51 \leq n \leq 59$ oralig'idagi sonlarni qabul qiladi. Ushbu oilaning yemirilish sxemasi 1-rasmda keltirilgan. Endi biz uran qatorini yoki oilasini ko'rib chiqaylik. Uran-238 o'zidan alfa-zarra chiqarib uran ^{234}U elementiga aylanadi. Hosil bo'lgan uran ^{234}U elementining atom og'irligi uranning atom og'irligidan 4 ta kam bo'ladi. Bu element atom yadrosining zaryadi $Z=90$ ga teng. Uning kimyoviy xossalari toriy elementinikiga o'xshaydi. Uran ^{234}U o'z yadrosidan beta-zarra chiqarib, uran ^{234}U ga aylanadi. Uran ^{234}U ham o'zidan beta-zarra chiqarib yemiriladi. Buning natijasida kimyoviy xossalariga o'xshash, ammo atom og'irligi 234 ga teng bo'lgan uran-2 hosil bo'ladi. Uran-2 alfa-zarra chiqarib parchalanganda, atom og'irligi 230 ga teng bo'lgan, toriy elementi hosil bo'ladi.

Uran-238 ning ketma-ket parchalanishi natijasida qo'rg'oshin elementi hosil bo'ladi. Barcha yemirilishdan so'ng hosil bo'lgan qo'rg'oshinning atom og'irligi 206 ga teng bo'lib, shuni bilan bu oila tugaydi. Uran-238 radioaktiv oilasining yemirilish tafsifi 5-jadvalda keltirilgan

5- jadval. Uran-238 radioaktiv oilasining yemirilish tavsifi:

№	Oila boshlig'i	Yemiriluvchi radionuklid	Yemirilish turi	Yarim yemirilish davri	Hosil bo'luvchi radionuklid
1	$^{238}_{92}\text{U}$	$^{238}_{92}\text{U}$	α	$4,49 \cdot 10^9$ y	$^{234}_{90}\text{Th}$
2		$^{234}_{90}\text{Th}$	β^-	24,1 k	$^{234}_{91}\text{Pa}$

3		$^{234}_{91}\text{Pa}$	β^-	1,175 m	$^{234}_{92}\text{U}$
4		$^{234}_{91}\text{Pa}$	β^-	6,7 s	$^{234}_{92}\text{U}$
5		$^{234}_{92}\text{U}$	A	$2,48 \cdot 10^5$ y	$^{230}_{90}\text{Th}$
6		$^{230}_{90}\text{Th}$	A	$8 \cdot 10^4$ y	$^{226}_{88}\text{Ra}$
7		$^{226}_{88}\text{Ra}$	A	1617y	$^{222}_{86}\text{Rn}$
8		$^{222}_{86}\text{Rn}$	A	3,825 k	$^{218}_{84}\text{Po}$
9		$^{218}_{84}\text{Po}$	α, β^-	3,05 m	$^{214}_{82}\text{Pb}, ^{218}_{85}\text{At}$
10		$^{214}_{82}\text{Pb}$	β^-	26,8 m	$^{214}_{83}\text{Bi}$
11		$^{218}_{85}\text{At}$	α, β^-	1,3 s	$^{214}_{83}\text{Bi}, ^{218}_{86}\text{Rn}$
12		$^{214}_{83}\text{Bi}$	α, β^-	19,7 m	$^{210}_{81}\text{Tl}, ^{214}_{84}\text{Po}$
13		$^{218}_{86}\text{Rn}$	A	0.035 s	$^{214}_{84}\text{Po}$
14		$^{210}_{81}\text{Tl}$	β^-	1,32 m	$^{210}_{82}\text{Pb}$
15		$^{214}_{84}\text{Po}$	A	$1,637 \cdot 10^{-4}$ s	$^{210}_{82}\text{Pb}$
16		$^{210}_{82}\text{Pb}$	β^-	22,1 y	$^{210}_{83}\text{Bi}$
17		$^{210}_{83}\text{Bi}$	β^-, α	5,02 k	$^{210}_{84}\text{Po}, ^{206}_{81}\text{Tl}$
18		$^{210}_{84}\text{Po}$	A	138 k	$^{206}_{82}\text{Pb}$
19		$^{206}_{81}\text{Tl}$	β^-	4,19 m	$^{206}_{82}\text{Pb}$
20		$^{206}_{82}\text{Pb}$	Barqaror element		

Toriy-232 oilasi

Hamisha radioaktiv oilada massa sonining o'zgarishiga alfa-zarraning chiqishi sabab bo'ladi. Shuning uchun bu oilalar har bir a'zosining massa soni o'sha oilaning formulasiga mos keladi. Oilalar orasida massa soni $4n$ ga teng bo'lgan oila bu toriy oilasidir. Bu oilaning boshlig'i bo'lib, toriy elementining massa soni 232 ga teng

bo'lgan izotopi hisoblanadi. Bu oilaning boshlanishidagi toriy izotopining yarim yemirilish davri $T_{1/2} = 1,4 \cdot 10^{10}$ yilga tengdir (3-jadval). Toriy-232 ning alfa yemirilishi natijasida massa soni 228 ga teng bo'lgan radiy izotopi hosil bo'ladi. Radiy-228 izotopining yarim yemirilish davri esa 6,7 yilga teng ekan. Radiy-228 ikkita β^- -yemirilishdan keyin Th-228 aylanadi. Uning yarim yemirilish davri 7,9 yil bo'lib o'zidan α -zarra chiqarib inert gaz hisoblangan Rn-220 hosil bo'ladi. Rn-220 α -yemirilish berib Po-216 aylanadi. Po-216 bir vaqtda α va β^- yemirilish berib Pb-212 va At-216 ga o'tadi. Bu izotoplar esa α va β^- yemirilish borib Bi-212 ga aylanadi. U $T_{1/2} = 60,5$ minut bilan α va β^- zarrachalar chiqarib Tl-208 va Po-212 ga o'tadi. Bu ikki izotop bittadan α va β^- yemirilish berib qo'rg'oshinning Pb-208 barqaror izotopiga o'tadi. Shu bilan bu oilaning yemirilishi yakunlanadi.

6- jadval. Toriy-232 radioaktiv oilasining yemirilish tavsifi:

№	Oila boshlig'i	Yemiriluvchi radionuklid	Yemirilish turi	Yarim yemirilish davri	Hosil bo'luvchi radionuklid
1	${}^{232}_{90}\text{Th}$	${}^{232}_{90}\text{Th}$	α	$1,39 \cdot 10^{10}$ y	${}^{228}_{88}\text{Ra}$
2		${}^{226}_{88}\text{Ra}$	β^-	6,7 y	${}^{228}_{89}\text{Ac}$
3		${}^{228}_{89}\text{Ac}$	β^-	6,13 s	${}^{228}_{90}\text{Th}$
4		${}^{228}_{90}\text{Th}$	α	7,9 y	${}^{224}_{88}\text{Ra}$
5		${}^{224}_{88}\text{Ra}$	α	3,6 k	${}^{220}_{86}\text{Rn}$
6		${}^{220}_{86}\text{Rn}$	α	54,5 s	${}^{216}_{84}\text{Po}$
7		${}^{216}_{84}\text{Po}$	α, β^-	0,158 sek	${}^{212}_{82}\text{Pb}, {}^{216}_{85}\text{At}$
8		${}^{212}_{82}\text{Pb}$	β^-	10,6 s	${}^{212}_{83}\text{Bi}$
9		${}^{216}_{85}\text{At}$	α	$3 \cdot 10^{-4}$ s	${}^{212}_{83}\text{Bi}$
10		${}^{212}_{83}\text{Bi}$	α, β^-	60,5 m	${}^{208}_{81}\text{Tl}, {}^{212}_{84}\text{Po}$
11		${}^{208}_{81}\text{Tl}$	β^-	3,1 m	${}^{208}_{82}\text{Pb}$

12		${}^{212}_{84}\text{Po}$	A	$3,84 \cdot 10^{-7} \text{sek}$	${}^{208}_{82}\text{Pb}$
----	--	--------------------------	---	---------------------------------	--------------------------

Uran-235 oilasi

Massa soni $A=4n+c$ formula uchun $c=3$; $51 \leq n \leq 58$ bo'lgan oila aktiniy oilasi deyiladi. Aktiniy oilasi o'z nomini aktiniy elementidan olgan. Lekin keyinchalik bu oilaning bosh elementi aktinouran deb ataluvchi uran-235 izotopi ekanligi aniqlandi. Uran-235 izotopining yarim parchalanish davri 7,13 million yil bo'lib, tabiiy uranda 0,7% ni tashkil etadi. Bu izotop so'nggi vaqtlarda, ayniqsa, atom energiyasini olishda katta ahamiyatga ega bo'lib bormoqda. Aktinourandan toriy-231 hosil bo'ladi. U o'z navbatida qisqa davr-25,6 soat ichida protaktiniyga aylanadi. Protaktiniyning yarim yashash davri 34300 yil. U elementlar davriy sistemasining 91-katagiga joylashgan. Protaktiniyning atom og'irligi 231 bo'lib, tabiatdagi uran minerallari tarkibida uchraydi. Ammo uran minerallaridan ajratib olingan protaktiniyning miqdori nihoyatda oz bo'lib, milligramm hisobida o'lchanadi. Aktiniy protaktiniyning alfa-parchalanish mahsulidir.

