

Fizika fakulteti
Fizika yo'nalishi
Atom va yadro fizikasi kafedrası

**Yer osti suvlari tarkibidagi tabiiy va sun'iy radioaktiv
elementlar miqdorini aniqlash**

Malakaviy bitiruv ishi

Bajaruvchi: Usanov Mashrab Maxammatovich

Ilmiy rahbar: dots.v.b.M.U.Sultanov

Samarqand - 2014

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI**

ALISHER NAVOIY NOMIDAGI SAMARQAND

DAVLAT UNIVERSITETI

FIZIKA FAKULTETI

FIZIKA YO'NALISHI

ATOM VA YADRO FIZIKASI KAFEDRASI

**Yer osti suvlari tarkibidagi tabiiy va sun'iy radioaktiv elementlar miqdorini
aniqlash**

Malakaviy bitiruv ishi

Bajaruvchi: Usanov Mashrab Maxammatovich

Ilmiy rahbar: dots.v.b. M.U.Sultanov

Malakaviy bitiruv ishi Atom va yadro fizikasi kafedrasida bajarildi. Kafedraning 2013 yil 10 iyundagi majlisida muhokama qilindi va himoyaga tavsiya etiladi (bayonnoma № 7).

Kafedra mudiri:

prof. R.M.Ibadov

Malakaviy bitiruv ishi YaDAKning 2013 yil “___” _____dagi majlisida himoya qilindi va _____ ball bilan baholandi (bayonnoma № ____).

YaDAK raisi: _____

A'zolari: _____

Samarqand 2014

Usanov Mashrab Maxammatovich

Mavzu: Yer osti suvlari tarkibidagi tabiiy va sun'iy radioaktiv elementlar miqdorini aniqlash

Reja

Kirish.....	
I Bob. Tabiiy radioaktivlik va uning xususiyatlari	
1.1. Radioaktivlik. Radioaktivlik hodisasi qonuniyatlari	
1.2. Radioaktiv oilalar.....	
1.2.1. Uran-238 oilasi.....	
1.2.2. Toriy-232 oilasi.....	
1.2.3. Uran-235 oilasi.....	
1.2.4. Neptun-237 oilasi.....	

Kirish

Insoniyatni o'rab turgan atrof-muhitning ekologik tozaligini va, jumladan, radioekologik tozaligini saqlash va doimiy nazorat qilish avvalo kishilar salomatligini saqlab turish va bundan tashqari paydo bo'lgan yoki paydo bo'lishi mumkin bo'lgan ekologik va tibbiy muammolarning oldini olishda eng asosiy omillardan biridir.

Fan olamida uran elementining radioaktivlik xususiyatini 1896-yilda fransiyalik olim, buyuk fizik Anri Bekkerel isbotlaganligi ma'lum. Shundan beri 100 yildan ko'proq vaqt o'tdi, radioaktivlik sohasidagi bilimlarning evolyutsiyasi va inqiloblari tufayli yadro fizikasining yangi-yangi yo'nalishlari ochildi. Bu borada buyuk olim Albert Eynshteyn shunday deydi: «radioaktivlikning kashf etilishini olovni kashf etilishi bilan tenglashtirish mumkin. Bu, ya'ni radioaktivlikning ochilishi fandagi eng inqilobiy kashfiyot hisoblanadi».[1]

Radioaktivlik sohasidagi ilmlarimiz chuqurlashgan sayin uning ahamiyati, mohiyati qanchalik rivojlanib borishini asta sekinlik bilan tushunib boraveramiz. Bu hodisaning ijobiy, salbiy tomonlari ham hamon ko'proq ochilib boraveradi, bunga bugungi kunda shubha yo'q.

Radioaktivlik xossalari, sabablari turli soha olimlari, turli ilm-fan namoyondalari tomonidan o'rganilmoqda. Jumladan, tuproq kimyosi uchun ham bu soha nisbatan yangi va juda zarur yo'nalish hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi "Radiatsiyaviy xavfsizlik to'g'risida"gi qonunda fuqarolarning atrof-muhitning, iste'moldagi predmetlarning radiatsiyaviy holati, radiatsiyaviy xavfsizlikni ta'minlash yuzasidan ko'rilyotgan chora-tadbirlar, shuningdek, o'zlari olgan nurlanish dozasi to'g'risida to'liq va xolis axborot olishi belgilab qo'yilgan.[1] Atrof-muhitning radioaktiv holatiga hissa qo'shadigan tabiiy radioaktiv elementlar tabiat namularida keng tarqalgandir. Tabiiy radionuklidlar barcha atrof-muhit namunalariida suvda, havoda, tuproqda, har xil tog'- jinslarida, oziq-ovqatlar tarkibida, o'simliklarda tarqalgan. Hatto odam organizmida ham ma'lum miqdorda aniqlanadi.

