

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

SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI

**FIZIKA FAKULTETI
“5140200 – FIZIKA” TA'LIM YO'NALISHI**

“Yadro fizikasi” kafedrasi

HAKIMOV DILSHOD ABDUXOLIMOVICH

**NUROBOD TUMANI SUG'ORILMAYDIGAN YER MAYDONLARI
TUPROQ ERROZIYASI DARAJASINI CS-137 SUN'IY
RADIOAKTIV IZOTOPINING TAQSIMOTI ORQALI O'RGANISH**

“5140200 – Fizika” ta'lim yo'nalishi bo'yicha bakalavr
darajasini olish uchun

BITIRUV MALAKAVIY ISH

Ilmiy rahbar:dots. SH.X.Xushmurodov

Bitiruv malakaviy ish “Optika va spektroskopiya” kafedrasida bajarildi. Ish kafedraning 2016 yil _____ iyundagi majlisida muhokama qilindi va himoyaga tavsiya etildi (_____-bayonnoma).

Kafedra mudiri:_____dots.Sh.X.Xushmurodov

Bitiruv malakaviy ish YaDAK ning 2016 yil “____” _____dagi majlisida himoya qilindi va _____ball bilan baholandi (_____-bayonnoma).

YaDAK raisi:_____

A'zolari:_____

Samarqand - 2016

MUNDARIJA

KIRISH.....	2
I BOB. Radioaktivlik hodisasi. Radioaktiv oilalar. Radioaktiv yemirilish turlari.	
1.1§ Radioaktivlik hodisasi.....	4
1.2§ Radioaktiv oilalar.....	9
1.3§ Radioaktiv yemirilish turlari.....	13
II BOB. Texnogen radioaktiv nuklid ^{137}Cs to'g'risida ma'lumot.	
2.1§ Texnogen radioaktiv nuklid ^{137}Cs ning atrof - muhitda tarqalishi va hosil bo'lish manbalari.....	26
2.2§ Texnogen radioaktiv nuklid ^{137}Cs ning yemirilish sxemasi	30
2.3§ Radioaktiv nuklid ^{137}Cs to'g'risida asosiy ma'lumotlar.....	31
III BOB. Tajriba tadqiqot jarayoni va unda foydalanilgan ssintillatsion gamma - spektrometrning tavsifi.	
3.1§ O'lchash uchun namunalar olish va tayyorlash.....	32
3.2§ Tuproq tarkibidagi radionuklidlar.....	32
3.3§ Tabiiy radionuklidlar va ularning tavsifi.....	33
3.4§ Ssintillatsion gamma - spektrometrning tavsifi	35
IV BOB. O'lchash natijalari va ularning tahlili.	
4.1§ Namunalarning spektrini olish va qayta ishlash.....	46
4.2§ Olingan natijalar tahlili.....	49
Xulosa.....	54
Adabiyotlar.....	55

Kirish

Mavzuning dolzarbligi: Hozirda yer yuzi ekologik muuommolari bilan bog'liq bo'lgan ko'plab masalalar kelib chiqyaptiki, bulardan biri bu yer yuzi aholisini eng katta tashvishga solayotgan tuproqning yemirilishidir.

Ekonomikaning tez suratlar bilan rivojlanishi, insoniyatning atrof - muhit ekologiyasiga kuchli ta'sir ko'rsatishi hamda aholining tez o'sishi va qishloq xo'jaligida ishlab chiqarishning keskin o'sishi oqibatida tuproq eroziyasi muommosi yuzaga kelmoqda. Hozirgi paytda tuproq hosildorligining yo'qotilishi o'rmon daraxtlarini kesish, yangi yer resurslaridan va mineral o'g'itlardan foydalanish hisobiga to'ldirilmoqda. Ammo atrof - muhitda yuz berayotgan hodisalar oqibatida kelajakda bunday qo'llanilayotgan usullar effektivligi pasayib boradi.

Braunning xabar berishicha, jahonda har yili haydaladigan yerlarda $23 \cdot 10^9$ tonna tuproq, yangidan hosil bo'lmasligi tufayli yo'qolmoqda. Bu esa tuproqning Yer shari bo'yicha zaxiralari 7% ning har o'n yilda ishdan chiqishiga ekvivalentdir.

Burinning baholashicha hozirgi paytda jahonning $3 \cdot 10^6$ gektar qishloq xo'jaligi uchun foydalaniladigan yerlari tuproq eroziyasi tufayli foydalanishga yaroqsiz bo'lib qolmoqda. Ushbu yuqorida ta'kidlangan masalalarning yechimlari bilan shug'ullanish hozirgi zamonning dolzarb masalalaridan biridir.

Tadqiqot maqsadi: Malakaviy bitiruv ishini bajarish jarayoni oldiga qo'yilgan asosiy maqsad tuproq eroziyasi darajasini tabiatda tarqalgan sun'iy radionuklid ^{137}Cs ning taqsimoti orqali o'rganishning ssintillatsion gamma spektrometrik usuli bilan batafsil tanishish va kerakli natijalar olish.

Tadqiqot vazifalar: Ushbu malakaviy bitiruv ishini amalga oshirish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

- a) Mavzuga oid adabiyotlar bilan batafsil tanishish ;
- b) Tuproq olinadigan joyni tanlash
- c) Ssintilyatsion gamma-spektrometr usuli bilan atroflicha tanishish va natijalar olish.

Tanlangan maydonning turli nuqtalaridan olingan tuproq tarkibidagi ^{137}Cs texnogen radioaktiv elementi miqdorini chuqurlik bo'yicha taqsimotini ssintillyatsion gamma-spektrometr usuli yordamida o'rganish va imkon darajasida ushbu maydonda vujudga keluvchi tuproq eroziyasi darajasini aniqlash va xulosalar chiqarish.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi: Bu usul birinchi marta Markaziy Osiyoda bajarilmoqda. Ular tuproq degradatsiyasini baholovchi oldingi og'ir mehnat talab qiluvchi va katta resurslar talab qiluvchi usullarga alternativ bo'ladi.

Bundan tashqari, bu yondoshishning yangiligi shundan iboratki, uning mobilligi va katta maydonlardagi yer resurslari holati haqida axborot olishning qisqa muddatligi.

Bunda barcha, kishilar va moddiy resurslar kam miqdorini sarflab juda ko'p miqdorda ma'lumot to'plash mumkin. Shuning uchun, bunday yondoshish o'zining yangiligi va aktualligiga hech qanday shubha uyg'otmaydi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati: Yadro fizikaviy usullar o'zining yuqori darajada sezgirliги tezkorligi va bir vaqtning o'zida namuna tarkibida ko'plab radioaktiv elementlar miqdorlarini aniqlash imkoniyatlari bilan boshqa usullardan ajralib turadi, ushbu usullar hozirgi paytda atrof-muhit radioekologik holatini o'rganishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. Malakaviy bitiruv ishimni bajarish jarayonida qo'llayotgan ssintillyatsion gamma-spektrometrik usuli tuproq tarkibida uchraydigan ^{137}Cs miqdorlarini yuqori sezgirlik darajasida aniqlash imkoniyatiga ega bo'lib, olingan natijalarga asoslanib, tuproq eroziyasi to'g'risida xulosalar chiqarish muhim amaliy ahamiyatga egadir.

Bitiruv ishining tuzilishi va hajmi: Ish kirish, 4 ta bob, xulosa va 20 nomdagi foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat bo'lib, 57 sahifada bayon qilingan. Ishda 22 rasm va 4 jadval mavjud.

I BOB. Radioaktivlik hodisasi. Radioaktiv oilalar. Radioaktiv yemirilish turlari.

1.1§ Radioaktivlik hodisasi.

Yadroning o'z - o'zidan bir yoki bir nechta zarrachalar chiqarish hodisasi radioaktivlik deyiladi. Shunday yadrolar radioaktiv yadro deb yuritiladi.

Radioaktiv yadrolar o'zidan biron - bir turdagi zarralarni chiqarib, boshqa yangi yadroga aylanish jarayoni radioaktiv yemirilish deyiladi. Radioaktiv yemirilishda radioaktiv yadrolar sonining o'zgarishi $N = N_0 e^{-\lambda t}$ qonun bo'yicha o'zgaradi. Ushbu ifoda radioaktiv yemirilish qonuni deb yuritiladi.

Tabiatda mavjud yadrolarning radioaktivligi tabiiy radioaktivlik deyiladi. Ba'zi hollarda radioaktiv yadrolar biron-bir turg'un yadrolarni zaralar bilan yoki yadrolar bilan bombardimon qilish natijasida hosil bo'ladi. Bunday radioaktivlikni sun'iy radioaktivlik deyiladi.

Radioaktiv modda magnit maydoniga joylashtirilganda zarralar dastasi 3 qismga α - zarrachalar, β - zarrachalar, γ -zarachalarga bo'linadi.

Radioaktiv yemirilishlarning 5 xili uchraydi. Shulardan ikki xilini ko'rib chiqimiz.

1. α - yemirilish. Og'ir yadrolarning o'z-o'zidan α - zarrachalar chiqarish jarayoni α - yemirilish deyiladi. ${}_Z X^A \rightarrow {}_{Z-2} U^{A-4} + {}_2 \text{He}^4$ siljish qoidasiga bo'ysunadi.
2. β - yemirilish. Yadrolarning o'z - o'zidan elektronlarni (β^-) yoki protonlarni (β^+) chiqarishi β - emirilish deyiladi. Ular ${}_Z X^A \xrightarrow{\beta^-} {}_{Z+1} U^A + e^- + \bar{\nu}_e$

${}_Z X^A \xrightarrow{\beta^+} {}_{Z-1} U^A + e^+ + \nu_e$ siljish qoidalariga bo'ysunadi.

Aktiv moddaning aktivligi 1 Bk bo'ladi: 1 Bk= 1 yemr/sek; 1 kyuri= $3.7 \cdot 10^{10}$ Bk.

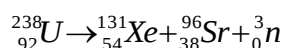
Radioaktivlik vaqtida bir yadro holatidan ikkinchi yadro holatiga o'tadi, bu bilan yadro o'z tarkibida bo'lgan va radioaktivlik vaqtida vujudga keluvchi zarralar (M: alfa, proton, beta, va h.) yengil yadrolar hamda fotonlarni chiqarishi mumkin. Buning natijasida yemirilayotgan yadrolarning tarkibi yoki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

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.

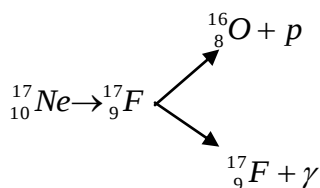
Radioaktivlik yadroning ichki xususiyati bo'lib, har bir yadro o'ziga xos yemirilish turi, intensivligiga ega. Radioaktivlik xususiyati tashqi ta'sirlar (temperatura, bosim, elektr yoki magnit maydon)ga bog'liq emas. Ko'pgina radioaktiv yadrolar nishon yadroni turli tezlashtirilgan zarralar bilan bombardimon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

Dastlabki radioaktiv nurlanishlar tahlili tabiiy radioaktivlik vaqtida alfa, beta zarralar va qisqa to'lqinli 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.



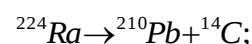
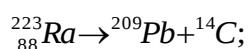
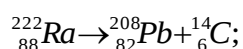
Qaysiki, yadrolarda protonlar soni oshib ketishsa bir proton, ikki proton yemirilishi mumkin. G.F.Flerov 1963 yili proton yemirilishini kuzatgan.



$$T_{1/2} = 0,1 \text{ s}$$

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. Bu yerda λ – radioaktiv yemirilish doimiysi, o'lchami $[s^{-1}]$. Vaqt birligida yemirilishlar soni - N , nisbiy kamayish tezligini ifodalaydi. – manfiy ishora vaqt o'tishi bilan radioaktiv yadrolar sonining kamayishini ko'rsatadi.

(1.1) tenglamani yechish uchun quyidagicha yozamiz:

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \quad \text{integrallasak} \quad \int \frac{dN}{N} = -\lambda \int dt; \quad \ln N = -\lambda t + \ln C \quad t=t_0 \quad \text{bo'lganda}$$

$$N=N_0; \quad \ln N = \ln C = \ln N_0 \quad N=N_0=C \quad \ln \frac{N}{N_0} = -\lambda \cdot t;$$

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

(1.2) formula radioaktiv yemirilish qonuni deyiladi.

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 (2) ifodani yoza olamiz:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}; \quad \frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}}; \quad \ln 2 = \lambda T_{1/2}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (1.3)$$

(1.3) ifoda yarim yemirilish davri bilan yemirilish doimiysi orasidagi bog'lanishni ifodalaydi.

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

$$dN(t) = \lambda N(t)dt = \lambda N_0 e^{-\lambda t} dt \quad \text{O'rtacha yashash vaqti}$$

$$\tau = t = \frac{\int_0^{\infty} t dN(t)}{\int_0^{\infty} dN(t)} = \frac{\int_0^{\infty} \lambda N_0 t e^{-\lambda t} dt}{\int_0^{\infty} \lambda N_0 e^{-\lambda t} dt} = \frac{\lambda N_0 \int_0^{\infty} t e^{-\lambda t} dt}{\lambda N_0 \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt} = \frac{-\frac{1}{\lambda} e^{-\lambda t} t + \frac{1}{\lambda} \int e^{-\lambda t} dt}{-\frac{1}{\lambda} e^{-\lambda t}} = \frac{\frac{1}{\lambda} \int e^{-\lambda t} dt}{\frac{1}{\lambda}} =$$

$$= -\frac{1}{\lambda} e^{-\lambda t} = \frac{1}{\lambda}; \quad \tau = 1/\lambda$$

τ -ning qiymatini (1.2) ifodaga qo'ysak $N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-1} = N_0/e$

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

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

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} = 0,693\tau \quad [14].$$

Aktivlik

Radioaktiv namunaning vaqt birligida yemirilishlar soni aktivlik deb ataladi.

$$(1) \text{ formuladan } dN = \lambda N dt \quad A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N;$$

Aktivlik birligi qilib SI sistemasida bekkerel (Bk) qabul qilingan:

1Bk=1 yemir/s. Hosilaviy birliklari kyuri (Ku), rezerford (Rd);

1 Ku=3,7*10¹⁰Bk, 1 Rd =10⁶Bk.

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 10^{10} yillar (M: ^{238}U uchun $T_{1/2}=10^{10}$ y, bu 10^{17} s) bo'ladi. Ya'ni ^{238}U yadrosidan chiquvchi α - zarra yadroda 10^{38} marotaba aylanadi navbatdagi $10^{38}+1$ aylanishda yadrodan chiqishi mumkin ekan.

Radioaktiv yemirilishlarda nurlanishlarning kechikishi quyidagicha:

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).