Aktiniy beta-parchalanish natijasida radioaktiniyga aylanadi. Fransuz olimasi Margarita Pereyning ko'rsatishicha (1939 yil), aktiniyning bir qismi yemirilib, aktiniy-K elementiga ham aylanishi mumkin ekan. Shunday qilib, aktiniyning parchalanishi alfa-beta «panjasini» hosil qiladi

Aktiniy-K hozircha tabiatda uchramagan 87-nomerli elementdir. Unga fransiy (Fr) deb nom berildi. Aktiniy oilasining so'nggi mahsuli atom og'irligi 207 bo'lgan aktiniy qo'rg'oshinidir. Demak, bu oila qo'rg'oshin elementining massa soni-207 ga teng bo'lgan qo'rg'oshin elementining barqaror izotopi bilan yakunlanadi.

Boshlang'ich izotoplar yarim yemirilish davrlarini Yerning paydo bo'lish vaqti bilan solishtirishdan ko'rinadiki, Toriy Yer yuzida deyarli to'la saqlangan, uran-238 qisman yemirilgan, uran-235 ning esa uran-238 ga nisbatan katta qismi yemirilgan. Shuning uchun Yerdagi toriy miqdori ko'p, uran-235 esa uran 238 ga nisbatan 140 marta kam.

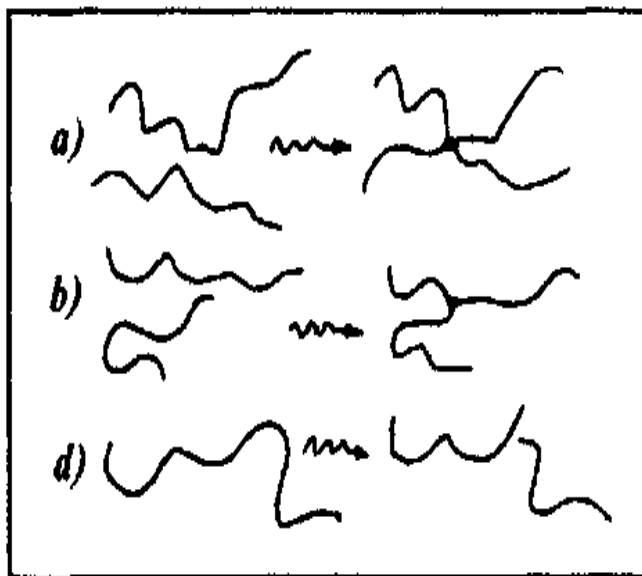
Uran-235 radioaktiv oilasining yemirilish tavsifi 7- jadvalda keltirilgan.

7-jadval. Uran-235 radioaktiv oilasining yemirilish tavsifi:

№	Oila boshlig'i	Yemiriluvchi radionuklid	Yemirilish turi	Yarim yemirilish davri	Hosil bo'luvchi radionuklid
1	$^{235}_{92}\text{U}$	$^{235}_{92}\text{U}$	A	$7,13 \cdot 10^8 \text{ y}$	$^{231}_{90}\text{Th}$
2		$^{231}_{90}\text{Th}$	β^-	25,64 s	$^{231}_{91}\text{Pa}$
3		$^{231}_{91}\text{Pa}$	A	$3,34 \cdot 10^4 \text{ y}$	$^{227}_{89}\text{Ac}$
4		$^{227}_{89}\text{Ac}$	β^-, α	22 y	$^{227}_{90}\text{Th}, ^{223}_{87}\text{Fr}$
5		$^{227}_{90}\text{Th}$	A	18,6 k	$^{223}_{88}\text{Ra}$
6		$^{223}_{87}\text{Fr}$	β^-, α	21 m	$^{223}_{88}\text{Ra}, ^{219}_{85}\text{At}$
7		$^{223}_{88}\text{Ra}$	A	11,2 k	$^{219}_{86}\text{Rn}$
8		$^{219}_{85}\text{At}$	β^-, α	0,9 m	$^{219}_{86}\text{Rn}, ^{215}_{83}\text{Bi}$
9		$^{219}_{86}\text{Rn}$	A	3,92 k	$^{215}_{84}\text{Po}$
10		$^{215}_{83}\text{Bi}$	β^-	8 m	$^{215}_{84}\text{Po}$
11		$^{215}_{84}\text{Po}$	α, β^-	$183 \cdot 10^{-3} \text{ sek}$	$^{211}_{82}\text{Pb}, ^{215}_{85}\text{At}$
12		$^{211}_{82}\text{Pb}$	β^-	36 m	$^{211}_{83}\text{Bi}$
13		$^{215}_{85}\text{At}$	A	10^{-4} sek	$^{211}_{83}\text{Bi}$
14		$^{211}_{83}\text{Bi}$	α, β^-	2,16 m	$^{207}_{81}\text{Tl}, ^{211}_{84}\text{Po}$
15		$^{207}_{81}\text{Tl}$	β^-	4,79 m	$^{207}_{82}\text{Pb}$
16		$^{211}_{84}\text{Po}$	A	0,52 sek	$^{207}_{82}\text{Pb}$
21		$^{207}_{82}\text{Pb}$	Barqaror element		

3.2 Yadroviy nurlanishning kimyoviy va biologik ta'siri.

Yadroviy nurlanish moddadan o'tayotganida unda turli kimyoviy o'zgarishlarni yuzaga keltiradi. Nurlanish molekula yoki atomlarni ionlashi, uyg'otishi, dissotsiatsiyalashi mumkin. Bunda birlamchi nurlanish zarralari qanday turda (rentgen va γ -nurlar, elektronlar, α -zarralar, protonlar, tez neytronlar) bo'lganda ham, molekulalarning kimyoviy o'zgarishiga ularning ikkilamchi (nurlanish ta'sirida yuzaga kelgan) elektronlar, bo'linish parchalari, tepki yadrolar, γ -kvantlar kabilar bilan o'zaro ta'sirlashishi sabab bo'ladi. Bunday o'zaro ta'sirning mahsulotlari: ionlar, erkin radikallar, uyg'ongan zarralar, odatda, boshqa molekulalar bilan kimyoviy reaksiyalarga kirishadi. Natijada moddaning kimyoviy tarkibi, fizik va kimyoviy xossalari o'zgarishi mumkin. Masalan, nurlanish ta'sirida polimerlar xossalari ularda ro'y beradigan radiatsion-kimyoviy reaksiyalar tufayli o'zgaradi. Yadroviy nurlanish polimer molekulalarining tuzilishini o'zgartiruvchi bir qator kimyoviy reaksiyalarni, xususan, molekulalar orasida kimyoviy bog'lanishlar (birikish) (10- a, b, rasm), molekulalarning uzilishi (destruksiya) (10- d, rasm) (rasmda molekulaning boshlang'ich va oxirgi holatlari tasvirlangan), har qanday qo'sh bog'lanishlarning hosil bo'lishi va yo'qolishi, gazsimon mahsulotlar (vodorod va boshqalar)ning ajralishi va shu kabilarni yuzaga keltiradiki, bu, o'z navbatida, polimerlarning fizik xossalarining o'zgarishiga olib keladi. Masalan, polietilen, tabiiy kauchuk, neylon kabi bir guruh polimerlar γ -nurlar bilan nurlantirilganda ularning uzilishga mustahkamligi va temperaturaga chidamliligi, materialning qattiqligi ortadi, eruvchanligi o'zgaradi. Boshqa bir guruh polimerlar, masalan, teflon, sellyuloza, butil-kauchuk kabilar borki, nurlantirish oqibatida ularning xossalari yomonlashadi: tolalarning uzilish uzunligi hamda o'rtacha uzunligi qisqaradi, yopishqoqligi kamayadi va hokazo.