Mavzuning 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 boorish muhim vazifalardan biridir.

Bugungi kunda aktivlashtirilgan tahlil texnologiyalari tog'-kon sanoatida avtomatlashgan gamma-aktivatsion 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.

Maqsadi va vazifalari: Mazkur magistrlik dissertatsiya gamma-aktivlashtirilgan tahlil usuli yordamida Zomin, Chotqol, Nurota, Hisor qo'riqxonalaridan, Cho'ponota tepaliklaridan keltirilgan tuproq va o'simlik na'munalarining element tarkibini aniqlash, olingan natijalarni aktivlashtirish usuliga asoslangan boshqa aniqlash tajribalari natijalari bilan solishtirib, tahlil qilish va umumiy xulosalar chiqarishdan iborat.

Muammoning ishlab chiqilish darajasi: Atrof-muhit namunalari tarkibidagi tabiiy radionuklidlar miqdorini yuqori aniqlikda o'lchash muhim muammodir. Bugungi kunda yuqorida ta'kidlangan har ikkala masalani hal qilishning bir nechta yadro fizikaviy usullari ishlab chiqilgan. Jumladan ssintillyatsion va yarim o'tkazgichli gamma spektrometrik, rentgen aktivasion analiz, gamma aktivasion analiz, neytron aktivasion analiz, ion aktivasion analiz kabi usullari mavjud. Bu yadro fizik usullarning barchasi tezkorligi va bir vaqtning o'zida bir nechta elementni aniqlashi bilan ajralib turadi. Ular muammoning qo'yilishiga qarab har biri o'z samaradorligiga ega.

Ushbu magistrlik dissertatsiya ishida namunalarning radioaktivligini o'rganish jarayonida akademik T.M.Muminov tomonidan ishlab chiqilgan eng yangi usul «Takomillashtirilgan gamma spektrometrik» usulidan foydalanildi. Bu usulning boshqa usullardan afzalligi spektrlardagi chiziqlarning interferensiyalari va fon nurlanishining ta'sirini hisobga olgan holda ish ko'riladi. Boshqacha qilib aytganda past solishtirma aktivlikdagi radionuklidlarning aktivligini ham aniqlash qobiliyatiga ega.

I-BOB. TABIIY RADIOAKTIVLIK VA UNING XUSUSIYATLARI

1.1.Radioaktivlik.Radioaktivlik hodisasi qonuniyatlari

Bir kimyoviy element izotopining o'z-o'zidan elementar zarralar yoki yengil yadrolar chiqarib boshqa elementning izotopiga aylanishi radioaktivlik hodisasi deyiladi.[5]

Radioaktiv elementlar-barcha izotoplari radioaktiv bo'lgan kimyoviy elementlar. Tabiatda uchraydigan tartib raqami 83 (vismut)dan katta bo'lgan barcha elementlar radioaktiv. Ularni ketma-ket yuz beradigan radioaktiv o'zgarishlar zanjirlarining alohida halqalari sifatida tasavvur qilish mumkin. Bir zanjir tarkibiga kiruvchi elementlar radioaktiv oila yoki radioaktiv qator hosil qiladi.Tartib raqami 83 dan kichik bo'lgan radioaktiv elementlar ham bor.Ular texnitsiy ^{43}Te va prometiy ^{61}Pm . Davriy sistemada joylashgan urandan keyingi elementlar sun'iy usulda olingan transuran elementlardir[5,32].

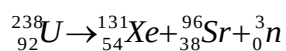
Radioaktivlik vaqtida bir yadro holatidan ikkinchi yadro holatiga o'tadi, bu bilan yadro o'z tarkibida bo'lgan va radioaktivlik vaqtida vujudga keluvchi zarralar (M: alfa, proton, beta, va h.k) yengil yadrolar hamda fotonlarni chiqarishi mumkin. Buning natijasida yemirilayotgan yadrolarning tarkibi yoki ichki energiyasi o'zgaradi[4].