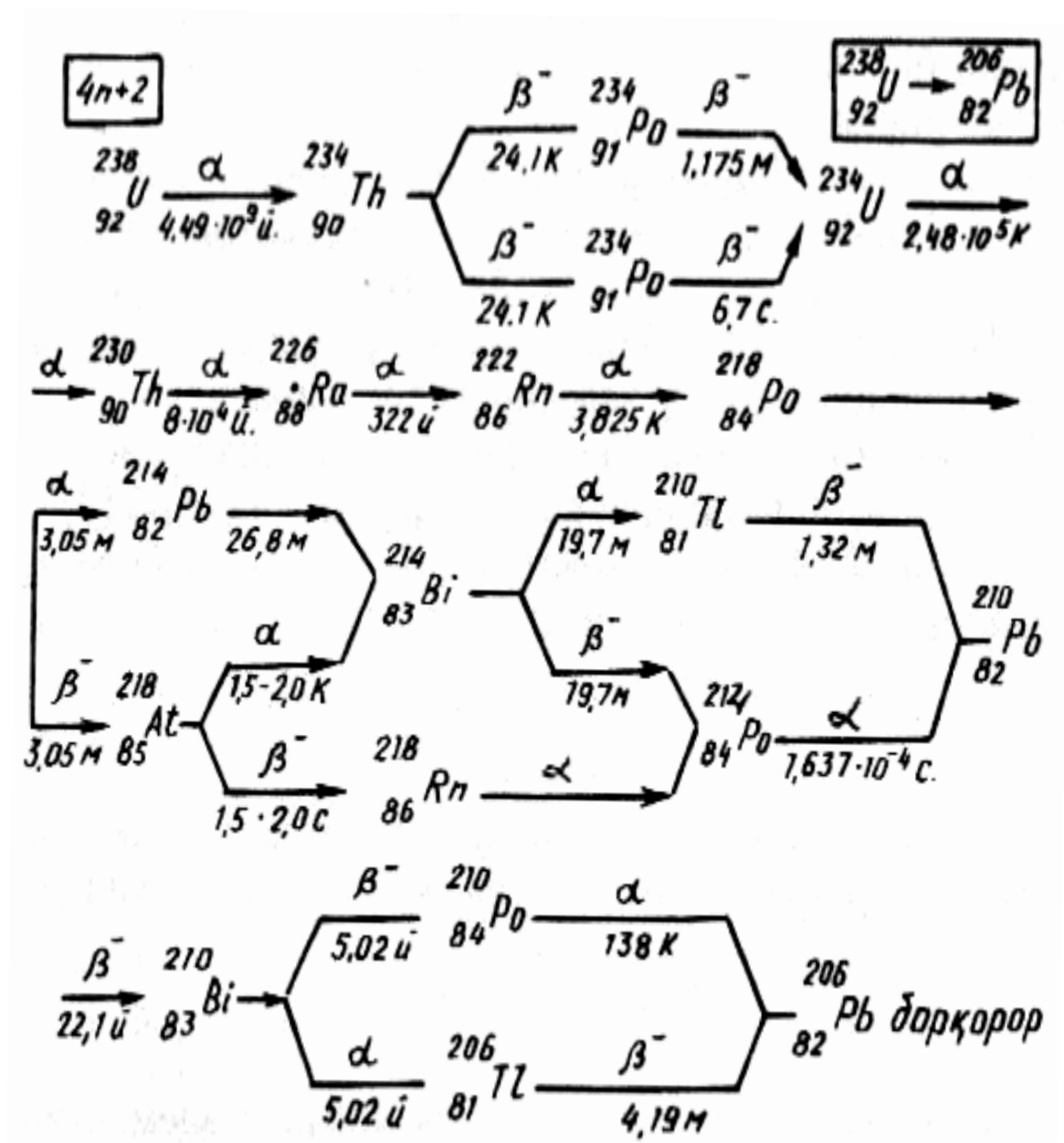
3) Yemirilish energiyasining kichik bo'lishligi radioaktivlik vaqtini kechiktiradi. (Masalan, yuzta nuklonli $A=100$ yadro uyg'onish energiyasi 10 MeV bo'lsin. Har bir nuklonga 0,1 MeV to'g'ri keladi, bu energiya solishtirma bog'lanish energiyasidan kichik, lekin hamma uyg'onish energiyani birorta nuklonga 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 $I=11/2$, $1=5$, $P=-1$, mahsul yadro uchun $I=1/2$, $1=0$, $P=+1$, $\Delta I=5$, $\Delta 1=5$ juftlik o'zgaradi. Demak, spin, orbital moment, juftlik saqlanmasligi yemirilishni ta'qiqlaydi.[14].

1.2§ Radioaktiv oilalar.

Tabiatda uchta radioaktiv oila bor. Oila boshliqlari o'ran $U(238)$, $U(235)$, $Th(232)$, elementlardir. Ularning har birining yemirilishi yemirilish zanjirini hosil qiladi. Yemirilish zanjiriga ko'p sondagi radioaktiv izotoplar kiradi.

Masalan $U(238)$ oilasining yemirilish zanjiri mana bu rasmda keltirilgan.



1 - rasm. ^{238}U tabiiy radioaktiv oilasi.

Uran 238 ni yemirilishidan Ra (226) Rn (222) Rb (214) Bi (214) Po (218), Po (210) kabi radioaktiv izotoplar hosil bo'ladi. Yemirilish zanjiri Pb (206) ning hosil bo'lishi to'xtaydi. U(238) U(235) Th(232) va ularning yemirilishidan hosil bo'ladigan radioaktiv izotoplar radioaktiv oilalarga kirmaydigan K(40) Rb(87) Sm(152) kabi tabiiy radioaktiv izotoplar tog' jinslari tuproqlar suvlar usimliklarda tabiiy ravishda tarqalgan. Ular doimo yemirilib turadi. Yemirilishdan hosil bo'ladigan radioaktiv nurlanishlar atrof - muhit radioaktivligiga katta hissa qushadi. Oziq - ovqat mahsulotlari havo orqali kishilar organizmiga ham o'tadi. Kishilar asosiy nurlanishni tabiiy radioaktiv element yemirilishidan hosil bulgan radioaktiv nurlanishlardan oladi. Atrof muhitda tabiiy radioaktiv elementlar miqdori ularni xavfsiz deb belgilagan chegaraviy miqdoridan ortib ketishi kishilarning ortiqcha nurlanishiga olib keladi.

Chegaraviy miqdordan ortib ketishi kishilarning ortiqcha nurlanishiga olib keladi ortiqcha nurlanish esa sog'lom kishilarda saraton naslsizlik kabi xafli kasalliklarning kelib chiqishiga sabab bo'lishi mumkin. Shuning uchun atrof muhit namunalarida tarqalgan radioaktiv elementlar miqdorini aniqlash ularning o'zgarishini nazorat qilib turish ekologik nuqtai nazardan juda mahimdir. Men ushbu ishimda xonalar havosi tarkibidagi radon 222 aktivligini aniqlashim kerak. Radon 222 Uran 238 radioaktiv oilasining yemirilish zanjiriga kiradigan Radiy 226 ning yemirilishidan hosil bo'ladi.

Radon 222 radioaktiv gaz bo'lib, havoga ko'tariladi va aralashadi. Havo tarkibida mavjud bo'ladi. Uran 238 bo'lgan joyda Radiy bor. Uning yemirilishidan Radon 222 hosil bo'ladi.

Radonning yarim yemirilish davri 3.8 kun. Radon alfa chiqarib yemiriladi. Radon 222 yemirilishidan hosil bo'lgan Po-218 Pb-214 Bi-214 lar metall bo'lib havodagi ko'zga ko'rinmas chang zarralarga o'tirib qoladi. Kishilar nafas olganda Pb-214 yoki Bi-214 ham nafas bilan kishilar organizmiga o'tadi. Lekin ularning yarim yemirilish davri kichik. (Pb-214,(26.8 minut) Bi-214 (19,7 minut)) Kishilar

organizmida radon miqdori 0.6 10-13 grammdan 1.5 10-10 grammgacha bo'lishi mumkin.

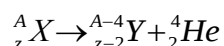
1.3§ Radioaktiv yemirilish turlari.

Alfa - yemirilish

Alfa-yemirilish yadroviy kuchlar ta'sirida barcha saqlanish qonunlarining bajarilishligi bilan ro'y beradi. Alfa zarralar xossalarini o'rganish zaryadi $Z=2$, massa soni $A=4$, bog'lanish energiyasi $E=28 \text{ MeV}$, spini $I=0$, magnit momenti $\mu=0$ bo'lgan yalong'och geliy atomi ekanligini ko'rsatdi.

Tabiiy radioaktiv alfa - yemirilish faqat davriy sistemaning oxiridagi $Z>82$ vismutdan keyin joylashgan og'ir element izotoplarida kuzatiladi. Sun'iy ravishda nuklonlar soni $A=140-160$ sohada yotuvchi nodir yer elementlarida ham alfa aktiv izotoplar hosil qilinadilar.

Alfa-yemirilgan yadro zaryadi $\Delta Z=2$, massa soni $\Delta A=4$ ga kamayadi, davriy sistemada ikki katak oldinga siljiydi:



Alfa-yemirilish energetik jihatdan mumkin bo'lishi uchun ushbu shart bajarilishi lozim:

$$M(A, z) > M(A-4, z-2) + M({}_2^4He) \quad (1.4)$$

ya'ni dastlabki ona yadroning massasi (energiyasi) hosilaviy yadro va alfa-zarra massa(energiya)lari yig'indisidan katta bo'lishi kerak.

Energiyalar farqiga α -yemirilish energiyasi E_α deyiladi. Yemirilish energiyasi bo'laklarga (α -zarra va hosilaviy yadrolarga) kinetik energiya berishga sarf bo'ladi.

$$E_\alpha = [M(A, z) - M(A - 4, z - 2) - M({}_2^4\text{He})]c^2 = T_\alpha + T_{h.ya} \quad (1.5)$$

bu yerda $T_\alpha + T_{h.ya.}$ -lar α -zarra va hosilaviy yadrolar kinetik energiyalari.

Agar yemiriluvchi yadro nisbatan tinch holatda $P(A, Z)=0$ bo'lsa, alfa zarra (p_α) va hosilaviy yadro ($p_{h.ya.}$) impulsar tengligidan α -zarra va hosilaviy yadrolar tepki energiyasini topish mumkin

$$\vec{p}(A, z) = p_\alpha + p_{h.ya} \quad (1.6)$$

$$\vec{p}(A, z) = 0 \quad \left| \vec{p}_\alpha \right| = \left| \vec{p}_{h.ya.} \right| \quad (1.7)$$

$$M_\alpha T_\alpha = M_{h.ya.} T_{h.ya.}; \quad T_{h.ya.} = \frac{M_\alpha}{M_{h.ya.}} T_\alpha \quad (1.5) \text{ shartdan}$$

$$E_\alpha = T_\alpha + T_{h.ya.} = T_\alpha + \frac{M_\alpha}{M_{h.ya.}} \cdot T_\alpha = \left(1 + \frac{M_\alpha}{M_{h.ya.}}\right) \cdot T_\alpha ;$$

$$T_\alpha = \frac{M_{h.ya.}}{M_a + M_{h.ya.}} \cdot E_\alpha \quad (1.8)$$

$$\text{Xuddi shuningdek } T_{h.ya.} = \frac{M_a}{M_a + M_{h.ya.}} \cdot E_\alpha \quad (1.9)$$

Shunday qilib, α -yemirilish energiyasi E_α ning asosiy qismi zarra kinetik energiyasiga, ozgina ($\sim 2\%$ ga yaqin) qisminigina hosilaviy yadro tepki energiyasiga sarf bo'lar ekan.

Masalan, ${}_{83}^{212}\text{Bi} \rightarrow {}_{81}^{208}\text{Tl} + \alpha$ yemirilishda $E_\alpha = 6,203 \text{ MeV}$

(4.8) va (4.9) formulalarga ko'ra

$$T_{h.ya} = \frac{M_a}{M_a + M(Tl)} \cdot E_\alpha = \frac{4}{4 + 208} \cdot 6,2 \text{ MeV} = 1,117 \text{ MeV}$$

$$T_a = \frac{208}{4 + 208} \cdot 6,2 \text{ MeV} = 6,08 \text{ MeV}$$

Alfa-yemiriluvchi yadrolar bo'yicha tajriba xulosalari:

1) Ko'pgina yadrolardan chiquvchi α -zarralar energiyasi monoxromatik.

2) Ayrim hollarda energiyalari bir-birlariga yaqin bo'lgan bir necha monoxromatik α -zarralar chiqarishadi, bunga α -yemirilishning nozik strukturasi deyiladi. Masalan,

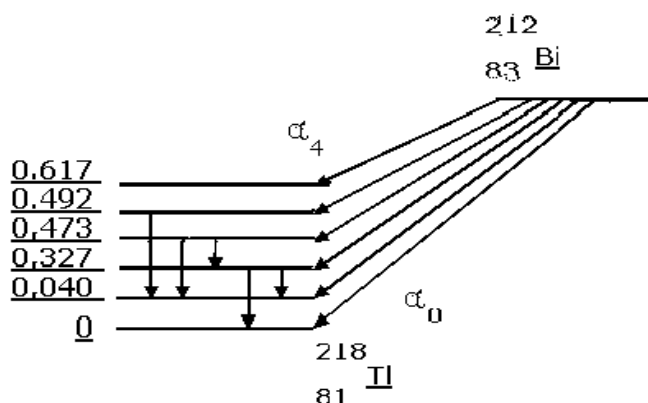
$$T_{\alpha 1} = 4,88 \text{ MeV}(96\%)$$



$$T_{\alpha 2} = 4,68 \text{ MeV}(4\%)$$

Qavs ichida α -zarralar intensivligi foiz hisobida keltirilgan.

Alfa yemirilishning nozik strukturasi dastlabki yemiriluvchi ona yadroning hosilaviy yadro uyg'ongan holatlariga yemirilish tufayli hosil bo'ladi. Hosilaviy yadro asosiy holatiga uyg'ongan holatidan gamma-kvantlar chiqarish bilan asosiy holatga o'tadilar (1.1-rasm).

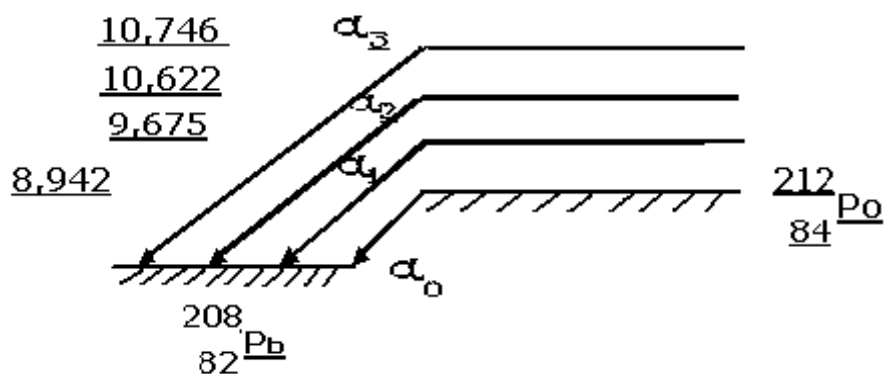


4 - rasm.

Alfa spektr nozik strukturasi hosilaviy yadroning uyg'ongan holatlari va energiyalarini, ya'ni yemirilish sxemasini aniqlash imkoniyatini beradi.

Alfa spektr nozik strukturasi α_0 -energiyasi yemirilish qiymatiga mos kelsa, qolgan $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ - zarralar energiyalari mos ravishda uyg'onish energiya qadar kichik chiqadi.

Ba'zi hollarda alfa yemiriluvchi ona yadroning uyg'ongan holatidan hosilaviy yadro asosiy holatiga yemirilish bilan ro'y berishi mumkin. Bu alfa zarralar kinetik energiyasi uyg'onish energiyasi qadar katta bo'ladi. Bunday alfa-zarralar uzoq chopuvchi alfa-zarralar deb ataladi (1.2-rasm).



5 - rasm

Bunda α_1 , α_2 , α_3 lar α_0 –dan uygʻonish energiyalari qadar energiyalari ortiq boʻladi. Uzoq chopuvchi α -zarralar yemiriluvchi yadroning yemirilish sxemasini aniqlash imkoniyatini beradi.

3) Alfa zarralar intensivligi energiyasiga bogʻliq boʻlib, energiyasi oshishi bilan intensivligi keskin osha boradi.

4) Alfa tabiiy radioaktiv izotoplardan chiquvchi α -zarralar energiyalari $4\text{MeV} < T_\alpha < 9\text{ MeV}$ oraligʻida, bu yadrolarning yarim yemirilish davrlari $T_{1/2}$ esa $3 \cdot 10^{-7}$ sekund $< T_{1/2} < 5 \cdot 10^{15}$ yil oraligʻida boʻladi. Alfa zarralar kinetik energiyalari nisbati 2,5 marta oʻzgarsa, yarim yemirilish davrlari nisbati 10^{24} marotaba oʻzgaradi. Lekin shunday katta farq boʻlishiga qaramasdan alfa yemirilish davri bilan energiyasi oʻrtasidagi aloqadorlik mavjud. Alfa zarralar energiyasi 1% kamaysa, yarim yemirilish davri 10 marotaba oshadi, agar energiya 10% kamaysa, yarim yemirilish davri 2-3 tartibga oʻzgaradi. Tajriba natijalariga asoslanib bu bogʻlanishni 1911-1922 yillar Geyger-Nettollar aniqlaganlar.

$$\lg \lambda = A \lg R_\alpha + B \quad (1.10)$$

Bu yerda λ -yemirilish doimiysi, A, B –doimiy sonlar (radioaktiv oilalarga xos boʻlgan oʻzgarmas son), R_α - α -zarraning havoda chopish masofasi.

Alfa zarraning havoda chopish masofasi kinetik energiyasi orqali $R_{sm}=0,3 T_\alpha^{3/2}$ MeV ifodalanadi. U holda (4.10) ifodani

$$\lg \lambda = A \lg T_\alpha + B \quad (1.11)$$

koʻrinishda yozamiz.

(1.11) Geyger - Nettol formulasi ahamiyati shundaki, uzoq yashovchi alfa yemiriluvchi yadrolarning yarim yemirilish vaqtini bevosita o'lchash mumkin bo'lmagan yadrolarda bu yadrolardan chiqayotgan hajm energiyasi, ikkinchi α -zarralar kinetik energiyasiga ko'ra yemirilish vaqtini aniqlash mumkin.