10-rasm. Nurlanish ta'sirida polimerlar xossalari ularda ro'y beradigan radiatsion-kimyoviy reaksiyalar tufayli o'zgarishi.

Yadroviy nurlanish ta'sirida moddada ro'y beradigan radiatsion-kimyoviy o'zgarishlarni o'rganish ikki jihatdan ahamiyatga ega: 1. Radiatsion kimyoviy o'zgarishlar atom texnikasida yoki tabiatda bo'ladigan nurlanishlar maydonlarida ro'y beradi. Bunda eng asosiy maqsad — materiallar (atom reaktorlaridagi issiqlik uzatkichlar, nurlanish maydonlarida ishlatiladigan polimerlar va moylovchi materiallar hamda shu kabilar)ni imkoni boricha buzilish va yemirilishdan saqlash. 2. Muhim qimmatli yangi xossalarga ega materiallarni olish va yuqori samarali kimyoviy texnologik jarayonlarni yaratish.

Nurlanishning biologik ta'siri.

Radiatsion nurlanish barcha tirik obyektlarga, eng oddiysi (virus va bakteriyalar) dan tortib to insonlargacha, kuchli ta'sir qiladi, ularga shikast yetkazadi, hatto nobud qilishgacha olib keladi. Biologik obyektning nurlanishga **radiosezgirlik** deb ataladigan ta'sirchanligi va unda to'la yutilgan nurlanish dozasi obyektning shikastlanish darajasini aniqlaydigan asosiy omillardir.

Organizmning radiatsiya ta'sirida zararlanishi asosida molekulyar va hujayra strukturalar shikastlanishining birlamchi jarayonlari—atom hamda molekulalarning

ionlashishi va shu tufayli ularning kimyoviy faolligining o'zgarishi yotadi. Buning oqibatida muhim biologik makromolekulalar — oqsillar, fermentlar, nuklein kislotalar, polisaxaridlar va hokazolar nurlanish ta'sirida bir qator o'zgarishlarga, ko'proq qaytmas o'zgarishlarga duchor bo'ladi. Nurlanish ta'sirida biologik makromolekulalarda ularning biologik (fermentativ, gormonal va hokazo) faolligining yo'qolishi, depolimerlashish va, aksincha, yangi kimyoviy bog'lanishning hosil bo'lishi, dezaminlashish (kimyoviy birikmadan NH_2 aminoguruhni yulib ajratish), radiatsion oksidlanish va shu kabi o'zgarishlar yuzaga keladi.

Aniqlanishicha, organizmning temperaturasini 0,001 gradusgagina ko'tara oladigan darajada yutilgan nurlanish dozasi organizm hujayralarining hayot faoliyatini izdan chiqarish uchun yetarli ekan. Tirik hujayraning turli qismlari radioaktiv nurlanishning bir xil dozasiga nisbatan turlicha sezgir bo'ladi. Nurlanishga hujayralarning yadrolari, ayniqsa, tez bo'linadigan hujayralarning yadrolari sezgir bo'ladi.

Shuning uchun nurlanish, birinchi navbatda, organizmda ilikni shikastlaydi, buning natijasida qon hosil bo'lish jarayoni buziladi (qon saratoni kasalligiga duchor qiladi), nurlanish ovqat hazm qilish yo'lining hujayralariga — me'da va ichaklarning shilliq qatlamlariga ta'sir ko'rsatadi. Katta dozalardagi nurlanish nobud bo'lishga olib keladi, kamroq dozalarda esa qator kasalliklar (nur kasalligi) paydo bo'ladi.

Biologik himoya.

Radioaktiv izotoplar, atom reaktorlari kabi radioaktiv nurlanish manbalari bilan ishlashda nurlanishning ta'sir doirasiga tushishi mumkin bo'lgan barcha ishlovchilarni nurlanishdan himoya qilish choralarini ko'rish lozim. Radiatsion nurlanish intensivligi manbagacha bo'lgan masofaning kvadratiga teskari proporsional ravishda kamayishini nazarga olsak, muhofazaning eng oddiy usuli - odamlarni nurlanish manbayidan yetarlicha kattaroq masofaga uzoqlashtirishdir. Shu ma'noda radioaktiv preparatli ampulalarni qo'l bilan emas, balki uzun dastali qisqichlar bilan ushlash maqsadga muvofiqdir.

Radiatsiya manbayidan kerakli masofagacha uzoqlashishning imkoni bo'lmagan hollarda muhofaza qilish uchun nurlanishni yutuvchi materiallardan qilingan to'siqlardan foydalanish zarur.

Malumki, «neytral nurlanish» hisoblanuvchi rentgen nurlari, γ -kvantlar va neytronlar oqimining moddalarga kiruvchanlik qobiliyati katta. Shuning uchun ulardan muhofaza qilish ancha qiyin kechadi. Rentgen nurlari, γ -kvantlar Pb qo'rg'oshida eng ko'p yutiladi. Sekin neytronlar B borda va Cd kadmiyda yaxshi yutiladi. Tez neytronlarni bu to'siqlarga yo'naltirishdan avval grafitda sekinlashtiriladi.

α -nurlanishdan himoyalaniş ancha sodda: α -zarralarni batamom yutish uchun bir varaq qog'oz yoki bir necha santimetr qalinlikdagi havo qatlami yetarli, ammo radioaktiv manbalar bilan ishlayotganda nafas olish yoki ovqatlanish paytlarida α -zarralarning organizm ichiga kirib ketishidan ehtiyot bo'lish kerak.

β -nurlanishdan himoyalaniş uchun qalinligi bir necha santimetr bo'lgan alyuminiy, pleksiglas yoki shisha plastinkalar kifoya. Bu holda e^- — elektronlar modda bilan o'zaro ta'sirlashganda rentgen nurlanishining, e^+ — pozitronlar modda bilan ta'sirlashganda esa *bu* zarralarning elektronlar bilan annigilyatsiyalanishida γ -nurlanishning hosil bo'lishini hisobga olish lozim.

Radioaktiv izotoplarni olish

Hozirgi vaqtda fanda 107 ta kimyoviy element (106- va 107-elementlar birinchi marta sobiq Ittifoqda Dubna shahrida sintez qilingan) va ularning 1100 tadan ko'proq izotopi ma'lum. Bu izotoplarning 270 ga yaqini turg'un bo'lsa, 40 taga yaqini tabiiy radioaktivlik va 800 taga yaqini sun'iy radioaktivlik xossasiga ega.

Radioaktiv izotoplar ko'proq sun'iy yo'l bilan olinadi. Bunda yadro reaktorlari va elementar zarralar tezlatkichlaridan foydalaniladi. Yadro reaktorlari kanallarida kimyoviy elementlar nurlatilib, fosfor- $^{32}_{15}\text{P}$, molibden- $^{99}_{42}\text{Mo}$, texnisiy- $^{99}_{43}\text{Tc}$, oltin- $^{198}_{79}\text{Au}$, yod- $^{131}_{53}\text{J}$, yod- $^{125}_{53}\text{J}$, stronsiy- $^{89}_{38}\text{Sr}$, va boshqa shu kabi izotoplar olinadi. Elementar zarralar tezlatkichlari (siklotron)da kobalt- $^{57}_{27}\text{Co}$, palladiy- $^{103}_{46}\text{Pd}$, yod- $^{123}_{53}\text{J}$, va hokazo izotoplar olinadi. Bu izotoplar

asosida fan va texnika, xalq xo'jaligi, tibbiyot tarmoqlarida ishlatiladigan radiokimyoviy birikmalar tayyorlanadi.