Radioaktivlik tabiiy sharoitda ro'y berib qolmay, sun'iy yo'l bilan ham hosil qilish mumkin. Ammo ikkala radioaktivlik orasida farq yo'q. Radioaktivlik qonunlari radioaktiv izotopning qanday olinishiga bog'liq emas.

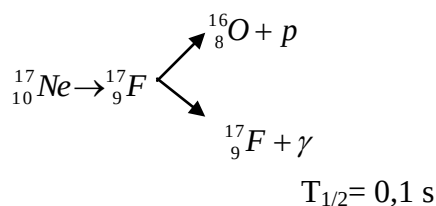
Radioaktivlik yadroning ichki xususiyati bo'lib, har bir yadro o'ziga xos yemirilish turi, intensivligiga ega. Radioaktivlik xususiyati tashqi ta'sirlar (temperatura, bosim, elektr yoki magnit maydon)ga bog'liq emas. Ko'pgina sun'iy radioaktiv yadrolar nishon yadroni turli tezlashtirilgan zarralar bilan bombardimon qilishlik bilan hosil qilinadi. [4,5]

Dastlabki radioaktiv nurlanishlar tahlili tabiiy radioaktivlik vaqtida alfa, beta zarralar va qisqa to'liqlik gamma fotonlar ekanligini ko'rsatdi.

1939 yilda G.N.Flerov, K.A.Petrjaklar og'ir yadrolarning ($A=240$) o'z-o'zidan ikkita o'rtacha yadroga bo'linishligini kashf etdi.

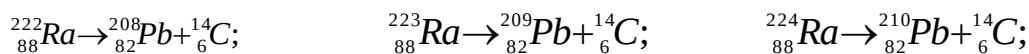


Qaysiki, yadrolarda protonlar soni oshib ketsa bir proton, ikki proton yemirilishi mumkin. G.F.Flerov 1963 yili proton yemirilishini kuzatgan.



Albatta, proton yemirilish ehtimoliyati raqobatlashuvchi alfa va beta-yemirilishlarga nisbatan juda kichik bo'ladi.

1984 yili Oksford universiteti xodimlari radiy yadrolarining alfa zarralarga nisbatan yirik ${}^{14}\text{C}$ yadrosini nurlanishini qayd qilishdi



1985 yili Dubna va Amerika fiziklari Ne-yemirilishni kashf etdilar.

Radioaktiv yemirilish saqlanish qonunlarining bajarilishligi bilan ro'y beradi.

Radioaktiv yemirilish statistik xususiyatga ega bo'lgan jarayondir. Yemirilayotgan yadrolardan qaysi birini qachon yemirilishini aytolmaymiz. Lekin vaqt birligi ichida nechitasi yemirilishligini aniqlash mumkin. Shuning uchun radioaktivlikni yemirilish ehtimoliyatiga ko'ra o'rganish mumkin.

Radioaktiv yadrolar qarimaydi, yoshga ega emas, yemirilish intensivligi vaqt birligida yemirilgan yadrolar soniga bog'liq.

Vaqt birligida yemirilayotgan (dN) radioaktiv yadrolarning soni shu radioaktiv yadrolarning umumiy soni N ga proporsional. Masalan, dt vaqt oralig'ida dN ga kamayayotgan bo'lsa,

$$-dN = \lambda N dt \quad (1.1)$$

bo'ladi. Barcha radioaktiv yemirilishlar vaqt birligi ichida yemirilishlar doimiysi bilan xarakterlanadi. Bu formulada λ – radioaktiv yemirilish doimiysi, o'lchami $[\text{s}^{-1}]$. Vaqt birligida yemirilishlar soni, nisbiy kamayish tezligini ifodalaydi. – manfiy ishora vaqt o'tishi bilan radioaktiv yadrolar sonining kamayishini ko'rsatadi. [4,5,7]