5) Alfa yemirilish energiyasi massa soniga bog'liq bo'lib, massa sonining oshishi bilan energiyasi oshib boradi, bu o'zgarishda ikkita maksimum qiymati uchraydi: biri $A=145$ da, ikkinchisi $A=212$ da.

Alfa energiyasining massa soni A oshishi bilan o'sib borishligini tomchi modeliga ko'ra, Kulon energiyasi oshishligi bu bilan bog'lanish energiyasining kamayib, massasini oshib borishligi bilan tushuntirish mumkin. Ya'ni dastlabki yadroda hosila yadroga qaraganda zaryad katta, Kulon energiyasi katta, bog'lanish energiyasi kichik, massasi esa oshib boraveradi. Alfa zarralar energiyasi oshib borishligini solishtirma bog'lanish energiyasiga ko'ra tushuntirish mumkin. Solishtirma bog'lanish energiyasini massa soniga bog'liqlik grafigidan ko'rinib turibdiki, o'ta og'ir yadrolarga qariyb 5,5 MeV to'g'ri keladi. Bu degan so'z, og'ir yadrodan bir proton yoki bir neytronni ajratib olish uchun yadroga 5,5 MeV energiya berish zarur, demakdir.[19].

Beta - yemirilish

Radioaktiv yadro β -yemirilish tufayli qo'shni izobar yadroga o'tadi. Beta-yemirilishda yadro zaryadi $\Delta Z \pm 1$ ga o'zgaradi, massa soni A o'zgarmaydi. Beta-yemirilish energiyasi 18 keV dan 16 MeV gacha bo'lib, barcha yadrolar sohasida kuzatiladi. Beta-zarraning aynan elektron ekanligiga $\beta \equiv e$ quyidagi ilmiy dalillarni keltirish mumkin:

- 1) β^- - zarra zaryadi, massasi, spini, magnit momenti elektronnikiga teng;
- 2) β^+ - zarra atom qobiq elektronlari bilan annigilyatsiya beradi $\beta^+ + e \rightarrow \gamma + \gamma$ (annigilyatsiyalashuvni faqat antizarralargina vujudga keltiradi);
- 3) Beta-yemirilish atom qobiq elektronlarini yadro tomonidan qamrab olish bilan ham bo'ladi.

4) Beta-zarra elektron kabi Pauli tamoyiliga buysunadi, yadrodan chiquvchi β -zarra atom qobig'ida to'xtab qolmaydi, albatta, atomdan tashqariga chiqib ketadi.

Shunday qilib, aytish mumkinki, β -zarra aynan elektron ekan.

Ikkinchi tomondan β -zarra yadroda tayyor holda mavjud emas. Yadro proton va neytronlardan iboratdir. Agar yadroda β -zarra mavjud deyilsa, u holda yadroning spin va magnit momentlarini tushuntirib bo'lmaydi. Bundan tashqari, energiyasini ham tushuntirib bo'lmaydi. Haqiqatan ham impuls va koordinata noaniqligi tamoyiliga asosan

$$\Delta p \Delta r \geq \hbar \quad \Delta p = \frac{\hbar}{\Delta r} = \frac{10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{s}}{10^{-12} \text{ sm}} = 10^{-15} \frac{\text{erg} \cdot \text{s}}{\text{sm}}$$

$$\check{N} = \Delta p \cdot \dot{r} = 10^{-15} \frac{\text{erg} \cdot \text{s}}{\text{sm}} \cdot 3 \cdot 10^{10} \frac{\text{sm}}{\text{s}} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ erg} = 3 \cdot 10^{-5} \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-6}} \text{ } \check{\text{eV}} = 20 \text{ MeV}$$

β -yemirilish energiyasidan katta bo'lib ketadi.

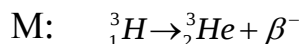
Xulosa qilib aytish mumkinki, β -zarra yadroda tayyor holda mavjud emas, yemirilish vaqtidagina paydo bo'ladi.

Yadroda β -yemirilish jarayonini yadrodagi nuklonlarning o'zaro almashinuvchi, ya'ni protonlarning neytronlarga yoki neytronlarning protonlarga almashinuvi tufayli deb qarash kerak. Beta-yemirilish nuklonlar almashinuviga xos jarayondir. β -zarralar manbai nuklonlardir. Yadrodan tashqaridagi erkin neytron yarim yemirilish davri 11,7 min. davr bilan proton va beta-zarraga yemiriladi, yadro ichida proton ham β -yemirilishini vujudga keltiradi.

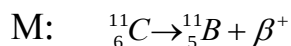
Shuni alohida ta'kidlash mumkinki, erkin neytron $n \rightarrow p + \beta^-$ - bo'yicha β^- -yemirilar ekan. Bu yemirilish yadro va elektromagnit kuchlari tufayli deb bo'lmaydi, chunki yadro kuchlari qisqa masofada ta'sirlashuv xususiyatiga ega bo'lgani uchun erkin neytronga ta'sir etmaydi, neytron zaryadsiz bo'lgani uchun elektromagnit kuchlari ham ta'sir etmaydi. Demak, beta-yemirilish alohida kuchlar, ya'ni kuchsiz ta'sirlashuv deb ataluvchi kuchlar tufayli ro'y beradi.

Beta-yemirilishning uch xili uchraydi: β^- -yemirilish, β^+ -yemirilish va e-qamrash.

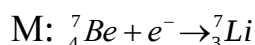
1. β^- - yemirilish yadroda neytronlar ortiqcha bo'lishsa, $n \rightarrow p + \beta^-$ yemiriladi, bu bilan ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + \beta^-$ zaryadi bittaga oshadi.



2. Agar yadroda protonlar ortiqcha bo'lishsa, $n \rightarrow p + \beta^+$ -yemiriladi, bu bilan



3. Atom qobig'idagi elektronni yadro qamrab olishi $e^- + p \rightarrow n$ bu bilan yadro zaryadi bittaga kamayishi $e^- + {}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^AY$ mumkin.



Elektron qamrash ehtimoliyati atom qobig'ining yadroga eng yaqin joylashgan K-qobiq elektronlari uchun eng katta. Bu jarayonda rentgen nurlari va chet qobiq elektronlari chiqishi kuzatiladi.[19].

Gamma – nurlanish

Gamma-nurlanishda yadroda massa soni, zaryadi o'zgarmaydi, faqat energiya o'zgarishi ro'y beradi. Gamma-nurlanish yadroning uyg'ongan holatidan holatlar energiyalarining ayirmasiga teng bo'lgan diskret energiyali nurlanishlardir.

Gamma-nur tinch holatdagi massasi nol, zaryadsiz, spini $I=1$ ga teng bo'lgan qisqa elektromagnit to'liqdir.

Gamma-nurlanish yadro ichida ro'y beradi, chunki alohida nuklon gamma nurlamaydi (yutmaydi), beta-yemirilish nuklonlarga xos bo'lsa, gamma-nurlanish yadroga xos jarayondir.

Gamma-nur alfa, beta-yemirilishlardan so'ng, yadro reaksiyalaridan keyin vujudga keladi, yemirilishlardan keyin energiyasi 10 keV-5 MeV gacha reaksiyalardan keyin esa ~ 20 MeV gacha yetishi mumkin.

Gamma-nurlanish yadrodagi nuklonlarning yadro elektromagnit maydoni bilan ta'sirlashuviga ko'ra vujudga keladi.

Foton yoki gamma-kvantlarning massasi nolga teng bo'lganligidan ular 1 orbital momentga ega bo'lmaydi. Fotonlar holatini belgilashda multipol

tushunchasidan foydalaniladi. Bu holat, elektromagnit maydonning multipoli L va juftligi π bo'lgan holatidir. Erkin fotonlar to'la momenti L bo'lgan holatlar ega bo'ladi. To'la momentining har bir qiymatiga bitta juftligi musbat bitta juftligi manfiy bo'lgan holat to'g'ri keladi. Fotonning L momenti va π -juftligi aniq bo'lgan holati ma'lum multipollik bilan xarakterlanadi. Binobarin, kvant elektrodinamikasida 2^L karrali multipollik o'tishda foton manbaga nisbatan L harakat miqdori olib ketishi ko'rsatiladi.

Multipollar $L=1$ bo'lganda dipol, $L=2$ bo'lganda kvadrupol, $L=3$ bo'lganda oktopol va h.k. nomlar bilan ataladi. Shunga asosan elektr dipol va oktopol hamda magnit kvadrupollar toq-juftlikka, aksincha magnit dipol va oktopol hamda elektr kvadrupollar juft-juftlikka ega. Elektr multipollarni E harfi bilan, magnit multipollarni esa M harfi bilan belgilash qabul qilingan. Harfning o'ng tomoniga L momentning qiymati qo'yiladi.

M : elektr dipol kvant $E1$, magnit dipol kvant $M1$, elektr kvadrupol kvant $E2$, magnit kvadrupol kvant $M2$ va h.k.

Nuklonlarning yadro bilan ta'sirlashuvida yadro zaryadlarining qayta taqsimlanishi elektr E , spin va orbital magnit momentlarning qayta taqsimlanishi esa magnit M tipidagi nurlanishlar vujudga keladi. Yadrodan chiquvchi γ -kvantlarning energiyalari keV lardan bir necha MeV gacha bo'ladi. Shunga mos ravishda keltirilgan to'lqin uzunligi

$$E = \frac{c\hbar}{\lambda}$$

$2 \cdot 10^{-10} \div 5 \cdot 10^{-14}$ m atrofida bo'ladi.

Agar fotonning to'lqin uzunligi λ u bilan o'zaro ta'sirlashayotgan yadro o'lchami R dan katta, ya'ni $\frac{k}{\lambda} \ll 1$ bo'lsa, odatda bu ta'sirlashuvda harakat miqdori momenti va juftlikni saqlanish qonunlari ruhsat etgan multipollikning eng kichik qiymatlari amalga oshiriladi. Elektromagnit nurlanishlar nazariyasidan elektr E multipol nurlanishlari nurlanish to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lib, nurlanish ehtimoliyati

$$P_l \approx \left(\frac{R}{\lambda} \right)^{2l} \quad (1.12)$$

Magnit nurlanishlari uchun

$$P_l \approx \left(\frac{R}{\lambda} \right)^{2(l+1)} \quad (1.13)$$

Bundan ko'rinadiki, bir xil multipollikda M-nurlanishlar E-nurlanishlarga nisbatan $\left(\frac{R}{\lambda} \right)^2$ marta qiyinlashadi. Boshqacha aytganda, berilgan multipollik L-da ML-o'tish EL-o'tishga nisbatan

$$\left(\frac{e\hbar}{m_p c e R} \right)^2 = \left(\frac{\hbar}{m_p c R} \right)^2 = 10^{-3} \div 10^{-2}$$

omilga yoki shuncha marotaba sekinlashgan bo'ladi.

Gamma o'tishlar ehtimoliyati gamma foton energiyasi va yadroning massa soniga bog'liq.

$$P_l \approx \left(\frac{R}{\lambda} \right)^{2l} \approx E^{2l} A^{2l/3} \quad (1.14)$$

Gamma-nurlanish ehtimoliyati foton energiyasi oshsa, oshadi. Nurlanish multipolligi birga oshsa nurlanish ehtimoliyati $\frac{P_{l+1}}{P_l} = \frac{(R/\lambda)^{2(l+1)}}{(R/\lambda)^{2l}} = \left(\frac{R}{\lambda} \right)^2$ ga kamayadi.

Gamma-nurlanishda ma'lum tanlash qoidalari bajarilishi talab qilinadi. Ya'ni harakat miqdor momenti va juftlik saqlanishlik bilan ro'y beradi.

Harakat miqdori momenti saqlanish qoidasiga ko'ra

$$|I_\delta - I_0| \leq l \leq |I_\delta + I_0| \quad (1.15)$$

bu yerda I_δ va I_0 – yadroning boshlang'ich va oxirgi holat spinlari. Juftlik saqlanish qonuniga ko'ra

$$\frac{\pi_{\delta}}{\pi_0} = (-1)^l \quad \text{elektr o'tishlar uchun} \quad (1.16)$$

$$\frac{\pi_{\delta}}{\pi_0} = (-1)^{l+1} \quad \text{magnit o'tishlar uchun}$$

Nurlanish tartibini spin saqlanishiga ko'ra aniqlanadi, nurlanish xili (elektr yoki magnet) juftlik saqlanishiga ko'ra aniqlanadi. Shunday qilib (1.15) va (1.16) formulalardan va yuqorida aytilganlardan shu narsa aniqlanadiki, birinchidan, multipollik l ortishi bilan gamma-o'tish ehtimoliyati kamayadi, ikkinchidan, o'zgarmas l da magnet o'tish ehtimoliyati elektr o'tish ehtimoliyatidan kam bo'ladi va uchinchi aralash o'tishlarda kichik multipollikka ega bo'lgan o'tishlar ehtimolligi katta bo'ladi. To'rtinchidan o'tish energiyasi oshishi bilan ehtimoliyati oshib boradi.

Quyidagi 1.1-jadvalda tanlash qoidasiga ko'ra juftlik o'zgarishi yoki o'zgarmasligiga qarab turli ΔI larda yuz beradigan asosiy gamma - o'tishlar ko'rsatilgan.

1.1-jadval

Juftlik o'zgarishi π_{δ}/π_0	Spin o'zgarishi ΔI					
	0	1	2	3	4	5
Ha	E1 M2	E1 M2	M2 E3	E3 M4	M4 E5	E5 M6
Yo'q	M1 E2	M1 E2	E2 M3	M3 E4	E4 M5	M5 E6

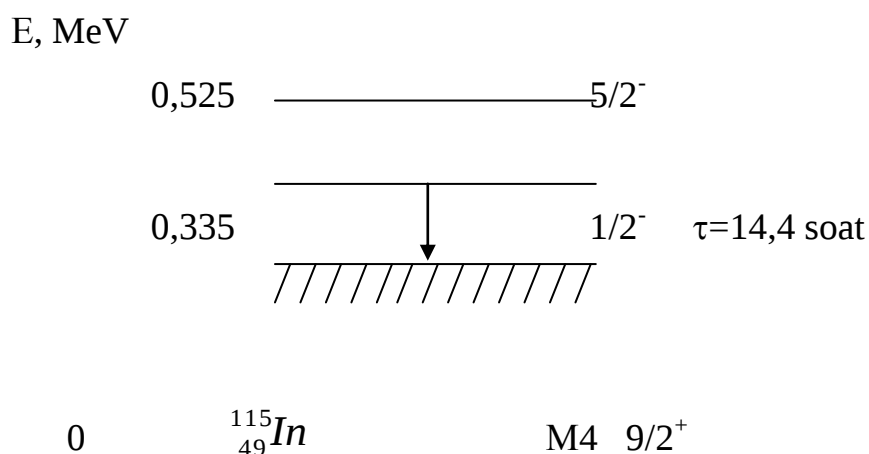
Bu yerda boshlang'ich va oxirgi juftliklar o'zgarsa-*ha*, o'zgarmasa-*yo'q*. Harakat miqdori momentining saqlanishi spinlari noldan spini nol holatga $I_{\delta}=I_0=0$ o'tishni ta'qiqlaydi.

Spin va juftlik bo'yicha tanlash qoidasidan tashqari, izotopik spin bo'yicha ham quyidagi tanlash qoidasi bajarilishi kerak.

$$\Delta T = 0, \pm 1 \quad \text{va} \quad \Delta T_{\xi} = 0$$

Agar yadro uyg'ongan holati spini asosiy holatining spinidan ancha farq qilsa ($|I_1 - I_2| \geq 3$) unda uyg'ongan holatning o'rtacha yashash vaqti ancha katta bo'ladi. Ba'zi bir hollarda, uyg'onish energiyasi kichik bo'lganda, bu davr sekundlar, kunlar va hattoki yillar bilan o'lchanadi. Katta yashash vaqtiga ega bo'lgan uyg'ongan holatlar metastabil holatlar deyiladi. Tarkibi bir xil bo'lgan, lekin har xil yashash vaqtiga ega bo'lgan uyg'ongan holatlarda tura oladigan yadrolar *izomer* yadrolar deyiladi. Energiyalar bir-biriga juda yaqin, lekin kvant sonlari (spinlari, juftligi) katta farq qiluvchi holatlarga izomer holatlar deyiladi. Izomer yadrolar bo'lishligini qobiqli model yaxshi tushuntiradi.

Masalan ^{115}In izomer holatli yadroga misol bo'ladi. ^{115}In yadro asosiy holati $g_{9/2}$ -birinchi uyg'ongan holati $P_{1/2}$, energiyasi 0,335MeV.



6 – rasm.

Bu holatlar spinlari ayirmasi $\Delta I=4$ ga juftliklari o'zgargan eng kichik M4 o'tish bo'ladi. Bu gamma o'tishlar spin va juftlik o'zgarishiga ko'ra taqiqlangan, shuning uchun bu holat o'rtacha yashash vaqti katta $\tau=14,4$ soat.[19].