Har bir radioaktiv izotop faqat o'ziga xos, individual xarakterdagi nur chiqaradi va uning o'rtacha yashash vaqti ham shu izotopgagina xos bo'ladi. Radioizotoplarning atomlari ana shu xossasi bilan boshqa izotoplar atomlaridan farq qiladi, u bamisoli «nishonlangan» bo'ladi.

Hozirgi vaqtda fizik olimlar radioaktiv izotoplarni olish va ulardan hamda radioaktiv nurlanish energiyasidan fan va xalq xo'jaligining turli sohalarida foydalanish maqsadida ilmiy va amaliy tadqiqot ishlari olib bormoqdalar. Jumladan, O'zbekiston olimlari ham mana bir necha o'n yildirki, shunday tadqiqot ishlari bilan shug'ullanib kelmoqdalar. O'zbek (fizik, genetik, fiziolog, biolog, tibbiyot, texnik, kimyogar) olimlari amalga oshirgan va oshirib kelayotgan ishlarning ba'zilari bilan tanishib chiqsak, sun'iy radioaktiv izotoplar va radioaktiv nurlanish energiyasidan qanday maqsadlarda va qanday usullar bilan foydalanish mumkinligi haqida tasavvur hosil qilamiz.

Radioaktiv nurlanish energiyasidan foydalanish.

Sun'iy radioaktiv izotoplar nurlayotgan yadro energiyasining qo'llanishi g'oyat turli-tumandir. Sanoat tarmoqlarida radioaktiv nurlanishdan ba'zi texnologik jarayonlarni avtomatik boshqarishda (gamma- rele, beta- rele), gazning sifati va bosimini aniqlashda, konveyerdan o'tayotgan mahsulotni sanashda, po'lat prokatning markirovkasini avtomatik tekshirib tartibga solishda va hokazolarda keng qo'llaniladi. Masalan, respublikamizdagi Oltintopgan qo'rg'oshin-rux kombinatida pulpa (metallni ajratib olish yoki metall bilan boyitish uchun suv yoki suyuq erituvchilar bilan suyultirilgan mayin maydalangan ruda) zichligini radioaktiv asbob yordamida tekshirib, avtomatik tartibga solib turiladi. Bu esa konsentrat tarkibidagi mineralni ko'paytirishga imkon beradi.

Radioaktiv nurlardan metallurgiya korxonalarida muvaffaqiyatli foydalanilmoqda. Radioaktiv nur yordamida metallning ichki tuzilishini ko'zdan kechirish, metallda kavakchalar, darzlar, pufakchalar bor-yo'qligini, quymaning bir

tekis chiqqan-chiqmaganligini, payvandlangan chokning bir tekisligini va sifatliiligini aniqlash mumkin.

Kabelning ulangan joyini topadigan avtomat yaratildi. Unda qo'llanilgan radioaktiv usul kabelning ulog'ida gamma-nurlarning yutilishiga asoslangan.

Radioaktiv nurlanish energiyasidan farmatsevtika sanoatida dori preparatlarni, konserva ishlab chiqarishda mahsulotlarni sterillash maqsadida foydalaniladi.

Har doim ham yadro nurlanishlari ta'siri zararli bo'lavermaydi. Bundan tibbiyotda turli kasalliklarni davolashda foydalaniladi. Masalan, inson organizmidagi zararli shishlarni terapevtik γ -nurlantirib, o'sishi to'xtatiladi.

Qishloq xo'jaligida radioaktiv izotoplar vositasida o'simliklarning tezpisharlik, sovuqqa chidamlilik, kasalliklarga qarshi barqarorlik va shu kabi ba'zi irsiy xususiyatlariga kerakli yo'nalishda o'zgarish kiritish maqsadida o'simliklarning urug'lari va o'zlari nurlantiriladi. Masalan, ekish oldidan chigitni gamma-nurlar va neytronlar bilan nurlantirish chigitning unuvchanligiga, g'o'zaning o'sib-rivojlanishiga, ko'sak tuguviga hamda chigitning seryog' bo'lishiga ijobiy ta'sir etishi isbotlandi.

Shuningdek, gamma-nurlar bilan ta'sir etilgan pillaning po'sti yaxshi tortilishi sababli ko'proq xom ipak chiqishi, tortishda ipak kam uzilishi, tortilib chiqadigan ipakning umumiy va uzluksiz uzunligining oshishi, gamma-nurlar bilan nurlatilgan tut bargi bilan boqilgan ipak qurtlarining pilla o'rashi ko'payishi, qurtlarning yashash qobiliyati yaxshilanishi aniqlandi.

“Nishonli atomlar” usulidan foydalanish.

«Nishonli atomlar» usuli radioaktiv izotoplarning kimyoviy xossalari o'sha elementning radioaktiv bo'lmagan izotoplarining kimyoviy xossalari bilan farq qilmasligiga asoslangan. Radioaktiv izotoplarni ularning nurlanishiga qarab osongina payqash mumkin. «Nishonli atomlar» usuli biologiya, fiziologiya, tibbiyot va boshqa sohalarda ko'plab muammolarni hal qiltshda eng samarali usul bo'lib hisoblanadi. Bu usulning mohiyati quyidagidan iborat.

Yarim yemirilish davri katta bo'lmagan radioaktiv izotopning mikroskopik dozasini tekshirilayotgan sistema qismlarining biriga, masalan, o'simlik ildizi

yaqinidagi tuproqqa, suv yoki havo oqimiga, tirik organizm to'qimalariga va hokazolarga kiritiladi. So'ngra radioaktiv nurlanish schyotchigi yoki boshqa biror qayd qiluvchi asbob yordamida berilgan sistemaga kiritilgan izotopning ko'chishi kuzatiladi. Bu kuzatishlarning natijalari tahlil qilinib, tekshirilayotgan sistemada o'tadigan jarayonlar to'g'risida boshqa bironta hozirgi usullar vositasida o'rganib bo'lmaydigan muhim ma'lumotlar olinadi.

Hozirgi kunda YaFI ning «Radiopreparat» korxonasida yod-131 bilan nishonlangan natriyli izotopik eritma, kapsulalarda natriyli yod, natriyli ortogippurat, albumin, albumin makroagregati kabi radiofarmatsevtik preparatlar ishlab chiqarilmoqda. Bu preparatlar organizmdagi qalqonsimon va so'lak bezlari, bosh miyadagi, jigar va taloqdagi shishlar, sirroz, gepatit, o't pufagi va boshqa kasalliklarni tashxis qilish va davolash uchun ishlatiladi. Fosfor-32 izotopi bilan nishonlangan natriy fosfat in'eksion eritmasi suyak metastazi (mikroblar yoki shish hujayralarining qon yoki limfatik yo'li bilan boshlang'ich joyidan organizmning boshqa joylariga ko'chishi)ni tashxis qilish va davolashda qo'llaniladi va hokazo. Qishloq xo'jaligida fosfor-32 izotopi bilan nishonlangan qo'shsuperfosfat o'simliklarda fosforning migratsiyasini o'rganish uchun qo'llaniladi.

Ma'limki, neft va tabiiy gaz uzoq masofalarga po'lat quvurlar orqali uzatiladi. Biror sababga ko'ra (quvurlarning biron joyi darz ketishi yoki ular bir-biriga yaxshi ulanmaganligi, yoxud eskirib, zanglab ketishi sababli) quvurlardan gaz sizib chiqishi mumkin. Hozir gaz sizib chiqayotgan joyni tezda topish mumkin. Buning uchun quvur ichidan oqayotgan moddaga (bizning misolimizda gazga) ozgina radioaktiv qo'shimcha qo'shiladi. Gaz sizib chiqayotgan joyga yetganda radioaktiv izotop tuproqqa o'tadi, nurlanishni qayd etuvchi ko'chma asbob esa bu joyni darhol aniqlab beradi.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, radioaktiv izotoplar va nurlanish energiyasining qo'llanilishi haqida yuqorida keltirilgan g'oyat qisqa ma'lumotlar ularning xalq xo'jaligidagi ahamiyati juda muhim ekanligini ko'rsatadi. Shu sababli hozirda ma'lum usullar va asboblardan yanada kengroq foydalanish va ularni tako-

millashtirish, yangilarini yaratish xalq xo'jaligi uchun nihoyatda muhim masalalardan hisoblanadi.