(1.1) tenglamani yechish uchun quyidagicha yozamiz:

$$\begin{array}{ll}
 \frac{dN}{N} = -\lambda dt & \text{integrallasak} \\
 \int \frac{dN}{N} = -\lambda \int dt; & \ln N = -\lambda t + \ln C
 \end{array}$$

$$t = t_0 \quad \text{bo'lganda} \quad N = N_0; \quad \ln N = \ln C = \ln N_0; \quad N = N_0 = C$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda \cdot t; \quad N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (1.2)$$

(1.2) formula radioaktiv yemirilish qonuni deyiladi. [3,4,5,7]

Bu qonunga ko'ra radioaktiv yadro vaqt o'tishi bilan eksponensial ravishda kamayib boradi. Formula istalgan vaqt momentida yemirilish ehtimoliyatini aniqlashi mumkin. Lekin (1.2) formula radioaktiv yadrolarning yemirilish intensivliklarini bevosita taqqoslab bo'lmaydi, aniq fizik

ma'noga ega emas. Shu maqsadda yarim yemirilish tushunchasi kiritiladi. Yarim yemirilish davri shunday vaqt, bu davr ichida dastlabki radioaktiv yadro ikki marta kamayadi.

U holda (1.2) ifodani yoza olamiz:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}; \quad \frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}}; \quad \ln 2 = \lambda T_{1/2} \quad T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (1.3)$$

(1.3) ifoda yarim yemirilish davri bilan yemirilish doimiysi orasidagi bog'lanishni ifodalaydi. Qaysiki radioaktivlik qonuni statistik xususiyatga egaligini biz yemirilgan, yemirilayotgan va yemiriladigan yadrolar to'plami bilan ish ko'ramiz. Shuning uchun o'rtacha yashash vaqti tushunchasi kiritilgan

Radioaktivlik yana o'rtacha yashash vaqti deb ataluvchi τ - kattalik bilan ham xarakterlanadi. Biror t vaqt momentida yemirilmay qolgan yadrolarning yashash vaqti t dan katta bo'ladi. Shu vaqt momentiga qadar yemirilgan yadrolar esa t dan kichik yoki unga teng yashash vaqtiga ega. Bunday yadrolar soni

$$dN(t) = \lambda N(t)dt = \lambda N_0 e^{-\lambda t} dt$$

O'rtacha yashash vaqti

$$\begin{aligned} \tau = t &= \frac{\int_0^{\infty} t dN(t)}{\int_0^{\infty} dN(t)} = \frac{\int_0^{\infty} \lambda N_0 t e^{-\lambda t} dt}{\int_0^{\infty} \lambda N_0 e^{-\lambda t} dt} = \frac{\lambda N_0 \int_0^{\infty} t e^{-\lambda t} dt}{\lambda N_0 \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt} = \frac{-\frac{1}{\lambda} e^{-\lambda t} t + \frac{1}{\lambda} \int e^{-\lambda t} dt}{-\frac{1}{\lambda} e^{-\lambda t} t} = \\ &= \frac{\frac{1}{\lambda} \int e^{-\lambda t} dt}{\frac{1}{\lambda}} = -\frac{1}{\lambda} e^{-\lambda t} = \frac{1}{\lambda}; \tau = 1/\lambda \end{aligned}$$

τ -ning qiymatini (1.2) ifodaga qo'ysak

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

Demak, o'rtacha yashash vaqti radioaktiv yadrolarning e -marta kamayish vaqti ekan. [5]

Shunday qilib, radioaktivlikni yemirilish doimiysi, yarim yemirilish davri va o'rtacha yashash vaqti bilan xarakterlanishi mumkin ekan. Bu kattaliklar o'zaro quyidagicha munosabatda:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} = 0,693 \tau$$

Yuqoridan ma'lum bo'ldiki radioaktiv yadrolar yemirilib turar ekan, vaqt birligida yemirilishni xarakterlovchi aktivlik tushunchasi kiritiladi. Radioaktiv namunaning vaqt birligida yemirilishlar soni aktivlik deb ataladi.

(1.1) formuladan $dN = \lambda N dt$

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N; \quad (1.4)$$

Aktivlik birligi qilib SI sistemasida bekkerel (Bk) qabul qilingan: 1Bk=1 yemir/s. Hosilaviy birliklari kyuri (Kyu), rezerford (Rd); 1 Kyu=3,7·10¹⁰Bk, 1 Rd =10⁶Bk. [4,5]

Tajribada radioaktiv manba yarim yemirilish davrining katta yoki kichikligiga ko'ra turlicha uslublar qo'llaniladi. Masalan, aktivlikning pasayishi ($T_{1/2}$ -soat, kun, oylarda bo'lsa), qisqa yashovchi bo'lsa, hosil bo'lgan ion toklariga ko'ra, radiometr, mos tushish usullari va h.k.