1.2 - jadval . Radioaktiv nuklidlar gamma - kvantlar energiyasi.

Nuklid	$E_\gamma(\Delta E_\gamma), \text{keV}$	Nuklid	$E_\gamma(\Delta E_\gamma), \text{keV}$	Nuklid	$E_\gamma(\Delta E_\gamma), \text{keV}$
1	2	3	4	5	6
^{182}Ta	31,7370(7)	^{173}Lu	285,369(6)	^{160}Tb	962,342(18)

¹⁸² Ta	42,7143(9)	⁹² Ir	295,9483(52)	¹⁵² Eu	964,070(18)
²⁴¹ Am	59,538(2)	¹⁶⁰ Tb	298,571(6)	¹⁶⁰ Tb	966,163(19)
¹⁶⁹ Yb	63,1182(11)	¹³³ Ba	302,850(6)	⁵⁶ Co	1037,841(18)
¹⁸² Ta	65,7219(13)	¹⁷⁵ Se	303,908(10)	⁸² Br	1043,996(20)
¹⁸² Ta	67,7496(13)	¹⁶⁹ Yb	307,732(6)	²⁰⁷ Bi	1063,660(19)
¹⁸² Ta	84,2517(15)	¹⁹² Ir	308,4464(54)	¹⁵² Eu	1085,835(19)
¹⁸² Ta	84,6802(16)	¹⁹² Ir	316,4977(56)	¹⁵² Eu	1112,065(22)
¹⁶⁰ Tb	86,790(2)	¹⁵² Eu	344,267(7)	⁶⁵ Zn	1115,555(20)
¹⁰⁹ Gd	88,032(2)	¹³³ Ba	356,005(7)	¹⁸² Ta	1121,290(20)
¹⁷⁹ Lu	88,367(3)	¹³³ Ba	383,831(8)	⁶⁰ Co	1121,290(20)
⁷⁵ Se	96,734(3)	¹¹³ Sn	391,688(7)	⁵⁶ Co	1175,095(23)
¹⁰⁹ Gd	97,432(3)	⁷⁵ Se	400,650(8)	¹⁶⁰ Tb	1177,970(22)
¹⁸² Ta	100,1067(19)	¹⁵² Eu	411,084(10)	¹⁸² Ta	1177,970(22)
¹⁵³ Gd	103,181(2)	¹⁹⁸ Hg	411,794(7)	¹⁶⁰ Tb	1199,904(23)
¹⁶⁹ Yb	109,784(3)	¹⁹² Ir	416,4501(79)	¹⁵² Eu	1212,895(23)
¹⁸² Ta	113,6677(22)	¹⁵² Eu	443,940(9)	¹⁸² Ta	1221,391(22)
¹⁸² Ta	116,4172(23)	¹¹⁰ Ag	446,802(11)	¹⁸² Ta	1230,988(23)
¹⁶⁹ Yb	118,191(3)	¹⁹² Ir	468,0546(82)	⁵⁶ Co	1238,271(22)
⁷⁵ Se	121,117(3)	⁸² Br	554,330(11)	¹⁸² Ta	1257,416(23)
¹⁵² Eu	121,782(3)	¹³⁴ Cs	563,231(11)	¹⁸² Ta	1271,896(24)
⁵⁷ Co	121,060(2)	¹³⁴ Cs	569,322(12)	¹⁸² Ta	1273,711(24)
¹⁶⁹ Yb	130,525(3)	²⁰⁷ Bi	569,683(11)	²² Na	1274,531(23)
¹⁴⁴ Ce	133,518(3)	¹⁹² Ir	588,5562(106)	¹⁸² Ta	1289,119(24)
⁷⁵ Se	136,000(3)	¹⁹² Ir	604,3942(106)	¹⁵² Eu	1289,119(24)
⁵⁷ Co	136,475(5)	¹³⁴ Cs	604,701(12)	¹⁶⁰ Tb	1312,174(26)
¹⁴¹ Ce	145,443(3)	¹⁹² Ir	612,4460(106)	⁸² Br	1317,459(25)
¹⁸² Ta	152,4298(29)	¹¹⁰ Ag	620,353(14)	⁶⁰ Co	1332,485(25)
¹⁸² Ta	156,3819(30)	¹⁷³ Lu	636,129(13)	⁵⁶ Co	1360,209(24)
¹³⁹ Ce	165,854(3)	¹¹⁰ Ag	657,744(13)	¹³⁴ Cs	1365,177(24)

¹⁷³ Lu	171,402(4)	¹³⁷ Cs	661,648(13)	²⁴ Na	1368,615(26)
¹⁶⁹ Yb	177,208(4)	¹¹⁰ Ag	677,613(14)	¹¹⁰ Ag	1384,285(26)
¹⁷³ Lu	179,363(4)	¹¹⁰ Ag	687,001(14)	¹⁵² Eu	1407,974(26)
¹⁸² Ta	179,3895(34)	¹⁴⁴ Ce	696,492(13)	¹¹⁰ Ag	1475,778(27)
¹⁶⁰ Tb	197,026(4)	⁸² Br	698,361(13)	¹⁴⁴ Ce	1489,132(27)
¹⁶⁹ Yb	197,948(4)	¹¹⁰ Ag	706,672(14)	¹¹⁰ Ag	1505,036(28)
¹⁸² Ta	198,3478(38)	¹¹⁰ Ag	744,271(15)	¹¹⁰ Ag	1562,303(29)
⁷⁵ Se	198,603(5)	¹¹⁰ Ag	763,936(16)	²⁰⁷ Bi	1770,253(34)
¹⁶⁷ Tm	207,797(4)	⁸² Br	776,516(14)	⁵⁶ Co	1771,347(32)
¹⁶⁰ Tb	215,641(4)	¹⁵² Eu	778,914(15)	⁵⁶ Co	1810,768(37)
⁸² Br	221,476(6)	^{95m} Br	786,188(15)	⁸⁸ Y	1836,074(34)
¹⁸² Ta	222,1037(42)	¹³⁴ Cs	795,856(16)	⁵⁶ Co	1963,760(38)
¹⁸² Ta	229,3162(52)	¹³⁴ Cs	801,957(16)	⁵⁶ Co	2015,196(40)
¹⁷³ Lu	233,603(5)	¹¹⁰ Ag	818,028(15)	⁵⁶ Co	2034,772(37)
¹⁵² Eu	244,691(5)	^{95m} Tc	820,632(19)	⁵⁶ Co	2113,154(48)
¹¹³ Sn	255,132(8)	⁸² Br	827,828(16)	¹⁴⁴ Ce	2185,607(41)
¹⁶⁹ Yb	261,069(9)	⁵⁴ Mn	834,858(15)	⁵⁶ Co	2212,859(55)
¹⁸² Ta	264,0711(50)	⁵⁶ Co	846,777(16)	⁵⁶ Co	2598,444(47)
⁷⁵ Se	264,652(5)	¹⁵² Eu	867,383(16)	²⁴ Na	2753,989(51)
¹⁷³ Lu	272,111(5)	¹⁶⁰ Tb	879,387(17)	⁵⁶ Co	3009,587(59)
¹³³ Ba	276,397(5)	¹¹⁰ Ag	884,695(16)	⁵⁶ Co	3201,987(60)
²⁰³ Hg	279,189(6)	⁸⁸ Y	898,048(19)	⁵⁶ Co	3253,414(60)

II BOB. Texnogen radioaktiv nuklid ^{137}Cs to'g'risida ma'lumot.

2.1§ Texnogen radioaktiv nuklid ^{137}Cs ning atrof - muhitda tarqalishi va hosil bo'lish manbalari.

Seziyning kam miqdori amalda atrof - muhitning hamma obektlarida, jumladan hayvonlarning oзуqalarida va o'simliklarda, hamda odamlar a'zolari va to'qimalarida uchraydi. [1]

Tabiiy ^{137}Cs ning solishtirma aktivlik muvozanati o'simlik va minerallarda juda kam bo'lib 3,7 dan 370mkBk/kg, yer bag'rida esa $6 \cdot 10^{16}\text{Bk}$ ga, tuproqning bir metr yuqori qatlamida esa $8 \cdot 10^{11}\text{Bk}$ ga to'g'ri keladi.

^{137}Cs ning atrof-muhitga tushishidagi asosiy manba bo'lib YaBM (yadro bo'linish mahsulatlari)ning atrof - muhitga atmosferada yadroviy portlashlar hisobiga umumbashar va hududiy tushushidir.[1]

XX asrda yadroviy qurolga ega bo'lgan mamlakatlar tomonidan 2060 marotaba atom va termoyadroviy sinov portlashlari hosil qilingan. Ulardan 457tasi atmosferaning shimoliy yarimsharida va 44tasi janubiy yarimsharida bo'lgan.[2]

Bu sinovlardan tashqari muhit yadro bo'linish mahsulotlari bilan ifloslangan bo'lib, ularning umumiy aktivligi $\sim 1,81 \cdot 10^{21}\text{Bk}$, [4].

Yadro bo'linish mahsulotlarining yerning turli hududlaridagi fazoviy taqsimlanishi uning quvvatiga, portlashning geografik sharoitiga, iqlim sharoitiga va boshqa omillarga bog'liq. Odatda, atmosferadagi portlashda sezilarli qism, yer ustidagi portlashda 50% gacha radioaktiv yog'inlar sinov hududi yaqiniga tushadi va bu hududda yadro bo'linish mahsulotlari bilan zararlanish darajasining sezilarli tebranishini tushuntirib beradi. Bu esa fanda uning kenglik bo'yicha zonalarga bo'lishni aniq ifodalaydi.[6]

Atrof- muhitga yadro bo'linish mahsulotlarining kelib tushishining yana bir manbai AES (atom elektr stansiyalari) va yadroviy kompleks korxonalaridir. 1994-yili jahonning 32 mamlakatida 432ta AES ishga tushirilgan bo'lib, ularning umumiy aktivligi 340GVt. Ularning ishlash jarayonida YaBM lari va transuran elementlarining juda ko'p miqdori to'planib qolgan. Ularning aktivligi atmosferada

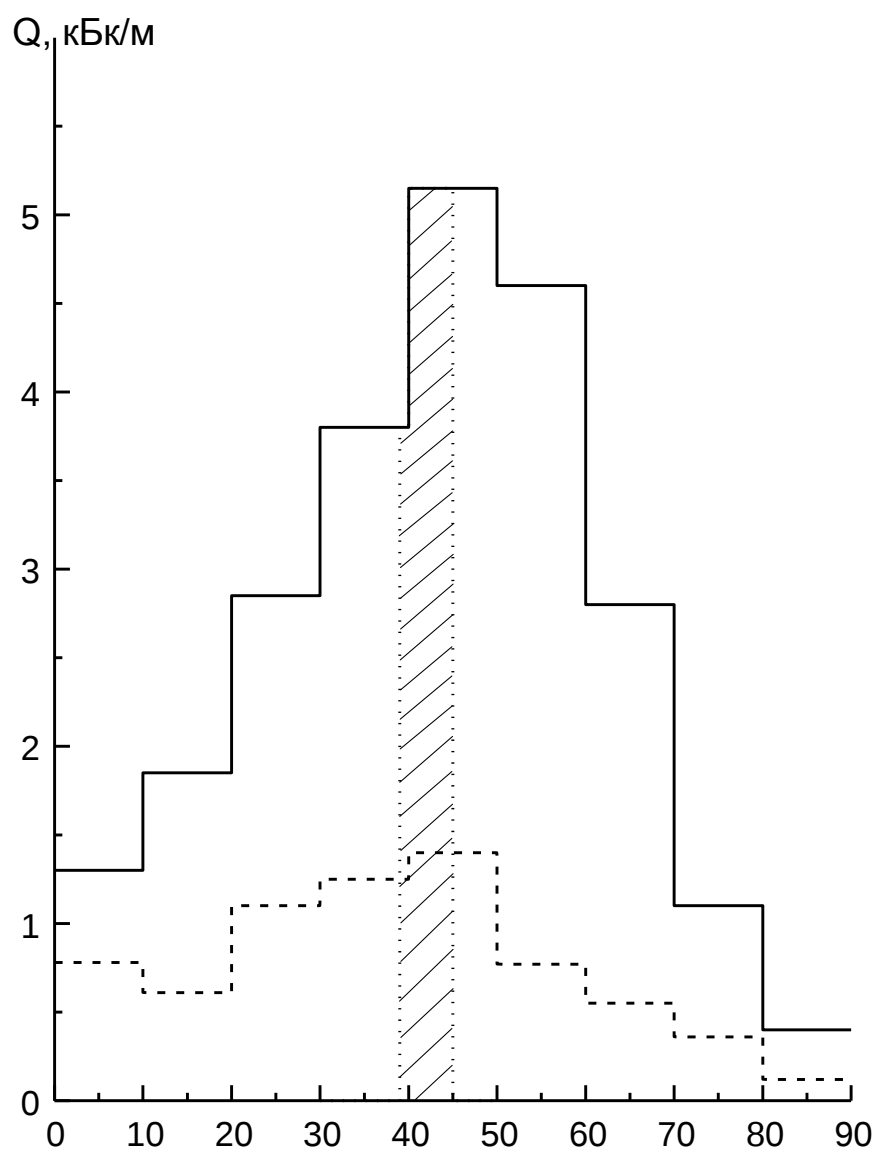
yadroviy sinovlar natijasida hosil bo'lgan YaBM aktivligidan 1000 marotba ko'p.[6]

Normal sharoitda AESlaridan chiqarilayotgan tashlandiqlar va radionuklidlarning atrof-muhitga tushishi o'rnatilgan normadan kam va asosan eng yaqin hududlarga ta'sir qiladi. (7-rasm)

Ammo, afsuski kutilmagan vaziyatlar bo'lib turadi. 1957- yilda Janubiy Uralda, 1986-yili Chernobelda AESning falofatli avariylari sodir bo'ldi va natijada bu obyektlarda tutash hududlarning ko'p qismi aholi yashashi va xo'jalik yuritishi uchun taqiqlangan zonaga aylandi, uzoqroq hududlarda esa bu ichki nurlanishning tashqi nurlanishga nisbatan hissasining oshib ketishiga olib keldi.[3]

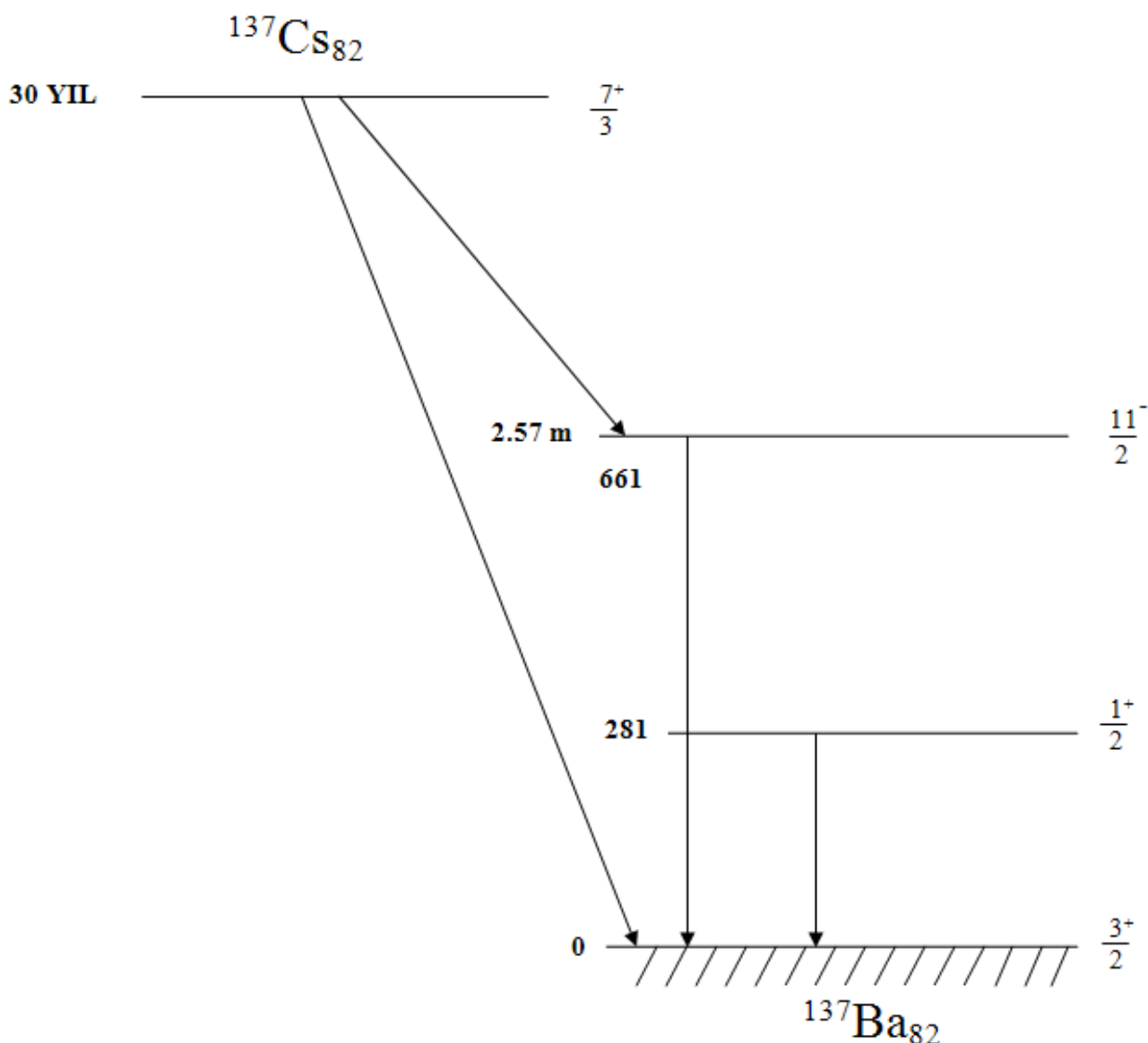
Yadroviy sinovlarning o'tkazish dinamikasi – n , ularning quvvati - w_n , yillik tushishi - q , yig'indi to'planishi – Q (oldin tushgan TN lar hisobga olinganda) ^{137}Cs ning yer yuzasiga global tushishi bilan birgalikda 1.3-rasmda keltirilgan. [3]

TRN (texnogen radioaktiv nuklid)larning global tushishining taqsimotida atmosfera yog'inlari 2xil vazifani bajaradi. Bir tomonda yog'inlar miqdori radioaktiv zararlaninish zichligiga bog'langan, boshqa tomondan esa tushuvchi TRN larning gorizontal ko'chishiga va vertikal siljishiga ta'sir qiladi.Bundan tashqari, yog'inlar atmosferani tozalaydi va natijada “quruq tushishlar” miqdoriga ta'sir qiladi.[20].