3.3 Radioaktiv nurlanishlardan saqlanish.

Radioaktiv nurlanishlar va ularning xossalari

Radioaktivlik— atom yadrolarining ion nurlanishlari chiqarishi natijasida boshqa bir atom yadrolarining hosil qilishidir. Radioaktiv nurlanishlar ionlovchi nurlanishlar deb ataladi, chunki bu nurlar ta'sir etgan moddalar atom va molekulalarida ionlar hosil bo'ladi. Bunday ionlovchi nurlanishlarga rentgen nurlari, radio va gamma nurlari, alfa va beta nurlari, shuningdek, neytron oqimlari kiradi. Alfa nurlari katta ionlashtirish xususiyatiga ega bo'lgan, harakat doirasi katta bo'lmagan geliy atom yadrosining musbat zaryadlangan zarrachalari hisoblanadi. Harakat doirasi katta bo'lmaganligi sababli inson teri qavatigagina ta'sir qilib, terini yorib kira olmaydi, shuning uchun ham uncha zararli emas. Beta nurlari radioaktiv moddalarning atom yadrolari tarqatadigan elektron yoki pozitron oqimidir. Bu nurlarning harakat doirasi ancha keng va yorib kirish qobiliyatiga ega. Shu sababli ham inson uchun xavflidir. Gamma nurlari ionlash qobiliyati katta bo'lsa-da, katta yorib kirish kuchiga ega bo'lib, yadro reaksiyalari va radioaktiv parchalanish natijasida vujudga keladigan yuqori chastotadagi elektromagnit nurlari hisoblanadi. Rentgen nurlari moddalarni elektron oqimlari bilan bombardimon qilganda ajralib chiqadigan elektromagnit nurlaridir. Ularni har qanday elektrovakuum qurilmalarida hosil qilish mumkin. Bu nurlarning ionlanish xususiyatlari oz bo'lsa-da, yorib kirish xususiyati nihoyatda katta.

Radioaktiv nurlarning inson organizmiga ta'siri

Radioaktiv moddalar ma'lum xususiy xossalari ega bo'lib, inson organizmiga ta'sir qilishi natijasida xavfli vaziyat vujudga kelishi mumkin. Radioaktiv moddalarning eng xavfli tomoni shundaki, uning ta'sirini inson organizmidagi sezish organlariga sezilmaydi. Ya'ni inson radioaktiv nurlar ta'sirida uzoq vaqt ishlashiga qaramasdan, ularning zararli ta'sirlarini mutlaqo sezmasligi mumkin. Buning natijasi esa ayanchli tugaydi. Shuning uchun ham radioaktiv

moddalar bilan ishlaganda , ayniqsa , o'ta ehtiyotkor bo'lish kerak. Inson organizmining radioaktiv nurlanishi ichki va tashqi bo'lishi mumkin . Tashqi tomondan nurlanish ma'lum tashqi nurlanuvchi manba ta'sirida kechganligi sababli, tarqalayotgan nurlarning kirib borish kuchi katta ahamiyatga ega. Kirib borish kuchi yuqori bo'lgan nurlarning organizmga zarari ham kuchliroq bo'ladi. Ichki nurlanish nur tarqatuvchi moddalar inson organizmining ichki tizimlariga, masalan, yemirilgan teri qatlamlari orqali qonga, nafas olish a'zolari, o'pkaga va shilimshiq moddalarga, ovqat hazm qilish a'zolariga tushib qolgan taqdirda ro'y beradi. Bunda nurlanish nur tarqatuvchi modda qancha vaqt nurlansa yoki qancha vaqt davomida organizmda saqlansa, shuncha vaqt davom etadi. Shuning uchun ham radioaktiv moddalarning katta parchalanish davriga va kuchli nurlanishga ega bo'lganda, ayniqsa, xavfli hisoblanadi. Radioaktiv nurlanishlarning biologik ta'siri organizmdagi atom va molekulalarning ionlanishi sifatida tavsiflanadi va bu o'z navbatida har xil kimyoviy birikmalar tarkiblarining o'zgarishiga va normal molekulyar birikmalarda uzilishlar bo'lishiga olib keladi. Bu o'z navbatida tirik hujayralardagi modda almashinuvining buzilishiga va organizmda biokimyoviy jarayonlarning ishdan chiqishiga sabab bo'ladi. Katta kuchdagi nurlanish ta'siri uzoq vaqt davom etsa, ba'zi bir hujayralarning halokati kuzatiladi va bu ayrim a'zolarining, hattoki, butun organizmning halokati bilan tugaydi. Radioaktiv nurlanishlar ta'sirida organizmning umumiy qon aylanish tizimining buzilishi kuzatiladi. Bunda qon aylanish ritmi susayadi, qonning quyilish xususiyati yo'qola boradi, qon tomirlari, ayniqsa, kapilyar qon tomirlari mo'rt bo'lib qoladi, ovqat hazm qilish a'zolarining faoliyati buziladi, odam ozib ketadi va organizmning tashqi yuqumli kasalliklarga qarshi kurashish qobiliyati kamayadi. Radioaktiv moddalaning qo'lga ta'sir qilishi oldin sezilmaydi. Vaqt o'tishi bilan qo'l qurushqoq bo'lib qoladi, unda yorilishlar kuzatiladi, tirnoqlar tushib ketadi. Radioaktiv nurlarning alfa va beta nurlari tashqaridan ta'sir ko'rsatganda organizmning teri qavati yetarlicha qarshilik ko'rsata oladi. Ammo bu radioaktiv nurlar ovqat hazm qilish a'zolariga tushib qolganda ularning zararli ta'siri kuchayib ketadi. Ko'pchilik radioaktiv moddalar organizmning ba'zi bir qismlarida yig'ilish xususiyatiga ega.

Masalan, jigar, buyrak va suyaklarda yig'ilishi butun organizmni tezda ishdan chiqaradi. Ba'zi bir radioaktiv moddalar zaharli bo'lib, ularning zaharlilik darajasi eng xavfli zararli moddalarnikidan ham yuqori bo'ladi.

Organizmning nurlanish dozasini hisobga olib radioaktiv moddaning inson organizmidagi miqdorini baholash mumkin.

Nurlanish normalari

Radioaktiv izotoplar bilan ish bajariladigan sanoat korxonalarida, bu korxonalarda to'g'ridan-to'g'ri shu izotoplar bilan ishlayotganlardan tashqari, qo'shni xonalarda boshqa ishlar bilan shug'ullanayotganlar, shuningdek, sanoat korxonasi joylashgan zonada yashovchilar ham bir muncha radioaktiv nurlanishlar ta'siriga tushib qolishlarini hisobga olish kerak.

Ishchilari va boshqa ishlar bilan radioaktiv zonalarda shug'ullanayotgan va yashayotgan shaxslarning xavfsizligini ta'minlashning asosiy vositalari: xavfsiz oraliq masofalari bilan ta'minlash, nurlanish vaqtini kamaytirish, umumiy muhofaza vositalari va shaxsiy himoya vositalaridan foydalanishdir. Bunda, radioaktiv nurlanishlar miqdorini o'lchash asboblaridan foydalanib nurlanish dozasini bilish muhim ahamiyatga ega.

Ionlashtirilgan nurlanishlardan ishchilarni saqlash qoida va normalari hamda qo'llaniladigan himoya vositalari juda xilma-xildir. Asosiy normalovchi hujjat sifatida quyidagilardan foydalaniladi: «Radioaktiv xavfsizlik normalari (NRB-76)». «Radioaktiv moddalar va boshqa ionlashgan nurlanish manbalari bilan ishlovchilar uchun asosiy sanitariya qoidalari» (OSP-72); GOST 12.2.018-76 «SSBT. Rentgen qurilmalari. Xavfsizlikning umumiy talablari»; GOST 17.4.001-75 «SSBT. Ishchilari muhofaza qilish vositalari. Sinflari». Joriy qilingan normalar bo'yicha nurlanishning yo'l qo'yiladigan dozasi (YQD), shuningdek, ishlovchi uchun bir yillik nurlanish darajasi 50 yil davomida organizmda yig'ilgan taqdirda uning sog'lig'iga va avlodlari sog'lig'iga zarar yetmaydigan miqdorlari belgilangan .