Radioaktivlik hodisasining eng ajablanarli tomoni yadro ta'sirlashuv vaqtiga nisbatan juda katta kechikishidir. Haqiqatdan ham yemirilishlar barcha turlari yadroda kechadi. Ma'lumki, yadro kuchlari uchun ta'sirlashuv vaqti $\sim 10^{-21}$ s, lekin radioaktiv yemirilish davri esa 10¹⁰ yillar (M: ²³⁸U uchun $T_{1/2}=10^{10}$ y, bu 10¹⁷s) bo'ladi. Ya'ni ²³⁸U yadrosidan chiquvchi α - zarra yadroda 10³⁸ marotaba aylanadi navbatdagi 10³⁸+1 aylanishda yadrodan chiqishi mumkin ekan. [5,7]

Radioaktiv yemirilishlarda nurlanishlarning kechikishi quyidagi sabablarga ko'ra tushuntiriladi:

1) Zaryadli zarralar yadrodan chiqishda Kulon to'sig'iga uchraydi (Kulon to'sig'i og'ir yadrolarda ~ 30 MeV, yemirilish energiyasi ~ 4 MeV. Klassik fizika qonunlari bo'yicha yadrodan zarra chiqishi mumkin emas, kvant mexanikasi bo'yicha zarra to'siqdan sizib o'tishi mumkin).

2) Radioaktivlik kuchsiz ta'sirlashuvga ko'ra ro'y berishligi. (Yadroda beta-yemirilish kuchsiz ta'sirlashuvga ko'ra amalga oshadi, shunga ko'ra yadro ta'sirlashuvdan kuchsiz ta'sirlashuv necha marta kichik bo'lsa, yemirilish vaqti shuncha marotaba kechikadi).

3) Yemirilish energiyasining kichik bo'lishligi radioaktivlik vaqtini kechiktiradi. (Masalan, yuzta nuklonli A=100 yadro uyg'onish energiyasi 10 MeV bo'lsin. Har bir nuklonga 0,1 MeV to'g'ri keladi, bu energiya solishtirma bog'lanish energiyasidan kichik, lekin hamma uyg'onish energiyani birorta nuklonga berishi, bu bilan nuklon chiqib ketishi ehtimoliyati bor).

4) Radioaktiv yadro va mahsul yadrolar kvant xususiyatlarining (spin, juftlik, orbital moment) keskin farq qilishligi. Masalan, dastlabki yadro $h_{11/2}$ holatda, mahsul yadro $S_{1/2}$ holatda bo'lsin, bunda dastlabki yadro uchun I=11/2, l=5, P=-1, mahsul yadro uchun I=1/2, l=0, R=+1, $\Delta I=5$, $\Delta l=5$ juftlik o'zgaradi. Demak, spin, orbital moment, juftlik saqlanmasligi yemirilishni ta'qiqlaydi. [4,5,7]

1.2. Radioaktiv oilalar

Radioaktiv oilalar-genetik bog'langan radioaktiv izotoplar guruhlar. Bu guruhlarda har bir keyingi izotop o'zidan oldigi 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. [5.32]

Tabiatda 4 ta radioaktiv qator mavjudligi ma'lum (1-jadval). Bulardan biri uran qatori bo'lib, uning boshida uranning uzoq mavjud bo'luvchi izotopi ²³⁸U ($T_{1/2}= 4,51 \cdot 10^9$ y.) turadi, qator qo'rg'oshining turg'un izotopi ²⁰⁶Pb bilan tugaydi. Ikkinchisi toriy qatori bo'lib, boshida ²³²Th ($T_{1/2}= 1,41 \cdot 10^{10}$ y.) bilan boshlanadi va so'ngi mahsulot ²⁰⁸Pb bilan tugaydi. Uchinchisi aktiniy qatori, aniqrog'i, aktinouran qatori bo'lib, uning boshida aktinouran-uran izotopi ²³⁵U ($T_{1/2}= 7,13 \cdot 10^8$ y.) turadi va ²⁰⁷Pb bilan tugaydi. Avvaldan ma'lum bo'lgan bu radioaktiv qatorga yana 4-oila –neptuniy qatorini ham kiritish mumkin. Neptuniy qatori ²³⁷Np ($T_{1/2}= 2,14 \cdot 10^6$ y.) dan boshlanib, ²⁰⁹Bi bilan tugaydi. ²³⁷Np quyidagi reaksiya natijasida hosil bo'ladi: ²³⁸U (n, 2n) ²³⁷U- β^- ²³⁷Np. Bu reaksiya kosmik nurlar tarkibidagi tezkor neytronlar bilan, ²³⁵U 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.