7-rasm. Yerning shimoliy (-) va janubiy (---) yarimsharlarida ^{137}Cs global tushishining o'rtacha zichligining kengliklar bo'yicha taqsimoti.

2.2§ Texnogen radioaktiv nuklid ^{137}Cs ning yemirilish sxemasi.



9-rasm. Texnogen radionuklid Cs-137 ning yemirilish sxemasi.[20].

2.3§ Radioaktiv nuklid ^{137}Cs to'g'risida asosiy ma'lumotlar

Seziy ishqoriy metallidir, uning nisbiy atom massasi 132,91mab, atom nomeri $z=55$, erish temperaturasi $28,5^{\circ}\text{C}$, qaynash temperaturasi 60°C , 20°C haroratdagi zichligi $1,873 \text{ gr/sm}^3$ ni tashkil etadi.U kislorod, suv, kislotalar va boshqa moddalar bilan kuchli ta'sirlashib, eruvchan tuzlar hosil qiladi. Yer bag'rida uning miqdori $\sim 7 \cdot 10^{-4}\%$ ni tashkil qiladi.[2]

Seziyda 35 ta izotop $A=114-148$ nomerli seziy radionuklidlari U va Th larning o'z-o'zidan va majburiy bo'linishidan hosil bo'ladi. Radiatsion gigiyenik sohada ^{137}Cs ga qiziqish katta va bo'linish, parchalanish va boshqa bo'linishlarning ketma-ket yemirilishi tufayli hosil bo'lgan mahsulotlari kabi yuzaga keladi. $A=137$ izobari:

$$^{137}\text{Te}(4\text{s}) \rightarrow ^{137}\text{I}(24,2\text{s}) \rightarrow ^{137}\text{Xe}(3.83\text{min}) \rightarrow ^{137}\text{Cs}(30,17\text{yil}) \rightarrow ^{137}\text{Ba}(2,55\text{min}) \rightarrow ^{137}\text{Ba}(\text{turg'un}).$$

Seziyning yemirilish sxemasi 3-rasmda keltirilgan.[2]

Yadro bo'linish mahsulotlarida $_{30}\text{Zn}$ dan $_{64}\text{Gd}$ gacha 36 ta neytronni ko'p kimyoviy elementlardan 200 tasi mavjud. Bu TNlarning yarim yemirilish davri nisbatan qisqadir.

Shuning uchun yadro bo'linish mahsulotlari tez tushib ketadi, 7 kundan keyin 10 marta, 49 kundan keyin 100 marta, 343 kundan keyin 1000 marta va 10 yildan keyin esa 10000 marta va yadro bo'linish mahsulotlarining nisbatan uzoq yashovchi TN lari bilan tushuntiriladi.[1-2]

Tirik organizmlarga ^{137}Cs ning radiatsion ta'siri nisbatan yuqori, chunki uning beta-yemirilishi ^{90}Sr ning beta-yemirilishi va uning hosilaviy radionuklidi bo'lmish ^{90}I ga nisbatan unda gamma-nurlanishning $E_\gamma=662\text{ keV}$ energiyali intensiv nurlanish bilan birga kechadi.[6]

III BOB. Tajriba tadqiqot jarayoni va unda foydalanilgan ssintillatsion gamma - spektrometrning tavsifi

3.1§ O'lchash uchun namunalar olish va tayyorlash.

Namuna olish uchun tanlangan maydonning geografik kengligi aniqlanadi. Bundan keyin namuna olinuvchi nuqtaning geografik kengligini aniqlaymiz.

Yerning yuza qatlamidan 1 m² yuza ajratib olinadi va undagi o'simlik va tuproqning sirtqi qismi olinadi, qisqa muddatli eroziya uchun ya'ni Berilliy uchun 1 sm ga yaqin qatlam olinadi.[7]

-Ajratib olingan 1 m² yuzadan 50 sm² yuza ajratib olinadi, bu ajratib olingan yuzadan 1 sm chuqurlikdagi tuproq namunasi 5 sm gacha olinadi. Har bir sm dagi tuproq namunasi alohida - alohida olinadi.[7-14]

-Keyin esa shu joining o'zidan 30 sm² yuza ajratib olinadi va 2,5 sm chuqurlikdagi tuproq namunasi 10 sm gacha chuqurlikning har bir 2,5 sm qalinlikdagi qatlamlari alohida - alohida olinadi.

Yana xuddi shu joining o'zidan 15 sm² yuza ajratib olinadi va 5 sm chuqurlikdagi tuproq namunasi 25 sm gacha alohida - alohida olinadi.[8-14]

-Olingan har bir namunaning geografik kengligi yuzasi va qatlam qalinligi qog'ozga yozilib tuproq bilan ya'ni namuna bilan idishga solib qo'yiladi.[9]

Olingan tuproq namunasi marinelli idishga bir xil qalinlikda solinadi. Namuna va marinelli idishning birgalikdagi massasi 2 - 3 kg bo'ladi. Namunaning massasi esa 1,1-1,4 kg atrofida bo'ladi, (tuproq zichligi barcha qatlamlar uchun $\rho=1,3$ kg/l, toshloq yerlar uchun $\rho=1,6$ kg/l atrofida bo'ladi).[6-14]

3.2§ Tuproq tarkibidagi radionuklidlar

Yerdagi radionuklidlarni tabiiy radionuklidlar (TRN), kosmosdan tushuvchi kosmogen radionuklidlar (KRN) va texnogen radionuklidlar tashkil etadi.

Kosmogen radionuklidlar atmosferaning yuqori qatlamida hosil bo'lib, atmosfera havosidagi atom yadrolari (azot, kislorod va boshqalar) ning kosmik nurlar ta'siridagi radio reaksiyalaridan hosil bo'ladi, texnogen radionuklidlar esa yadro bo'linish mahsulotlaridir. Ular yadro qurollarining portlatilishi hamda atom

elektr stansiyalarining radioaktiv chiqindilaridan hosil bo'ladi. Ularning yerga maksimal tushishi 1963-65-yillarga to'g'ri keladi.

Tuproqdagi radioaktivlikni uzoq yashovchi radionuklidlar tashkil etadi. Atmosferadan tushuvchi radionuklidlar ayrozollar bilan birikib yog'inlar orqali tushadi va tuproqqa singib boradi. Tushuvchi radionuklidlar vertikal va gorizontal yo'nalishda tuproqda bir xilda tarqaladi (joyning geografik kengligiga mos ravishda). Bu mexanizmning tabiatda turli xil ko'rinishlari mavjud, harakatlanuvchi va yog'inlar ta'sirida hamda temperatura farqi tufayli bo'ladigan kapillyarlik tufayli.

3.3§ Tabiiy radionuklidlar va ularning xarakteristikalari.

Tabiatda tabiiy radioaktiv izotoplar keng tarqalgan, shu jumladan tuproqda ham. Tabiiy izotoplarining 1/3 qismi radioaktiv hisoblanadi. Barcha mavjud radioaktiv elementlar orasida Uran va Toriy alohida e'tiborga sazovor. Yer qatlamida Uranning o'rtacha miqdori $2,6 \cdot 10^{-4}\%$ ni tashkil etadi, Toriyning o'rtacha miqdori $1,2 \cdot 10^{-3}\%$ ga teng.[7]

Yer tarkibidagi yod, qalay, qo'rg'oshin, kobolt elementlarining miqdori ham qariyb shuncha. Simob, vismut, kumush esa hattoki undan ham kamroq. Demak Uran va Toriy kam uchraydigan elementlar deb hisoblanmaydi.[10]

Uran va Toriy elementlarining radioaktiv yemirilishi boshqa tabiiy radioaktiv elementlar yemirilishidan ajoyib xususiyati bilan farqlanib turadi. Bu farq shundan iboratki, Uran va Toriylarning yemirilish mahsulotlari stabil izotoplar emas, ular o'z navbatida yana radioaktiv yemirilishga uchraydi. So'ng esa ularning yemirilish mahsulotlari yemiriladi va hokazo. [7]

Uran va Toriylarning oxirgi radioaktiv aylanish mahsuloti bo'lib qo'rg'oshinning stabil izotoplari xizmat qiladi. Uranning radioaktiv aylanishlari mobaynida vujudga keluvchi radioaktiv izotoplarining barchasi Uranning radioaktiv oilasini tashkil etadi. Toriy va uning radioaktiv aylanishlari mahsulotlari esa Toriyning radioaktiv oilasi deb ataladi.[9]

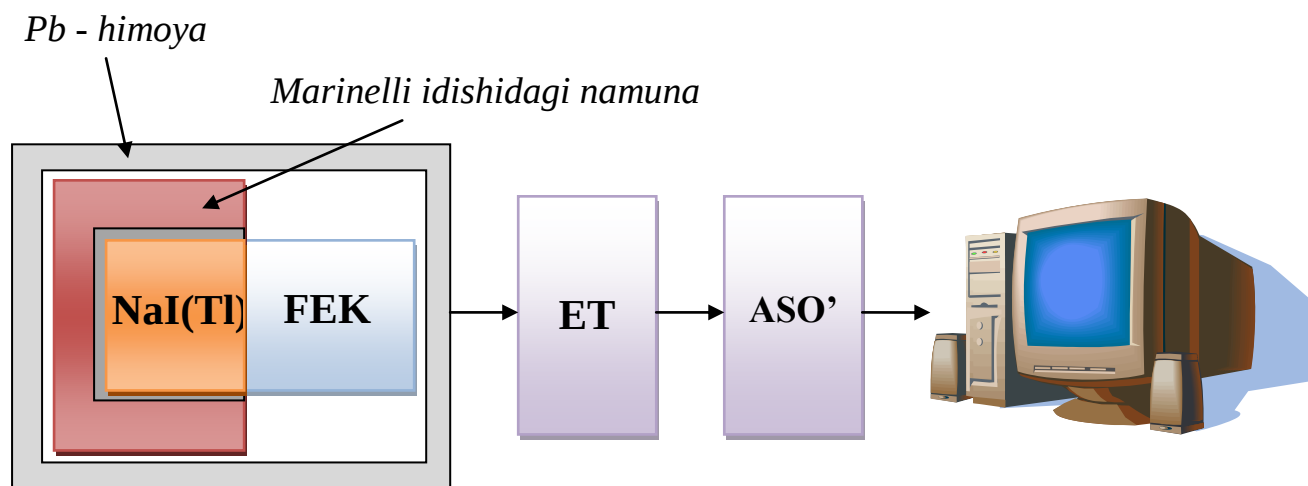
Uran va Toriylarning yarim yemirilish davrlari juda katta bo'lib, milliard yillarni tashkil etadi. Ular oilalaridagi boshqa a'zolarining yarim yemirilish davrlari ancha kichik bo'lib, 0,3 mks dan $2,5 \cdot 10^5$ yillargachadir.[8]

Uran, Toriy va ularning radioaktiv oilalari a'zolari hamda Kaliyning ^{40}K radioaktiv izotopi geologik jarayonlarda muhim rol o'ynaydi. Ma'lumki yer sharining ichki qatlamlari ancha qizdirilgan. Yer sirtidan uning markaziga qarab chuqurlashib borilsa, har bir kilometrida yerning harorati o'rtacha 30^0 ga oshib boradi, 10 km chuqurlikda Yerning temperaturasi 300 C gacha ko'tariladi, yer tomonidan koinotga beriladigan nurlantiruvchi issiqlik oqimi bir yilda $1,2 \cdot 10^{21}$ Joulni tashkil etadi. Yerning ichki issiqligi manbasi uzoq vaqt noma'lum bo'lib turgan edi. Faqatgina radioaktiv kashf qilingandan so'ng yerning ichki issiqligi asosiy manbasi yoki asosiy manbalaridan biri bo'lib Uran, Toriy, ular oilalari a'zolari, Kaliy hamda boshqa radioaktiv izotoplarning yemirilishi xizmat qilishi ayon bo'ldi. Tog'larning hosil bo'lishi hamda materiklarning harakat jarayonlari, vulqonlar va zilzilalar yerning ichki qatlam mavjudligi bilan bog'liq. Demak tabiatning ulkan va xavfli hodisalari tub ma'noda yerning tabiiy radioaktivligi bilan bog'liq ekan. Yarim yemirilish davri milliard yillarni tashkil etuvchi (Uran, Toriy, Kaliy) izotoplaridan tashqari yerda qisqa vaqt yashovchi radioaktiv izotoplar ham mavjud. Ular orasida birinchi galda, Vodorod, Berilliy va Uglerod izotoplarini ta'kidlab o'tish lozim. Yer 5 - 7 milliard yildan beri mavjuddir. Dastlabki vaqtlarda yuqorida eslatib o'tilgan izotoplarning miqdori juda katta bo'lgan taqdirda ham ushbu izotoplar yemirilish natijasida allaqachon yo'q bo'lib ketishi kerak edi. Biroq atmosferaning yuqori qatlamlarida kosmik nurlar ta'sirida xuddi shunday yadrolar hosil bo'lganligi sababli yemirilish natijasida izotoplarning kamayishi kompensatsiyalanadi. Shuning uchun ham bu izotoplar yerda sezilarli miqdorda uchraydi. Umuman yerda taxminan Uglerod izotopi 80 tonna, Tritiy 12 kg, Berilliy izotopi 35 gramm miqdorda mavjud.

Tabiiy radioaktiv izotoplar keng tarqalgan bo'lib, ularni suvda, havoda, tuproq qatlamlarida, hayvonlar va o'simliklar hujayralarida, oziq-ovqat mahsulotlarida, hattoki odam organizmining tarkibida ham uchratish mumkin.

3.4§ Ssintillatsion gamma - spektrometrining tavsifi.

Ushbu malakaviy bitiruv ishini bajarishda foydalanilgan ssintillyasion gamma - spektrometrning blok sxemasi 5 - rasmda keltirilgan. Gamma - spektrometr quyidagi qismlardan iborat:



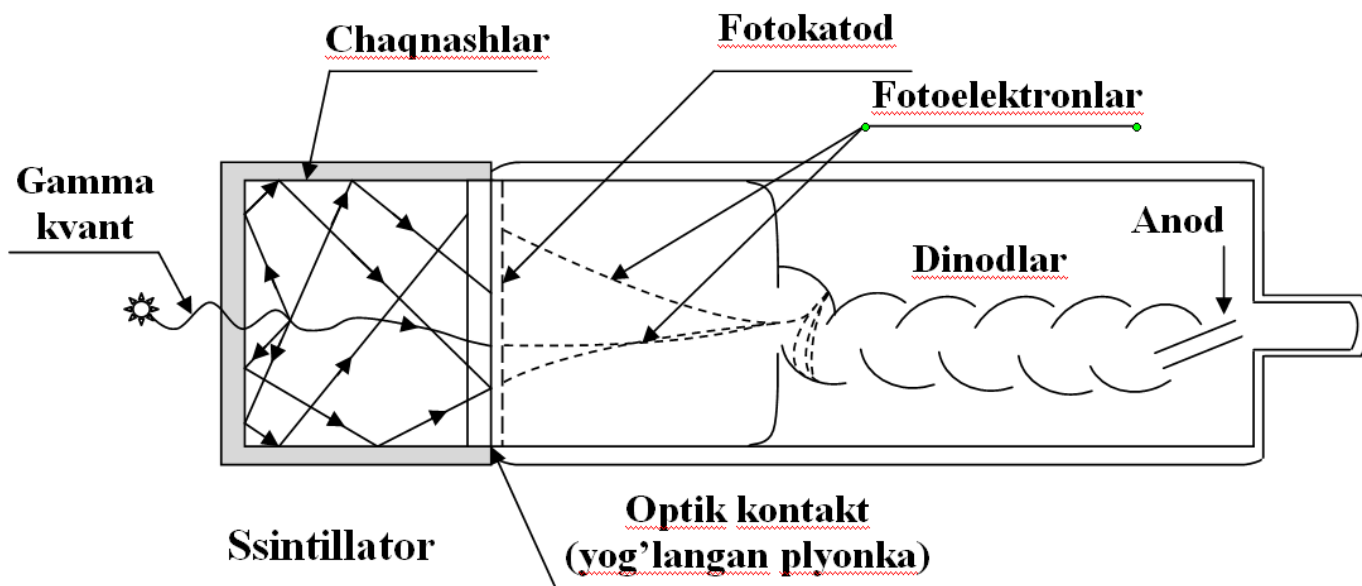
10 – rasm.

1. **NaI(Tl)** – detektor;
2. **FEK** – fotoelektron ko'paytirgich;
3. **ET** – emitterli takrorlagich(Chiziqli ko'paytirgich);
4. **ASO'** – analogli sonli o'zgartirgich(impuls amplitudasini sonlarga aylantirib beruvchi blok).
5. Kompyuter.

Ssintillyasion schyotchik

Zaryadlangan zarralarni va gamma - kvantlarni qayd qilishning asosiy usullaridan biri ssintillyasion usul hisoblanadi. Ssintillyatsion-lashtiruvchi nurlar energiyasini ko'rinadigan va ultrabinafsha nurlar energiyasiga aylanishi. Bu esa lyuminessensiyaning bir turi hisoblanadi. Ko'pchilik gazlar, suyuqliklar, organik va noorganik kristallar ssintillyasiya xossasiga egadir. Lekin ssintillyasion schyotchiklarda asosan ssintillyasion kristallardan foydalaniladi. Ssintillsion schyotchiklarda ssintillyasiya chaqnashlarni qayd qilish fotoelektron ko'paytirgichlar orqali amalga oshiriladi. Ssintillyasion schyotchiklarning sifati yadroviy nurlanishlar energiyasining yorug'lik energiyasiga aylantirishi, hosil

bo'ladigan lyuminessensiya yorug'ligiga nisbatan moddaning tiniqligi, yorug'lanish vaqtining kichikligi, fotoelektron ko'paytirgich sezgirligi bilan belgilanadi.



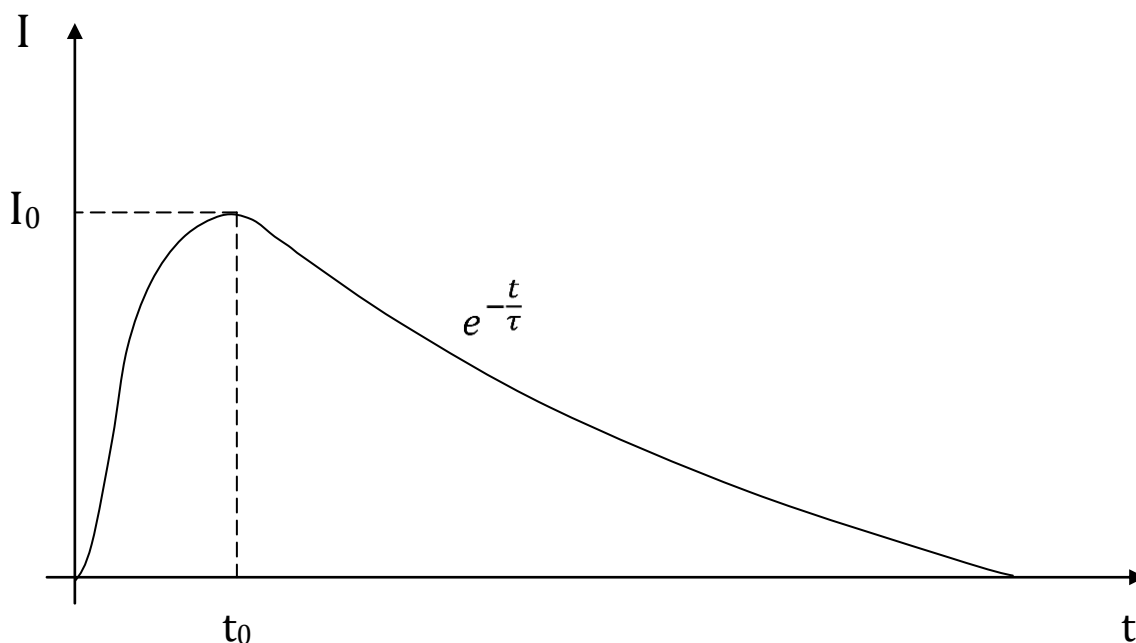
11 – rasm.

Lyuminessensiyalanish xususiyatiga ega bo'lgan muhitdan zarra o'tganda qisqa muddatli kuchsiz yorug'lik nuri paydo bo'ladi. Bu yorug'lik nuri ssintillyasion schyotchikda qayd qilinadi. Bu usulni 1903 yilda Vilyam Kruks taklif qilgan. Gaz to'ldirilgan detektorda asosiy rol ni yadro nurlanishi ta'sirida vujudga keladigan elektr zaryadlari o'ynasa, ssintillyasiya schyotchigida nurlanishni qayd qilish o'tgan zarra yo'lidagi atom molekulalarning uyg'onishiga asoslanadi. Uyg'ongan atomlar juda qisqa vaqt $10^{-6} - 10^{-8}$ sek yashaydi va elektromagnitnur chiqarib, asosiy holatiga qaytadi. Fosforda bu nurlanish chastotasi spektrning bir qismi yorug'lik sohasida to'g'ri keladi. Shuning uchun zaryadlangan zarra bu muhitdan o'tganda kuchsiz yorug'lik nuri tarqaladi. Shular asosida ssintillyasiya schyotchiklari yasaladi. Ssintillyasion schyotchikning tuzilishi 5-rasmga keltirilgan.

1934 yilda L.A.Kubetskiy tomonidan yaratilgan fotoelektron ko'paytirgich (FEU) mazkur schyotchiklarda ishlatila boshlagach, schyotchiklarning afzalligi ortib ketdi. Ssintillyasiya schyotchiklarining sifati va qo'llanilish sohasi ko'p jihatdan unda ishlatiladigan fosfor - kristallning muayyan xossasiga, chunonchi,

konversiya xususiyatiga, boshqacha aytganda, yutilgan zarra energiyasini yorug'lik energiyasiga aylantira olish xususiyatiga bog'liq. Fosfor-kristall yutilgan zarra energiyasining bir qismini yorug'lik energiyasiga aylantiradi. NaJ (Tl) kristallining bu qobiliyati kuchliroq; u yutilgan energiyaning o'ndan bir qismini yorug'lik energiyasiga aylantiradi.

Fosforning yorug'lik chiqarish darajasining yutilgan har xil zarralar energiyasiga bog'liqligi katta ahamiyatga ega. Ko'pchilik fosforlar yutilgan energiyaga proporsional ravishda yorug'lik energiyasi chiqaradi. Ammo bunday proporsionallikning og'ir zarralarga dahli yo'q; masalan, alfa - zarra uchun bunday bog'lanish chiziqli bo'lmagan qonunga bo'ysinadi. Fosforning yorug'lik chiqarish intensivligi (I) vaqtga bog'liq (11 - rasm).



12 – rasm. Fosfordagi yorug'lik intensivligining vaqt bo'yicha o'zgarishi.

Fosfor - kristallga zarra tushgan sari uyg'ongan atomlar yig'ila boradi. Zarra kristall ichida batamom to'xtamasdanoq atomlarning bir qismi fotonlar chiqarib, asosiy holatiga qaytadi. Zarra sekinlashgan sayin uyg'ongan atomlar soni va fosforning nurlanish intensivligi tobora ortadi. Taxminan $t_0=10^{-12}$ sek. dan keyin yorug'lik intensivligi eng yuqori darajaga yetadi. Bu vaqt ichida zarba batamom to'xtaydi. Uyg'ongan atomlar sonining kamayishi yorug'lik intensivligining

nisbatan sekin pasayishiga olib keladi. Bu prosess $t > t_0$ vaqtga to'g'ri keladi (11 - rasm). Umuman intensivlik quyidagicha ifodalanadi:

$$I = I_0 e^{\frac{t}{\tau}}$$

bu yerda t -ma'lum t_0 momentdan so'ng boshlanadigan vaqt; τ -uyg'ongan atomlarning o'rtacha yashash vaqti; u fosforning yorug'lik tarqatib bo'lish vaqti deb ataladi. τ ning qiymati qanchalik kichik bo'lsa, fotoelektron ko'paytirgichda hosil bo'ladigan impuls shunchalik qisqa, binobarin, schyotchikning ajratish qobiliyati shunchalik yaxshi bo'ladi. Fosforning qayd qilish effektivligi har xil zarra uchun har xil. Masalan, zichligi va atom momenti katta bo'lgan fosfor gamma-nurlarni yaxshi qayd qiladi-yu, tez neytronlar uchun yarashadi.

Fosfordagi yorug'likni tok impulsiga aylantirish uchun fotoelektron ko'paytirgichdan foydalaniladi. FEK elektrovakuum asboblardan bo'lib, elektronlar oqimini fotoeffektga asoslangan holda ko'paytiradi. Fotokatod va turli kuchlanish ostida bo'lgan bir qancha elektrod (dinod) yordamida dastlabki elektronlar tezlashtiriladi, natijada ular dinodlar yuzasidan urib chiqarilgan ikkilamchi, uchlamchi va hokazo elektronlar bilan birgalikda kuchli elektron oqimi-tokni hosil qiladi. Hosil bo'lgan barcha elektronlar FEU ning oxirgi elektrod (anod)ida to'planib, tok impulsini vujudga keltiradi. FEU larda elektronlar sonining ortishi ko'paytirish koeffitsiyenti bilan ifodalanadi. To'la ko'paytirgich koeffitsiyenti $K = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \dots \cdot k_n$ bo'ladi; bu yerda $k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n$ birinchi, ikkinchi va hokazo ketma-ket binodlardagi ko'paytirgich koeffitsiyentlari.

Zaryadlangan zarralarni qayd qilishda fosforlarning barcha xili qo'llanilishi mumkin. lekin zaryadlangan zarralarni, ayniqsa og'ir zarralarni qayd qilishdagi o'ziga xos qiyinchilik zarralarning kristall devoridan o'ta olmasligidir. Shuning uchun ham og'ir zarralar, odatda, ionizatsion kamera yoki proporsional schyotchiklar yordamida tekshiriladi. Zaryadlangan zarralarni qayd qilishda asosan organik monokristallar qo'llaniladi. Qayd qilish effektivligi bunday zarralar uchun 100% ga yaqin. Gamma-nurlarni qayd qilishda ssintillyasion schyotchiklar boshqa detektorlarga, masalan, Geyger - Myuller schyotchiklarida qaraganda yaxshiroq

natija beradi. Shuning uchun ular bu ishda juda keng qo'llanilmaqda. Gamma - kvantlarning fosfor moddasi bilan o'zaro ta'siri elektronlarning zichligi va gamma - kvantning energiyasi orqali belgilanadi. Ana shuning uchun ham gamma - kvantlarni qayd qilishda katta zichlikka ega va o'rtacha tartib nomeri (Z) katta bo'lgan fosforli ssintillyasion schyotchiklar ishlatiladi.

Neytronlarni qayd qilish. Tez neytronlar ssintillyasiyani bevosita vujudga keltirmaganligidan ularni qayd qilish ancha qiyin. Tez neytronlar elastik bo'lgan yadro to'qnashuvlarida energiyasining ma'lum qismini yadrolarga, ko'proq qismini massasi o'zinikiga teng bo'lgan zarralarga, masalan, protonlarga beradi. Ssintillyasiyani yadrolar tug'diradi. Shuning uchun bunday neytronlarni qayd qilishda vodorodli ssintillyasiyatorlar, masalan, organik kristallardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Energiyasi kichik bo'lgan neytronlar (sekin neytronlar) ni qayd qilishda esa qo'shimcha yadro reaksiyalaridan foydalaniladi. Ssintillyasion schyotchikning kristall o'lchami 63×63 ni tashkil qiladi.

Fotoelektron ko'paytirgichlar va ularning xossalari.

Fotoelektron ko'paytirgichlar (FEK) elektrovakuum asboblardir. Fotoelektron ko'paytirgich yordamida chaqnashlarni ham qayd qilish mumkin. FEK ning asosiy qismini fotokatod, dinodlar tizimini va anod tashkil qiladi. Yorug'lik fotonlari fotoeffekt natijasida FEK ning katodidan elektronlar urib chiqaradi. Hosil bo'lgan elektronlar dastlab birinchi, keyin ikkinchi va h.k. dinodlardan elektronlarni urib chiqargandan so'ng bir necha marotaba ko'paygan elektronlar oqimi anodga kelib tushadi va anod tokini hosil qiladi. Fotokatod, dinod anod shishadan vakuum kolbaga joylashgan bo'ladi.

FEK larda murakkab fotokatod ishlatilib, uning toza metallardan farqi shundaki, yorug'likning ko'rinish sohasida juda yuqori sezgirlik qobiliyatiga ega. Xuddi shuningdek ultrabinafsha va infraqizil soha ham. Fotokatodlar odatda yarim yarqiroq ko'rinishda tayyorlanadi. Fotokatodlar effektivligi odatda konversion effektivligi, integral effektivligi yoki spektral sezgirligi bilan baholanadi.

Ushbu ishda foydalanuvchi detektorga o'rnatilgan FEK ning umumiy sxemasi 2 - rasmda keltirilgan.

FEK ning asosiy tavsiflaridan biri bo'lib uning ko'paytirgich ko'effitsiyenti hisoblanadi FEK ning ko'paytirgich ko'effitsiyenti quyidagi formula orqali hisoblab topiladi:

$$K = \frac{\psi}{\varphi}$$

Bu yerda ψ -anod yig'indi sezgirligi, φ - fotokatod yig'indisi sezgirligi.

Bir dinoddan ikkinchi dinodga elektronlar oqimining fokuslanishi dinodlarning shakliga, dinodlarga beriluvchi kuchlanishlar farqiga bog'liq. Oddiy FEK larda anod toki 10^{-9} A atrofida bo'ladi. Anodda hosil bo'luvchi tokning qiymati yorug'lik chaqnashining intensivligiga proporsional bo'lib, chaqnash vaqtiga tezkari proporsionaldir.

FEK ning turg'unligi unga qo'yilgan talablardan biri hisoblanib, uning ko'paytirish ko'effitsiyentiga bog'liq. Ko'paytirgich ko'effitsiyenti esa ichki va tashqi effektlarga bog'liq. Yuqori kuchlanish orqali FEK ga tok berilganda ko'paytirgich ko'effitsiyenti bir necha marotaba ortadi va asta-sekin maksimumga erishib keyin yana dastlabki holatga qaytadi.

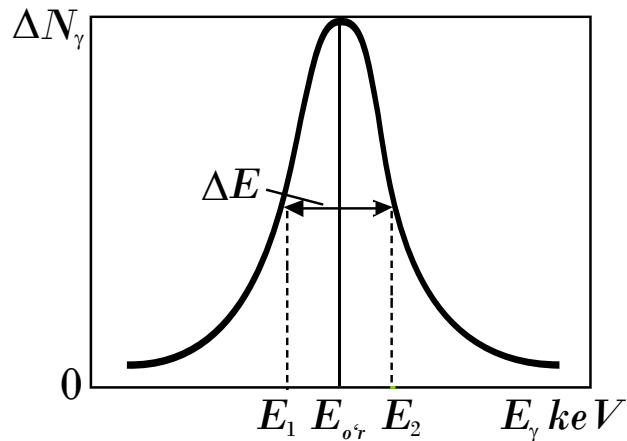
Ko'paytirgich ko'effitsiyenti ko'pgina tashqi effektlarga bog'liq bo'lib, ular temperatura. Kuchlanish va magnit maydonlaridir. Magnit maydoni fotoko'paytirgichlarda ionlarning dinodlarga fokuslanishiga xalaqit beradi. Xuddi shuningdek, yerning magnit maydoni ham fotoko'paytirgichning ishlash jarayoniga katta ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun ham fotoko'paytirgichlar ekranlanadi.

Ssintillatsion detektorning energiya bo'yicha ajrata olish qobiliyati

Ssintillyatsion gamma - spektrometrning energiya bo'yicha ajrata olish qobiliyati deb, umumiy spektrdagi ajralgan spektral chiziq cho'qqisi maksimal qiymatining yarimiga to'g'ri kelgan kengligini, shu energiyaga bo'lgan nisbatiga aytiladi. Uni foizlarda quyidagicha hisoblash mumkin:

$$R = E_2 - E_1 = \frac{\Delta E}{E_{o'rt}} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

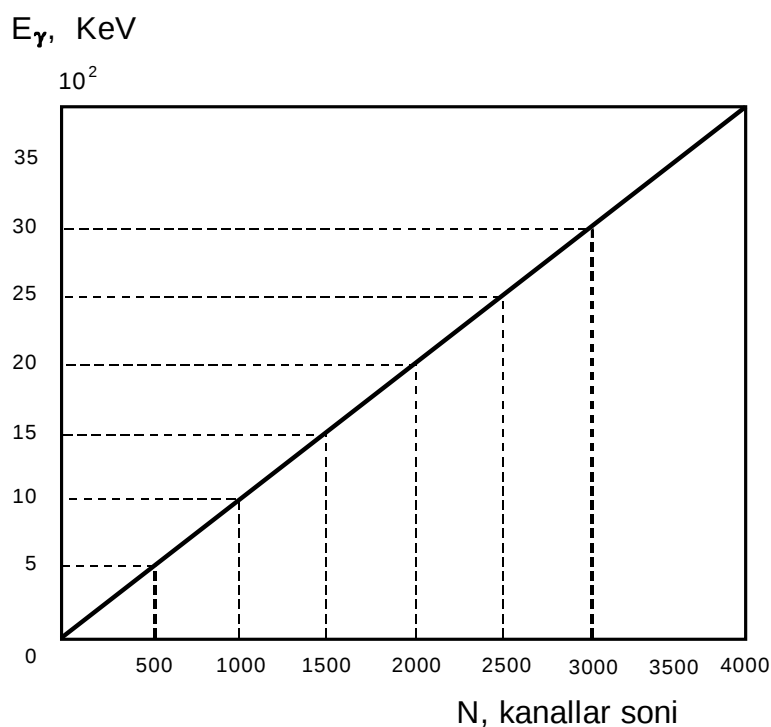
Odatda, ssintillyatsion detektorlarning ajrata olish qobiliyati spektral chiziqlarning cho'qqisi yarim balandligidagi energetik kengligi orqali beriladi.



13 - rasm. Ssintillyatsion spektrometrning energiya bo'yicha ajrata olish qobiliyatini aniqlash.

Ssintillatsion spektrometrning energiya bo'yicha gradiurovkasi

Ssintillyatsion spektrometrlarni oddiygina usul bilan ham gradiurovkalash (darajalash) mumkin, ya'ni ssintillyatsion spektrometrni energiya bo'yicha darajalash yoki analizatorning har bir kanaliga to'g'ri keluvchi energiya qiymatini aniqlash uchun energiyasi oldindan ma'lum bo'lgan radioaktiv nuklidlar chiqarayotgan gamma - kvantlar energiya qiymatlaridan foydalaniladi. Odatda, 4 - 6 ta energiyasi oldindan ma'lum bo'lgan gamma - kvantlar energiyalari yordamida spektrometrlar energiya bo'yicha darajalanadi. Ya'ni, ma'lum vaqt ichida chiqarilgan gamma - kvantlar soni o'lchanadi. Shundan so'ng gamma - kvantlarning energiyasi (E_{γ}) bilan analizatorning kanallar soni (N_{ks}) orasidagi bog'lanish grafikasi chiziladi. Masalan, shunday bog'lanishlardan biri 9 - rasmda keltirilgan.



14 - rasm. *Ssintillyatsion spektrometrlarning energiya bo'yicha graduirovkasi.*

Ssintillatsion detektor qayd qilishining absolyut va nisbiy effektivliklari

Spektrometrning effektivligi (ε_{eff}) deb, spektrometr tomonidan qayd qilingan zarralar sonini (N^*), manbadan hamma tomonga chiqayotgan umumiy zarralar soniga (N), bo'lgan nisbatiga aytiladi. Odatda, yarimo'tkazgichli spektrometrlarning effektivligi foizlarda beriladi.

$$\varepsilon = \frac{N^*}{N} \cdot 100\% \quad (1.2)$$

Ssintillyatsion spektrometrlarning zarralarni qayd qilish effektivligi absolyut va nisbiy usullar bilan ko'riladi. Biz ularni alohida - alohida ko'rib o'tamiz.

Absolyut effektivlik

Ssintillyatsion detektorlarning absolyut effektivligini qurish uchun radioaktivligi oldindan ma'lum bo'lgan, ya'ni radioaktivligi bo'yicha darajalangan radionuklidlardan foydalaniladi. Tajribada o'lchash jarayoni oldindan belgilangan standart geometriyada hamda gamma - spektrdagi spektral chiziqlarning shakliga ta'sir qiluvchi barcha effektlarni hisobga olgan holda boriladi. Tajribada, ayniqsa xatoliklarni oshib ketmasligiga e'tibor bermoq kerak. Radioaktiv manbalar

detektor ustiga bir xil standart geometriyada qo'yilishiga, spektrmetrning o'lik vaqtiga, o'lchash vaqtiga va radionuklidning yarim yemirilish davriga hamda boshqa kattaliklarni alohida hisobga olishga e'tibor bermoq kerak. Spektrometrning absolyut effektivligini hisoblash navbatdagi formula orqali olib boriladi:

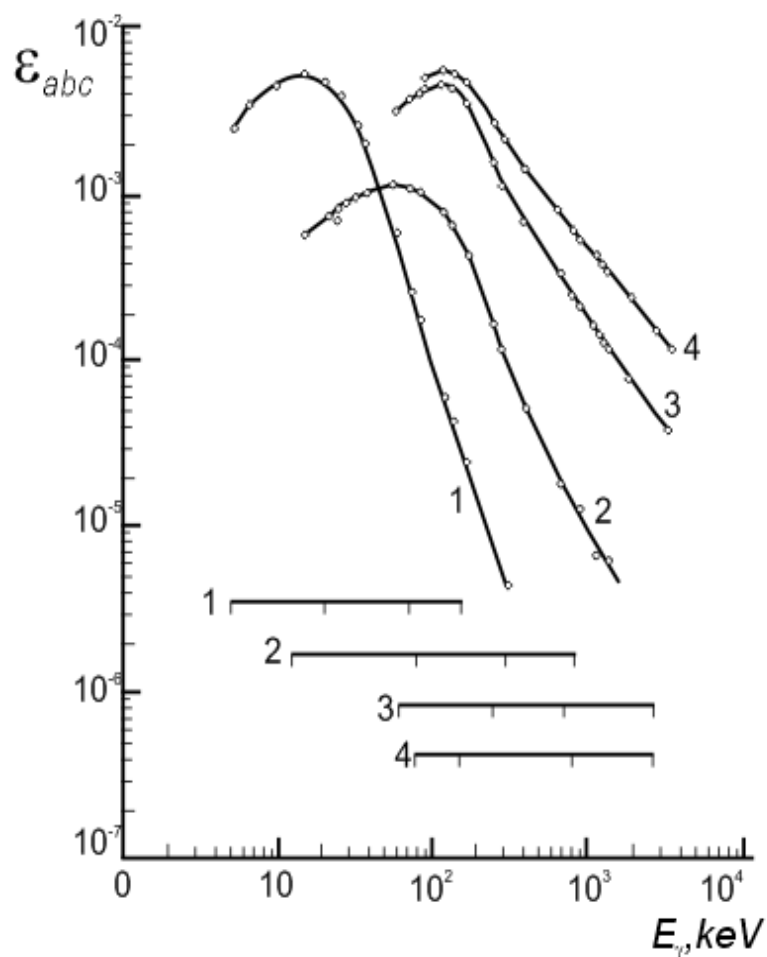
$$\varepsilon_{abs} = \frac{S / \tau}{I \cdot \exp(-\lambda t)}, \quad (1.3)$$

bu yerda S – berilgan energiyadagi spektral chiziqning yuzasi; τ – o'lchash vaqti; I – berilgan energiyada bir sekund davomida 4π geometriya bo'yicha chiqadigan monoenergetik zarralar soni (radionuklidning pasportida berilgan bo'ladi).

$\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$ – radiofaol nuklid yemirilish ehtimoliyati (kun)⁻¹; $T_{1/2}$ – radioaktiv nuklidning yarim yemirilish davri (sekund; kun; yil);

t – radioaktiv nuklidni attestasiya qilgan kundan boshlab, o'lchash vaqtigacha o'tgan davr (kun), (attestasiya qilingan vaqt radioaktiv nuklidning pasportida berilgan bo'ladi).

Namunaviy gamma - spektrometrik radioaktiv nuklidlar asosida qurilgan spektrometrlarning absolyut effektivliklari 14 - rasmda keltirilgan.



15 - rasm. *Namunaviy gamma - spektrometrik radioaktiv nuklidlar asosida qurilgan spektrometrlarning absolyut effektivliklari.*

1 – Si(Li)–80mm²×4mm; 2 – Ge(Li)–1,3sm³; 3 – Ge(Li)–11sm³; 4 – Ge(Li)–37sm³.

(1.4) formuladagi spektrometrning absolyut effektivligi ($\epsilon_{abs.}$)ni hisoblash xatoligi quyidagi ifoda bilan hisoblaniladi:

$$\Delta \epsilon_{abc} = \epsilon_{abc} \left\{ \left(\frac{\Delta I}{I} \right)^2 + \left(\frac{\Delta S}{S} \right)^2 + \left(\frac{0,693 \Delta t}{T_{1/2}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta \tau}{\tau} \right)^2 \right\}^{1/2} \quad (1.4)$$

Nisbiy effektivlik

Ssintillyatsion spektrometrning nisbiy effektivligini topish absolyut effektivlikni aniqlashga nisbatan biroz oddiyrq. Bu usulda nisbiy intensivligi ma'lum bo'lgan, radioaktiv nuklidlardan foydalanilsa bo'ladi. Nisbiy effektivlikni topish quyidagi formula yordamida amalga oshiriladi:

$$\epsilon_{nucob.} = \frac{S}{I} \quad (1.5)$$

Biz ssintillyatsion spektrometrning nisbiy effek-tivligini qurishda gamma - kvantlar nisbiy intensivliklari (3-5)% aniqlik bilan o'lchangan bir qator radioaktiv nuklidlardan foydalanamiz. Bu radioaktiv nuklidlar: ^{75}Se ; ^{169}Yb ; ^{133}Ba ; ^{171}Lu ; ^{155}Gd ; ^{207}Bi ; ^{137}Cs ; ^{173}Lu ; ^{152}Eu ; $^{110\text{m}}\text{Ag}$; ^{160}Tb ; ^{182}Ta ; ^{192}Ir ; ^{226}Ra ; ^{56}Co ; ^{144}Ce lardir.

Bu radioaktiv nuklidlar tanlashiga sabab ularning yarim yemirilish davrlari ($T_{1/2} \geq 1$ yil) katta va olish texnologiyasi oson.

IV BOB. O'lchash natijalari va ularning tahlili.

4.1§ Namunalarning spektrini olish va qayta ishlash.

Namunaning gamma spektri NaI(Tl) kristalli ssintillatsion gamma spektrometrida (o'lchamlari 63·63 mm, 1332 keV energiya uchun $\Delta E/E_\gamma=10\%$) Marinelli o'lchash geometriyasida amalga oshiriladi.



16 – rasm.
Marinelli idishchasi.

Gamma - spektr PC-IBM computer xotirasida 1024 ta kanalda ikkilamchi analizatorli impuls tarzida qayd etiladi, o'lchash vaqti 2 - 6 soatni tashkil etadi. Gamma-nurlanishning effektivligini qayd qilish kolibrovkasi OMACH to'plamidagi radioaktiv etalon manbalar ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs zichliklari 1400 - 1800 gr/litr (gamma nurlanishlarni qayd qilish effektivligi ssintillatsion gamma spektrometrida ^7Be ning $\epsilon_\gamma=478$ keV li va ^{137}Cs ning $\epsilon_\gamma=661$ keV li gamma kvantlari uchun 3% ni tashkil etadi) bo'lgan radioaktiv etalon manbalar bilan amalga oshiriladi.

Barcha o'lchashlar fon bilan birgalikda tabiiy radionuklidlar Uran va Toriy oilasi (hamda ^{226}Ra va ^{232}Th) bilan birgalikda amalga oshiriladi. Tuproqning yuza

qatlamiidagi kosmogen ^7Be va texnogen ^{137}Cs elementlari tufayli tuproq spektri ajralib ko'rinadi.

Past radioaktiv namunalarda spektrni qayta ishlash etalon radioaktiv manbalar ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs yordamida normirovkalanadi. Normirovkalash koeffisienti quyidagicha bo'ladi:

$$K = \frac{S_e}{S_p}$$

Bu yerda S_e -etalon manbaning yuzasi, S_p -namuna spektrining yuzasi. O'lchash natijasi va uslubi rasmda keltirilgan. Namuna aktivligi ^{226}Ra , ^{232}Th lar uchun quyidagicha topiladi:

$$A = \frac{K A_c t_p}{t_e}$$

t_p - t_e -namunani o'lchash vaqti.

^{40}K , ^{137}Cs va ^7Be lar uchun 1461, 661 va 478 kev fotopikli yuzalari bilan aktivlik o'rtasidagi bog'lanish quyidagicha[9-10]

$$A = \frac{S}{\varepsilon_{atm}}$$

O'lchash xatoliklari $d = \sqrt{d_e^2 + d_s^2}$ ifoda bilan aniqlanib, OMACH manbalari uchun $\delta=7\%$ aniqlikda topiladi. 6 soatlik tuproq namunasining o'lchash natijalari rasmda keltirilgan.

Namunadagi radionuklidning aktivligituproq qatlamining 1 sm qalinlikdagi ^{137}Cs uchun quidagiga teng:

$$q_x = A_x \cdot \rho$$

Tuproqda radionuklidlarning to'planishi namuna maydonchasining o'zida taqsimlanadi, bu taqsimlanishni

^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs larning taqsimlanishiga bog'liq bo'lmaydi.

Radionuklidlarning to'planishi tuproqning migratsiya tezligi hamda ularning yarim yemirilish davrlariga bog'liq. Turli vaqtlarda bir joydan olingan tuproq namunasidagi ^7Be ning aktivligiga qarab uning atmosferadagi to'planishini o'rganish mumkin.

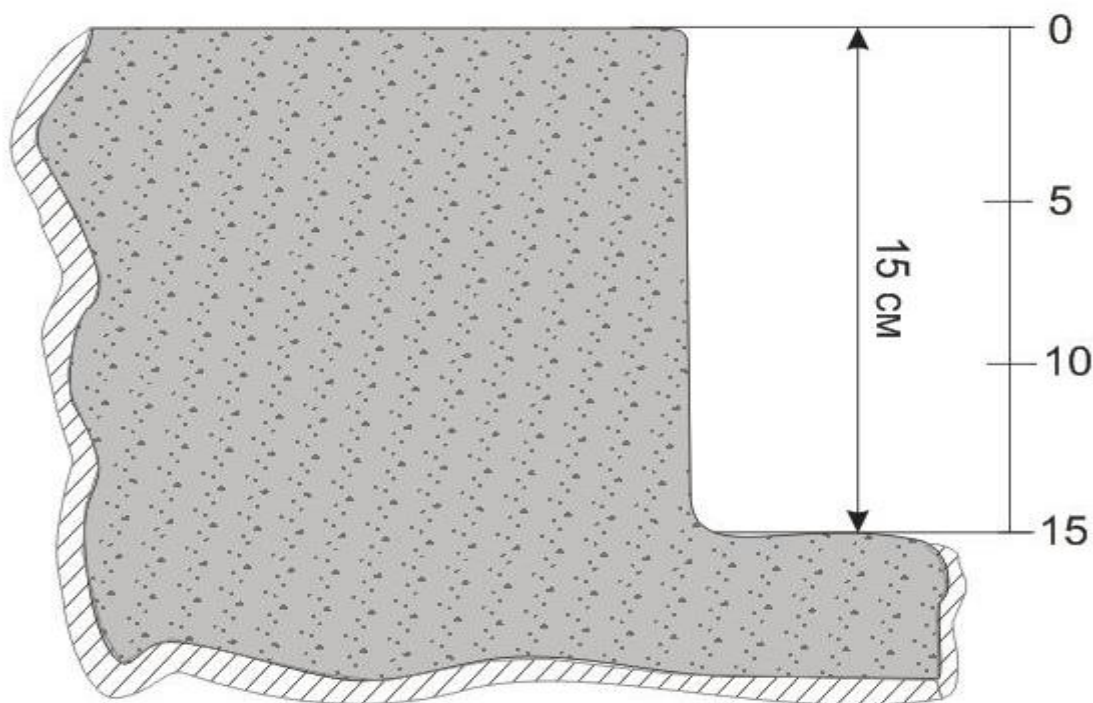
20 - rasmda ^{137}Cs ning tuproqning vertikal qatlamlarida tarqalishi tasvirlangan. Ularning guvohlik berishicha migratsiya chuqurligi va ^{137}Cs ning tuproq qatlamlarida maksimal to'planishi yog'inlarga va suv oqimlariga bog'ilq va ular yordamida tuproq eroziyasi baholanadi.

Suv o'zanlari va shamol yo'nalishlarida seziyning migratsiyasi ancha yuqori, ($Q > 13 \text{ kBk/m}^2$, $X_m > 20 \text{ sm}$) uning maksimum tarqalishi esa 6 – 9 - qatlamlarga to'g'ri keladi.



4.2§ Olingan natijalar tahlili.

Spektrdan ko'rinib turibdiki, tuproq tarkibida turli radioaktiv nuklidlar ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^7Be , ^{137}Cs lar mavjud. Biz tuproq eroziyasi darajasini baholash uchun seziyning aktivligini bilishimiz kerak. Seziyning fotocho'qqisi esa qolgan radionuklidlar fotocho'qqisi ostida qolib ketgan. Bu spektrda faqat seziyning fotocho'qqisini qoldirish uchun etalano manbalardan foydalanib, boshqa radionuklidlar fotocho'qqilarning yuzalarini ajratib tashlaymiz.



19 - rasm. Namuna olish tartibi.

$$Q_{0-5} = A_{0-5} \rho H$$

$$Q_{5-10} = A_{5-10} \rho H$$

$$Q_{10-15} = A_{10-15} \rho H$$

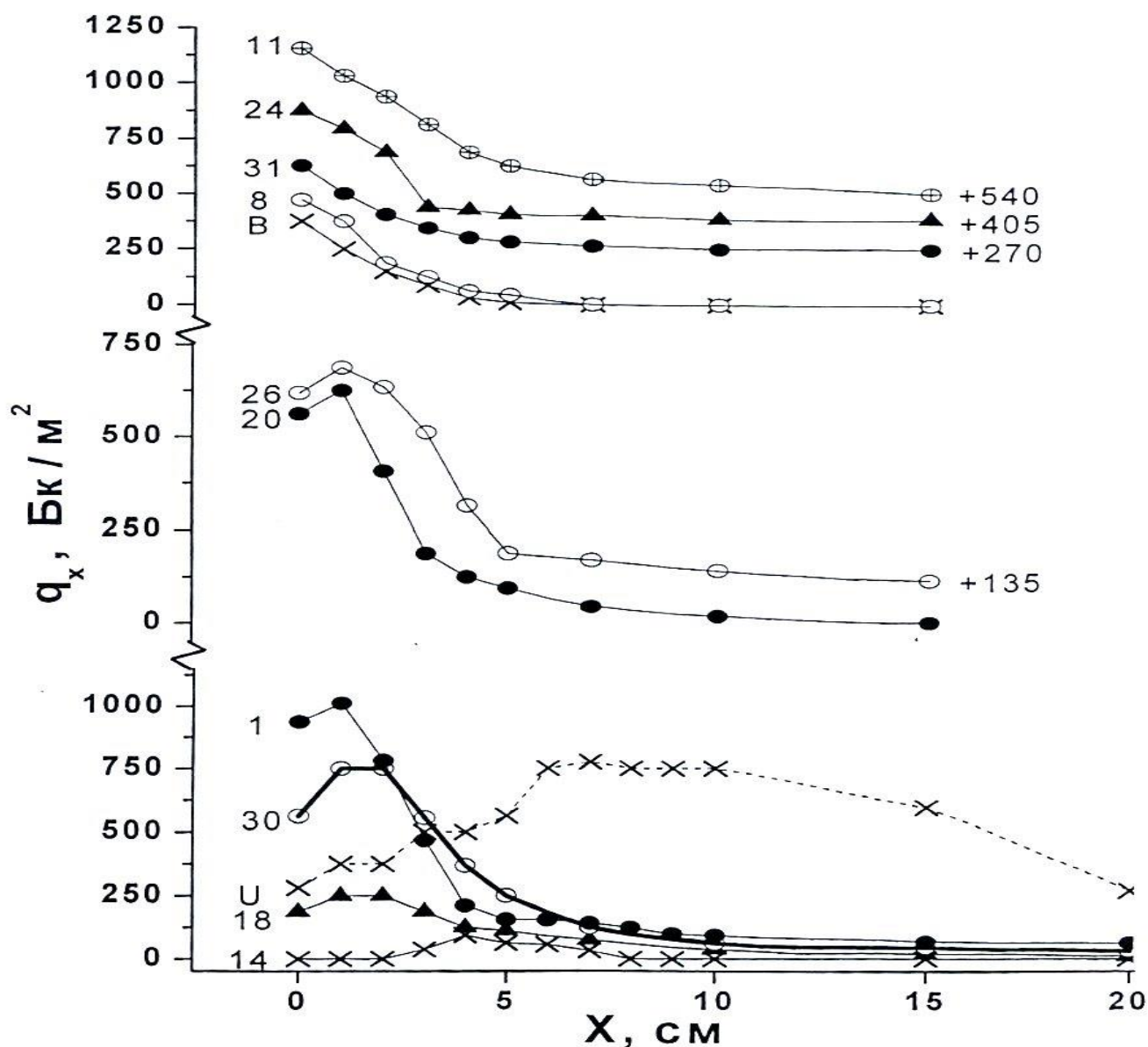
$$Q_{0-15} = Q_{0-5} + Q_{5-10} + Q_{10-15}, \text{ kBк/м}^2$$

Olingan natijalar asosida $Q=\rho ZA$ formula bilan Cs-137 ning zaxira miqdorini xisoblaymiz. So'ngra fon nuqtasidan (tashqi ta'sirlarga uchramagan maydondan) olingan namunadagi Cs-137 ning zaxira miqdoriga asoslanib,

$$Y=(Q_f-Q)\rho Z/Q_f\Delta T$$

formula bilan tuproq erroziyasini baxolaymiz. Bu formulada Q_f -fon nuqtasidagi sezining zaxira miqdori (3,5 kBk/kg), $\rho=1350\text{kg/m}^3$ tuproq zichligi, Z -tuproq qatlami chuqurligi, $\Delta T=2011-1963=48$ yil.

Agar $Q_f>Q$ bo'lsa o'rganilayotgan xududdagi tuproq erroziyaga uchragan, agar $Q_f<Q$ bo'lsa, sendimentasiya jarayoni ketayotgan bo'ladi.



OLINGAN NATIJALAR

20 - rasm. Seziyning tuproq qatlamlarida vertikal taqsimlanishi.

O'lchangan maydonlar	Q, kBk/m² 5.2kBk/m² (fon nuqtasi)	Y, tonna/gekt.yil	Baholanishi
Qiyalik	2.2	1.6–2.4	eroziya
Adir janubi	1.8	2.2-2.8	eroziya
Adir shimoli	2.1	1.7-2.3	eroziya
Yo'l yoqasi	1.4	2.5-3.1	eroziya
So'qmoq	0.4	3.8-4.4	eroziya
Do'nglik	1.1	2.1-2.6	eroziya
Pastlik	6.2	4.8-5.6	sidementatsiya

Tajriba natijalari 4.1 - jadvalda keltirilagan:

Bu jadvaldan foydalanib, quidagilarni aytishimiz mumkin:

Natijalarga ko'ra seziy eng kam chiqqan joylardan biri so'qmoq bo'lib chiqdi, bunga sabab so'qmoqda hayvonlarning yurishi natijasida tuproq ko'chgan, ya'ni tuproqning yuza qatlami eroziyaga uchragan.

Tuproqning maksimal cho'kindilari adirlikning qiyaliklarida uchraydi va katta suv oqimlariga qaramasdan seziyning yuvilish darajasi kam. Seziyning minimal aktivligi esa faqatgina $X = 4 - 7$ smlarda uchraydi. Qolgan qatlamlarda esa seziyning aktivligi yanada kamayib boradi.

Adir qiyaliklarida (tuproq yemirilishiga uchramagan) sezilarli darajada suv oqimlari bo'lganligi uchun seziyning migratsiya darajasi ancha yuqori ($Q=3,7-5,7$ kBk/m², $X \approx 20$ sm) maksimal tarqalishi esa 2-3-qatlamlarga to'g'ri keladi.(20 - rasm)

-Adir cho'qqilarini taqqoslaganda suv oqimlarining kamroq bo'lgani uchun tuproq eroziyasi ancha yuqori, ¹³⁷Cs ning to'planishiga bog'liq ravishda uning chuqurlik bo'yicha migratsiyasi ancha kam ($Q=2,3-3,1$ kBk/m², $X_m=10$ sm) bunda seziyning maksimal tarqallishi birinchi qatlamga to'g'ri keladi.

-Adirning yaxlit holatiga taqqoslaganda g'arbiy yo'nalishdagi suv oqimlari tufayli seziyning to'planishi kam migratsiya chuqurligi esa yuqori ($Q=1,9-2,7$ kBk/m², $X_m \approx 10-15$ sm) uning maksimal tarqalishi ikkinchi qatlamga to'g'ri keladi.(20-rasm)

-Suv to'planadigan adirlarda yuqorida ko'rib o'tilganlarga nisbatan tuproq cho'kmasi ancha yuqori. Shunga mos ravishda seziyning to'planishi ham yuqori va uning migratsiya chuqurligi ancha yuqori ($Q=1,2-1,9$ kBk/m²)
Maksimal tarqalishi ikkilamchi eroziyaning yuza qatlamiga to'g'ri keladi.

-Adirlikning yon bag'irlarida ikkita faktorlar kuchli ravishda bir vaqtda uchrab turadi, bular tuproqning cho'kmasi va suvlarning yuvib ketishi.

Natijalarga ko'ra tuproqda seziyning to'planishi, migratsiya chuqurligi X – taqriban 20 sm, maksimal tarqalishi esa 2 – 3 - qatlamlarga to'g'ri keladi.

- Tuproq cho'kmalari tufayli seziy yig'ilib boradi va uning tuproqdagi miqdori organik yog'inlar tufayli ko'payib boradi, yuza qatlamlarda seziyning migratsiyasi chuqur qatlamdagi migratsiyaga nisbatan ancha kam ($0,8-1,0$ kBk m² $X=7$ sm) maksimal tarqalishi esa yuza qatlamlarga to'g'ri keladi.

Xulosa.

Ushbu malakaviy bitiruv ishini bajarish davomida quyidagi xulosalarga kelindi:

^{137}Cs va texnogen radionuklidlar to'g'risida ko'plab ma'lumotlarga ega bo'lindi.

^{137}Cs – texnogen radionuklidining tabiatda tarqalish sabablari va darajasi o'rganildi.

Ssintillatsion gamma spektrometr bilan ishlash, uning xususiyatlari va blok-sxemasi bilan yaqindan tanishib chiqildi.

Tajriba natijalari uchun namunalar olish va etalon namunalar bilan ishlash o'rganildi.

Tajriba uchun olingan namunalar ssintillatsion gamma spektrometr yordamida 6 soat o'lchanib natijalar olindi va olingan natijalar to'laligicha tahlil qilindi.

Ishni bajarish davomida spektrlarni qayta ishlash metodikalari o'rganildi.

Yuqorida keltirilgan va aniqlangan natijalar asosida, hozirgi zamonning eng aktual muommolaridan biri bo'lgan tuproq eroziyasi darajasini yuqori sezgirlikda ssintillatsion gamma spektrometrik usul yordamida o'rganish mumkinligi xulosa qilindi.

Adabiyotlar.

- [1] Zhang, X. B., Higgitt, D. L. and Walling, D. E. (1990): A preliminary assessment of the potential for using cesium-137 to estimate rates of soil erosion in the Loess Plateau of China. *Hydrol. Sci.* **35**: 267-276.
- [2] He, Q. and Walling, D. E. (1997). The distribution of fallout ^{137}Cs and ^{210}Pb in undistributed and cultivated soils. *Appl. Radiat. Isotopes*. **48**: 677-690.
- [3] Govers, G., Quine, T. A., Desmet P. J. J and Walling, D. E. (1996). The contribution of soil tillage and overland flow erosion to soil redistribution on agricultural land. *Earth Sur. Proc. Landforms* **21**: 929-946.
- [4] Pegoyev, A. N. and Fridman, Sh. D. (1978). Vertical profiles of cesium-137 in soils (translation). *Pochvovedeniye* **8**: 77-81.
- [5] Walling, D. E. and He, Q (1993). Towards improved interpretation of ^{137}Cs profiles in lake sediments. In: *Geomorphology and Sedimentology of Lakes and Reservoirs* (ed. J. McManus & R. W. Duck), 31-53. Wiley, Chichester, UK.
- [6] Blake, W.H., D.E Walling, and Q. He. (1999). Fallout Beryllium-7 as a tracer in soil erosion investigations. *Applied Radiation and Isotopes* **51**(5): 599-605.
- [7] Zapata, F, 2002. Handbook for the assessment of soil erosion and sedimentation using environmental radionuclides. Kluwer Ac. Publ., The Netherlands.
- [8] He, Q. and Walling, D. E. (1996). Interpreting the particle size effect in the adsorption of ^{137}Cs and unsupported ^{210}Pb by mineral soils and sediments. *J. Environ. Radiact.* **30**: 117-137.
- [9] I.T.Muminov, A.K.Muhamedov, B.S.Osmanov, A.A.Safarov, A.N.Safarov, «Application of NaI(Tl) detektor to measurement of natural radionuclides and ^{137}Cs in environmental samples – new approach by decomposition of measured spectrum », *Journal of environmental radioactivity*, v.84, №3, p.321-331.

[10] Tolib Muminov, Muhtor Nasyrov, R.Scott Van Pelt, Akmal A. Safarov, Amriddin V. Halikulov, and Shaymon X. Hushmuradov // Radionuclides in soils along a mountain—Basin transect in the Koratepa Mountains of Uzbekistan // Journal of Soil and Water Conservation 2010 65(5):117A-121A.

[11] Bekjonov R.B. Atom yadrosi va zarralar fizikasi. «O'qituvchi» Toshkent. 1995

[12] Muminov T.M., Xushmurodov Sh.X., Xoliqulov A.B. Atom yadrosi va zarralar fizikasi. Samarqand 2007 y

[13] Abramov A.I., Kazanskiy Yu.A., Matusevich Ye.S. “Osnoviy eksperimentalnii metodov yadroniy fiziki” M. Energoatomizdat, 1985.

[14] Muminov T.M., Xushmurodov Sh.X., Xoliqulov A.B. “Atom yadrosi va zarralar fizikasi” (ma’ruzalari kursi) Samarqand. 2002.

[15] Rakobolskaya A.M. “Yadernaya fizika” Moskva. 1988.

[16] dots. Xushmurodov Sh.X., Azimov A.N. “Ssintillyatsion gamma spektrometrni energiya bo'yicha gradirovka qilish. (laboratoriya ishi) 2011 y.

[17] dots. Xushmurodov Sh.X., Azimov A.N. “NaJ(Tl) Ssintillyatsion gamma spektrometrning 661 keVli gamma kvantlari uchun energiya bo'yicha ajratish qobiliyatini aniqlash. (laboratoriya ishi) 2011 y.

[18] dots. Xushmurodov Sh.X., dots. Mamatqulov O.B., Azimov A.N. “NaJ(Tl) Ssintillyatsion gamma spektrometrning 661 keVli gamma kvantlari uchun qayd qilish effektivligini aniqlash. (laboratoriya ishi). 2011 y.

[19] Internet. “www.ziyonet.uz” sayti.

[20] Internet. www.wikepediya.uz sayti.