Radioaktiv nurlanishlar kishi organizmining hammasiga birdan ta'sir ko'rsatmasdan, ba'zi bir a'zo va hujayralarini ko'proq zararlashi aniqlangan. Shuning uchun ham nurlanishning umumiy dozasi emas, balki organizmning qaysi qismida

radioaktiv nurlanuvchi moddalar yig'ilganligi hisobga olinadi. Chunki bu yig'ilgan qismlardagi radioaktiv moddalar butun organizm falokatini ta'minlashi mumkin. Shuning uchun radioaktiv nurlanishlar xavfsizlik normalari NRB-76 bo'yicha, yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan dozalari (YQD) ichki va tashqi nurlanishlar bo'yicha belgilanganda, nurlanuvchilar toifasi va xavfli a'zolar hisobga olinadi.

A-toifasi: ionli nurlanishlar manbalarida mehnat qilganliklari sababli, nurlanish ta'siriga duchor bo'lishi mumkin bo'lgan shaxslar.

B-toifasi: nurlanishlar bilan ish olib boriladigan sanoat korxonasi joylashgan joyda yoki unga yaqin zonlarda yashovchi shaxslar.

D-toifasi: mamlakatning hamma aholi yashash punktlari.

Ichki va tashqi nurlanishlar uchun yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan doza (YQD) inson organizmining muhim qismlarini 3 guruhga bo'lish bilan belgilanadi:

1) butun tana, qizil suyak iligi;

2) muskullar, qalqonsimon bez, yog to'plovchi hujayralar, jigar, buyrak taloq, ovqat hazm qilish a'zolari, o'pka, ko'zqorachig'i va boshqalar.

3) suyak to'qimalari, qo'l terisi, yelka, boldir va tovonlar.

A va B toifasiga kiradigan ishchilarning muhim xavfli a'zolarining ichki va tashqi nurlanishda yo'l qo'yiladigan dozasi quyidagicha:

Nurlanish ta'siridagi kishilar toifalari	Yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan doza (yiliga bor hisobida, xavfli organlar guruhlari uchun)		
	I	II	III
A	5	15	30
B	0,5	1,5	3

Har qanday holatda ham 30 yil davomida yig'ilgan doza yo'l qo'yish mumkin bo'lgan dozadan 12 martadan ko'p o'lmasligi kerak. Nurlanishning yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan dozasi A toifasidagi ishchilar 1 toifa a'zolari uchun quyidagi formula bilan aniqlanadigan dozadan ortib ketmasligi kerak.

$D < 5(N - 18)$, bunda, D — doza; N — ishchining yoshi, yil

Ishchilarning ichki nurlanishlarini kamaytirish uchun radioaktiv moddalarini ochiq holatda ishlatishga yo'l qo'ymaslik, odam ichki a'zolariga, xonadagi havo muhitiga tushib qolmasligini ta'minlash, shuningdek, radioaktiv moddalar bilan qo'l, kiyim va xonadagi jihozlar yuzasini zararlanishdan saqlash kerak.

Ochiq holda ishlatilganda ichdan nurlantirish xavfi bo'lgan radioaktiv moddalar besh guruhga bo'linadi: A- nihoyatda yuqori nurlanish aktivligiga ega bo'lgan izotoplar; B-yuqori nurlanish aktivligiga ega bo'lgan izotoplar; D- o'rtacha nurlanish aktivligiga ega bo'lgan izotoplar; E-kichik nurlanish aktivligiga ega bo'lgan izotoplar; F-nurlanish aktivligi juda kam bo'lgan izotoplar.

Radioaktiv moddalar bilan ochiq holda ishlaganda ularning zararli nurlanish aktivligiga qarab uch sinfga bo'linadi. Zararli nurlanish aktivligi bo'yicha III-IV-sinfga mansub moddalar bilan kimyo laboratoriyalarida ishlash mumkin. I va II sinf moddalar bilan esa maxsus jihozlangan ma'lum sanitariya-gigiena va texnik talabga javob beradigan xonalarda ish olib borish tavsiya etiladi. III-IV-sinf moddalarni ishlatganda ba'zi bir yengil operatsiyalarni ish stolida, asosan, maxsus shamollatiladigan shkaflarda bajariladi. I va II sinf radioaktiv moddalar bilan ishlash asosan shamollatiladigan shkaflarda yoki maxsus bokslarda amalga oshiriladi.

Radioaktiv moddalar bilan ishlaganda, radioaktiv modda zararlari ish joylarini, odamning qo'llari va boshqa ochiq tana qismlariga o'tirib qolishi, havo muhitiga o'tib qolishi va u yerda radioaktiv nurlanish manbalari hosil qilishi mumkin. Shuningdek, bu radioaktiv changsimon moddalar nafas yo'llari yoki teri orqali organizm ichki a'zolariga kirib qolishi mumkin.

Terining nurlanish dozasini katta aniqlik bilan hisoblash imkoniyatlari bor. Buning uchun ish bajarilayotgan zonaning zararlanish darajasi aniqlanadi. Bunda ishlatilayotgan moddaning aktivligi va zararlangan yuzaning kattaligi hisobga olinadi.

Ichdan nurlanish dozasini hisoblash ancha qiyin, chunki u bir qancha omillarga bog'liq. Teri, shaxsiy muhofaza aslahalari va xonalar ishchi yuzalarining yo'l qo'yiladigan zararlanish darajasi aniqlanmaydi. Bular radioaktiv moddalar bilan ishlashda orttirilgan tajribalarga asoslangan sanitariya qoidalarida belgilanadi.

Radioaktiv nurlanishlarga qarshi kurash chora-tadbirlari.

Radiaktiv moddalar bilan ishlayotgan ishchilarni nurlanishdan muhofaza qilishning turli xil usullaridan foydalaniladi. Bunda nurlanish tashqi va ichki bo'lishini hisobga olinishi zarur. Tashqi nurlanishlardan saqlashda asosan nurlanish vaqtini belgilash nurlanayotgan modda bilan ishchi orasidagi masofani saqlash va ekranlar yordamida to'siq vositalaridan foydalaniladi. Ishchining radioaktiv nurlanish zonasida bo'lish vaqti, uning yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan dozada nurlanish olish vaqtidan oshirmasligi kerak. Nurlanish intensivligi nurlanayotgan modda bilan ishchi orasidagi masofa kvadratiga teskari proporsional ekanligini hisobga olganda, ma'lum masofada turib ishlaganda ekranlardan foydalanmasa ham bo'ladi. Muhofaza ekranlari konstruksiyalari har xil bo'lib, ularning bir joyga o'rnatilgan, harakatlantiradigan, qismlarga bo'linadigan va stol ustida ishlatiladigan turlari bo'ladi. Muhofaza ekranlari har xil moddalarning nurlanish zarralarini o'tkazmaslik xususiyatiga asoslangan. Ekran qalinligini uning muhofaza qilishi zarur bo'lgan nurlanuvchi modda intensivligini hisobga olgan holda ma'lumotnomalarda keltirilgan jadval va nomogrammalar asosida qabul qilinadi.

Alfa nurlanishlardan saqlanishda ekran qarshiligini hisoblashning ehtiyoji yo'q. Chunki bu nurlanishlar harakat doirasi eng kuchli radioaktiv moddalarda ham 55 mmdan oshmaydi. Alfa nurlanishlarni oyna, pleksiglaz, folganing eng yupqa xili ham ushlab qolish imkoniyatiga ega.

Beta nurlanishlardan muhofaza qilishda beta nurlarining harakat masofalarini hisobga olgan holda ekran moddasi va qalinligi tanlanadi.

Gamma nurlanishlardan muhofaza qilishda og'ir metallardan foydalanish kerak. Masalan, qo'rg'oshin, volfram va boshqalar yaxshi natija beradi. O'zlarining muhofazalanish xususiyatlariga ko'ra o'rtacha og'irlikdagi metallar ekran sifatida yaxshi natija beradi (po'lat, cho'yan, mis birikmalari va boshqalar).

Ekranlar yordamida ish joylaridagi nurlanishni xohlagan miqdorda kamaytirish imkoniyatlari bor. Rentgen qurilmalarini ishlatganda ikki xil nurlanish hosil bo'ladi. Bular to'g'ri tushayotgan nurlar va har xil yuzalarga tushib qaytgan nurlardir. Ish

bajarilayotgan vaqtda bu nurlarning ikkalasidan ham muhofazalanish chora-tadbirlarini ko'rish kerak.

Muhofaza ekranlarining puxta ishlayotganligi o'lchash asboblari yordamida tekshirib turiladi. Yopiq holatdagi nurlanuvchi moddalar bilan ishlaganda asosan tashqi nurlanishlarga qarshi muhofaza aslahalaridan foydalaniladi.

Sanoat korxonalari sharoitida ishchilar metall va kristallarning tarkibi tahlilini o'tkazayotgan vaqtda rentgen nurlanishlariga yoki lampa generatorlar ta'sirida tushib qolishlari mumkin. Ishchilarning rentgen nurlari ta'sirida kasallikka chalinib qolmasliklarini ta'minlash uchun ish bajariladigan xonalarni rentgen nurlarini o'tkazmaydigan materiallardan tayyorlangan ekranlar bilan to'sish lozim. Qo'rg'oshin plastinkalari, qo'rg'oshinlashtirilgan rezina materiallari bunday nurlarni yutish qobiliyatiga ega.

Rentgen qurilmalarini quruq, yog'och polli xonalarga o'rnatish kerak. Bu xonalarning shamollatish darajasi 3—5 dan kam bo'lmasligi kerak. Ochiq holatdagi radioaktiv moddalar bilan faqat bosimi kamaytirilgan, mustahkam yopiladigan shkaf, boks va kameralarda ish bajarish kerak. Qurilmaning mustahkam berkitilganligi tekshirib turiladi.

Ish bajarish joylariga qo'lqoplar o'rnatib qo'yilgan bo'ladi. Bunday qurilmalar uchun bosim kamaytirilishi 200 Pa dan kam bo'lmasligi va bu tekshirib turilishi kerak. Izotoplar bilan bajariladigan har xil operatsiyalarni bokslarda bajarish tavsiya etiladi. Bokslar pleksiglaz, alyuminiy, zanglamaydigan po'lat bilan qoplangan berk kameralardan iborat bo'lib, unga rezina qo'lqop yoki manipulyatorlar o'rnatilgan bo'ladi. Boks ichidagi bosim ma'lum miqdorda kamaytirilgan bo'lib, bosim o'lchash asboblari bilan tekshirib turiladi. Bu qurilmalar radioaktiv moddalar yordamida turli vazifalarni bajarish imkoniyatini beradigan qurilmalar bilan jihozlanadi.

Radioaktiv moddalar bilan ish bajariladigan binolarning devorlari, pol, shift va eshiklari tekis va silliq bo'lishi kerak. Hamma burchaklar, radioaktiv moddalardan tozalash oson bo'lishi uchun yarim aylana shakliga keltiriladi. Xonalarda shaxsiy muhofaza vositalari uchun havo berish tizimlari tashkil qilinadi. Bino maxsus sanitariya-gigiena jihozlariga ega bo'lishi kerak. Bular — yuvinish qurilmalari, dush

xonalari, suv ichish favvorolari va boshqalardir. Bu qurilmalar tuzilishiga ko'ra shunga o'xshash sanitariya-texnik qurilmalaridan bir muncha farq qiladi. Masalan, qo'l yuvish qurilmalarida kran o'rniga pedal o'rnatiladi. Shuningdek, bu xonalarda albatta issiq suv ta'minoti bo'lishi shart. Kanalizatsiya tizimlari zararsizlantirish qurilmasiga ega bo'ladi. Radioaktiv moddalar maxsus zich yopiladigan idishlarda saqlanadi. Radioaktiv moddalar bilan ish bajariladigan va ular saqlanadigan binolar eshiklariga radioaktiv xavf belgisi qo'yiladi.

O'lchash asboblari.

Nurlanishlar bilan ish olib borayotganda inson organizmiga ta'sir ko'rsatayotgan nurlanish dozasini va ish joylaridagi nurlanish miqdorini bilib turish katta ahamiyatga ega. Shuning uchun ham o'lchov asboblari katta ahamiyat beriladi.

O'lchash asboblari ishlash tizimi ionlanish, sintilatsiya va fotografiya usullariga asoslangan. Ba'zi bir gazlar radioaktiv nurlar ta'sirida elektr o'tkazuvchan bo'lib qolish qobiliyatiga ega. Ionizatsiya usuli shunga asoslangan. Sintilatsiya usuli esa gaz, kristall va eritmalarning ionlashtirilgan nurlanishlari yutishi natijasida ko'rinadigan nurlar tarqatish xossasiga asoslangan. Fotografiya usuli ionlovchi nurlanishlar fotoemulsiyaga ta'sir ko'rsatishiga qarab belgilanadi.

O'lchash asboblari radioaktivlikni yoki zararlanish dozasini o'lchaydigan turlarga bo'linadi. Radiometrik asboblari radioaktiv moddalar qancha zarrachalar va kvantlar ajratayotganini o'lchaydi.

Dozimetrik asboblari esa ionlashtirilgan nurlanishlar qancha energiyani uzatayotgani yoki obyektga tushayotganini o'lchaydi. Radiometrik va dozimetrik asboblari umuman sanoat korxonalari holatini o'lchash uchun hamda shaxsiy nazorat vositasi sifatida ishlatilishi mumkin. Shaxsiy nazorat har bir ishchi uchun ishlayotgan davridagi ma'lum vaqtlarda (masalan, kun yoki hafta davomida) nurlanishlar darajasini aniqlash imkoniyatini beradi.

Dozimetrlar ishchi tanasining eng ko'p nurlanish olishi mumkin bo'lgan qismiga o'rnatiladi.

XULOSA

Ushbu bitiruv ishim asosan fizikaning katta rivojlangan yo'nalishi bo'lgan yadro fizikasiga qaratilgan. Ya'nikim, olamni fizikaviy tasavvur qilishning yangi formalarini vujudga kelishi, bu bilan bevosita aloqadordir. Olam shunchalik turli-tumanki, barcha jismlar birgina mayda zarralardan tuzilmaganligiga hech qanday shubha yo'q. Biroq ajablanadigan joyi shundaki, yulduzlarning moddasi xuddi yerning moddasi singaridir. Koinotdagi barcha jismlarni hosil qiluvchi atomlar mutlaqo bir xil tuzilishga ega. Jonli organizmlar ham xuddi jonsiz organizmlar kabi tuzilgan atomlardan iborat.

Olamning yagonaligi materiya tuzilishining birligi bilangina cheklanib qolmaydi. Olamning yagonaligi zarralarning harakat qonunlarida va ularning o'zaro ta'sir qonunlarida ham namoyon bo'ladi.

Materiyani uzlukli tuzilishiga ega bo'lgan moddaga va uzluksiz maydonga bo'linishi o'zining absolyut ma'nosini yo'qotdi. Har bir maydonga shu maydonning o'z zarralari (kvantlari) mos keladi: elektromagnit maydonning zarrasi fotonlar, yadro maydonining zarrasi π -mezonlar yanada chuqurroq sathda esa glyuonlar va hokazo.

Mikrofizika ana shu zarralarning qonunlari va ularning bir-biriga aylanishlari bilan shug'ullangan bo'lsa, xuddi shuningdek, sirdan qaraganda, Olam evolyutsiyasining umumiy qonunlari elementar zarralardagi jarayonlarga kam aloqasi borday tuyulgan bo'lsada, endi ularning bir-birlari bilan uzviy bog'langanligi ravshan bo'lib qoldi. Ya'ni, mikro va mikroolam poydevori yagonadir. Rang-baranglikka ega bo'lgan bu yagona poydevorni o'rganish materiyaning yagona nazariyasining vazifasidir.

Endi, Olamning yoshi 1s-3min bo'lgan davrni o'z ichiga olgan Radiatsiya (nurlanish) erasiga nazar tashlasak. Ushbu erada, elektronning neytrinosi Olamda alohida qismga ajraladi. Bu esa, elektronning neytrinosini qayd qilish yo'li bilan Olamning bu davri haqida bevosita ma'lumot olish imkonini beradi. Buning uchun neytrinoni qayd qilish muammosi hal etilishi lozim.

Radiatsiya erasining oxirida, Olam yoshi 3 minut bo'lganda, yengil yadrolar sintezi boshlaydi, ya'ni, yadrolar sintezi uchun sharoit vujudga keladi. Bu davrda temperatura bir milliard gradus bo'lganda, protonlar va neytronlar reaksiyaga kirishib, deyteriy yadrosini hosil qiladi, shundan so'ng deyteriy, tritiy (o'ta og'ir vodorod) yadrolari o'zaro reaksiyaga kirishib, geliy ${}^4_2\text{He}$ yadrosini hosil bo'lgan.

Shu kabi moddalarning hosil bo'lishi, yemirilishi va buning natijasida boshqa bir moddaga aylanishi kabi sabablari, xususiyatlarini o'rganish bilan biz olamning yaralishi kabi bir qancha jumboqli savollarga javob olishim mumkin.

Ya'ni: "Biz tabiatni qanday tuzilganini bilishgina emas xohlamasdan, balkim uning nima uchun boshqacha bo'lmay, aynan shunday ekanligini ham bilishni istaymiz".

Hozirgi zamon fizikasi esa, tabiat birligining ko'p tomonlarini yaqqol namoyish qilmoqda. Biroq olam birligining ko'p tomonlarini, ehtimol, xatto bu birlikning fizik mohiyatini bilib olishga hali muaffaq bo'lingani yo'qdir. Nima uchun shunchalik ko'p elementar zarralar mavjudligi noma'lum. Nima uchun ularning muayyan massalari, zaryadlari va boshqa xarakteristikalar mavjud? Hozirgacha bu kattaliklar eksperimental aniqlab kelinmoqda.

Radioaktiv o'zgarish hamma vaqt turg'un izotop hosil bo'lishi bilan tugallanavermaydi. Ko'pchilik hollarda ketma-ket bir necha radioaktiv o'zgarish kuzatiladi. Bu holda bir-biri bilan «qarindoshchilik» aloqalarida bo'lgan radioaktiv parchalanishlarning butun bir zanjiri hosil boladi. Masalan, Uran-238 ning ketma-ket parchalanishi natijasida qo'rg'oshin elementi hosil bo'ladi. Barcha yemirilishdan so'ng hosil bo'lgan qo'rg'oshinning atom og'irligi 206 ga teng bo'lib, shu bilan bu oila tugaydi. Boshlang'ich izotoplar yarim yemirilish davrlarini Yerning paydo bo'lish vaqti bilan solishtirishdan ko'rinadiki, Toriy Yer yuzida deyarli to'la saqlangan, uran-238 qisman yemirilgan, uran-235 ning esa uran-238 ga nisbatan katta qismi yemirilgan. Shuning uchun Yerda toriy miqdori ko'p, uran-235 esa uran 238 ga nisbatan 140 marta kam.

Ya'ni, biz hozirgacha yemirilayotgan yadrolardan qaysi biri qachon yemirilishini aniq ayto olmaymiz. Lekin, vaqt birligi ichida nechitasi yemirilishini

aniqlashimiz mumkin, ya'ni, turli xil tezlatkichlar kompleksi yordamida radioaktiv yadrolarni olish usuli bilan. Bu esa, radioaktiv yadrolarning qarimasligi, yoshga ham ega emasligi, yemirilish intensivligi vaqt birligida yemirilgan yadrolar soniga bog'liq xolos, degan xulosani beradi.

Fizikada aniqlanadigan fundamental qonunlar o'zlarining murakkabligi va umumiyliigi bilan har qanday hodisalarni o'rganishga asoslanadigan dalillardan ancha ustun turadi. Biroq, ular ham bevosita kuzitiladigan sodda hodisalar haqidagi bilimlar kabi to'g'ri va shu darajada ob'yektivdir. Bu qonunlar hech qachon, har qanday sharoitlarda ham buzilmaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining farmoni. O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha harakatlar strategiyasi to'g'risida. Toshkent sh., 2017 yil 7 fevral, 4947-son
2. O'zbekiston Respublikasi Xalq ta'limi tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoyishi. 2019-yil 29-aprel PQ-5712-son.
3. Kadrlar tayyorlash milliy dasturi. Barkamol avlod – O'zbekiston taraqqiyotining poydevori. –T.: Sharq, 1997, 32-61-b.
4. Yosh fiziklar entsiklopedik lug'ati. Toshkent. "Pedagogika",1989yil, 145b.
5. O'zbekiston Respublikasi vazirlar mahkamasining 455-son Qarori: “tehnogen- tabiiy va ekologik tushdagi favqulotda vaziyatlarning tasnifi to'g'risida” 1998.27.10
6. Praktikum po yadernoy fizike - M., Izd-vo MGU, 1980. Shirokov Yu.M., Yudin N.P. - Yadernaya fizika -M., NAUKA, 1980.
7. O'zbekiston Respublikasi Qonuni: “Radiatsiyaviy xavfsizlik to'g'risida” , 31.08.2000.
8. Xoll E.Dj. - Radiatsiya i jizn - M., Meditsina, 1989.
9. Нерсесов Е.А. “Основные законы атомной и ядерной физики”. «Высшая школа». Москва. 1988.
10. T.M.Mo'minov, A.B.Xoliqulov, SH.X.Xushmurodov. “Atom yadrosi va zarralar fizikasi”. Toshkent. 2009.
11. S.Bozorova, N.Kamolov “FIZIKA(Optika,Atom va yadro fizikasi)”. Toshkent-2007.
12. R. Bekjonov. “Yadro fizikasi” III3. T. 1989.
13. К. Н. Мухин. “Экспериментальная ядерная физики.” В двух томах. Москва. Энергоатомиздат. 1998.

14. Yarmonenko S.P. - Radiobiologiya cheloveka i jivotnix- M., Visshaya shkola, 1988.
15. Vasilenko I.Ya. - Radiatsionnye porajeniya produktami yadernogo deleniya - Zdravooxranenie Belorussii. 1986, N12., s.68.
16. Normi radiatsionnoy bezopasnosti NRB-76/87 i osnovnie sanitarnie pravila raboti s radioaktivnimi veshestvami i drugimi istochnikami ioniziruyushix izlucheny OSP-72-8 7.
17. Biologicheskoe deystvie produktov yadernogo deleniya. Metabolizm i ostrie porajeniya - Radiobiologiya, 1992, t.32, v.1, s.69-78.
18. Biologicheskoe deystvie produktov yadernogo deleniya. Otdalennie posledstviya porajeniya - Radiobiologiya, 1993, t.15, v.2, s. 442-452.
19. E. Rasulov, U. Begimqulov “Kvant fizika elektron o’quv qo’llanma I qism.329 bet, 2005 y, TDPU portalida: www.pedagog.uz. yoki tdpu-INTERNET ped.

Internet saytlari:

1. <http://www.freekniga.ru/kniga-cat-119.html>
2. <http://www.vargin.mephi.ru/booksTverdoe.html>
3. <http://www.newlibrary.ru/genre/nauka/fizika>
4. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/pde.htm>

ANNOTATSIYA

Ushbu bitiruv malakaviy ishida atom yadrosining murakkab strukturaviy tuzulishiga ega ekanligini isbotlovchi radioaktivlik xossalari, barqaror bo'lmagan tabiiy izotoplarining radioaktiv nurlanishini, yadro reaksiyalarida vujudga kelgan izotoplarning nurlanish jarayoni o'rganilgan. Hamda ushbu barqaror bo'lmagan yadrolarning o'z-o'zidan radioaktiv nurlanishi tufayli boshqa element yadrosiga aylanishini ya'ni radioaktiv yemirilish qonunini tadqiq etilgan, yemirilish natijasida ajraladigan energiyalardan samarali foydalanish usullari tahlil qilingan va bu orqali radioaktiv nurlanishlarning inson salomatligiga ta'siri, ushbu nurlanishlardan himoyalnash chora - tadbirlari yoritib berilgan.