1-jadval. Radioaktiv oilalar qatori.

Qator	Eng uzoq yashovci izotop	Yarim yemirilish davri
$A=4n$	$^{232}_{90}\text{Th}$	$1,4 \cdot 10^{10}$ yil
$A=4n+2$	$^{238}_{92}\text{U}$	$4,5 \cdot 10^8$ yil
$A=4n+3$	$^{235}_{92}\text{U}$	$7 \cdot 10^8$ yil
$A=4n+1$	$^{237}_{93}\text{Np}$	$2,2 \cdot 10^6$ 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 $Z \geq 81$ ($T1$ elementdan boshlab) bo'lgan izotoplar orasidagi genetik aloqa ancha qat'iy aniqlangan. Ba'zi bir xususiyatlarning umumiyliги uchala 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 izotoplarining o'zgarishlari qo'rg'oshinning barqaror izotopi bilan tugallanadi. Va nihoyat, har bir oila ichidagi elementlarning massa sonlari $A=(4n+a)$ formulaga bo'ysunadi.

1.2.1. Uran-238 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'lgani 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. [2,5,7] 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 xossalarga 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. [2,4,5,7]

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 2-jadvalda keltirilgan.

2- jadval.Uran-238 radioaktiv oilasining yemirilish tafsifi

No	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		$^{234}_{92}\text{U}$	α	$2,48 \cdot 10^5$ y	$^{230}_{90}\text{Th}$
6		$^{230}_{90}\text{Th}$	α	$8 \cdot 10^4$ y	$^{226}_{88}\text{Ra}$
7		$^{226}_{88}\text{Ra}$	α	1617y	$^{222}_{86}\text{Rn}$
8		$^{222}_{86}\text{Rn}$	α	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		$^{218}_{86}\text{Rn}$	α	0.035 s	$^{214}_{84}\text{Po}$
14		$^{210}_{81}\text{Tl}$	β^-	1,32 m	$^{210}_{82}\text{Pb}$
15		$^{214}_{84}\text{Po}$	α	$1,637 \cdot 10^{-4}$ 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		$^{210}_{84}\text{Po}$	α	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		

1.2.2.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 berib Bi-216 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.

1.3- jadval. Toriy-232 radioaktiv oilasining yemirilish tafsifi

№	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		$^{212}_{84}\text{Po}$	α	$3,84 \cdot 10^{-7}$ sek	$^{208}_{82}\text{Pb}$

1.2.3.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 Yerda toriy miqdori ko'p, uran-235 esa uran 238 ga nisbatan 140 marta kam.

Uran-235 radioaktiv oilasining yemirilish tafsifi 4- advalda keltirilgan.

4- jadval.Uran-235 radioaktiv oilasining yemirilish tafsifi

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

1.2.4. Neptun oilasi

Neptun-237 izotopi esa yerning mavjudligi vaqtidan buyon deyarli to'liq yemirilib ketgan. Shuning uchun 4-radioaktiv oila yuqoridagi uchta oiladan kechroq, ya'ni sun'iy izotoplarni hosil qilish mumkin bo'lgachgina o'rganilgan. $^{93}_{93}\text{Np}^{237}$ izotopini sun'iy sintez qilish imkoni ma'lum bo'lgach, bu izotop kam miqdorda uran rudalarida mavjud ekanligi aniqlandi. Bu izotop

$n + ^{92}_{92}\text{U}^{238} \rightarrow ^{92}_{92}\text{U}^{237} + 2n$ reaksiyadan so'ng β^- - yemirilish orqali paydo bo'ladi:

