

U.X.Raximov, D.A. Yusupov

*ATOM YADROSI VA
ELEMENTAR ZARRALAR
FIZIKASI FANIDAN*

**LABORATORIYA ISHLARI UCHUN
(USLUBIY KO'RSATMA)**

Taqrizchilar: F.Usmonov f-m.f.d. prof. NamMPI Fizika kafedrası mudiri.

X.Qo'chqorov, f-m.f.n NamDU Fizika kafedrası katta o'qituvchisi

Ushbu uslubiy ko'rsatma Fizika kafedrasining 24 dekabr 2016 yilda 4-sonli, Fizika matematika fakul'tetinig 21 yanvar 2017 yildagi 6-sonli hamda Namangan davlat universiteti O'quv uslubiy kengashining 19 aprel 2017 yil 9 sonli majlisida muhokama etilgan va o'quv jarayonida foydalanishga tavsiya etilgan.

Namangan davlat universiteti - 2017 yil

M U N D A R I J A

	Yadro fizika laboratoriya sharoitida radiatsion havfsizlik qoidalari va normalari	3
1-ish	Beta-zarralar energiyasini yarim yutilish usuli bilan aniqlash.	4
2-ish	Radiaktiv modda aktivligini aniqlash.	7
3-ish	Gamma –kvantlar va rentgen nurlarining moddada yutilish koeffitsientlarini aniqlash	12
4-ish	Uzoq yashovchi izotopning yarim yemirilish davrini aniqlash	15
5-ish	Koinot nurlarining yumshoq va qattiq komponentalarini o'rganish.	17
6-ish	Yadroviy jarayonlarning statistik xarakterini o'rganish.	23
7-ish	Dozimetriya asoslari.	30
8-ish	Geyger-Myuller sanagichining sanash xarakteristikasini va o`lik vaqtini kosmik nurlar yordamida aniqlash	37
9-ish	$\pi \rightarrow \mu \nu_\mu$ yemirilishni o'rganish	43
10-ish	Radioaktiv manbaning absolyut aktivligini mos tushuv usulida aniqlash	47

Yadro fizika laboratoriya sharoitida radiatsion havfsizlik qoidalari va normalari.

Har xil yadro nurlanishlari natijasida inson organizmi to'qimalarida zararli o'zgarishlar sodir bo'ladi. Nurlanishning bu ta'siri uning o'zidagina bo'lmasdan balki uning nasliga ham o'tadi. Nurlanish ta'sirida odam organizmida har xil zararli o'simtalar paydo bo'ladi. Hozirgi vaqtda past dozali nurlanishlarning inson organizmiga ta'siri yaxshi o'rganilgan emas, faqatgina yuqori dozali nurlanishlarning ta'sirigina bir muncha o'rganilgan halos. Bu noaniqliklar nurlanishga qarshi kurashishda noqulaylik tug'diradi. Demak hozircha nurlanishga qarshi kurashishning eng ishonchli yo'li undan saqlanishdir. Nurlanishdan saqlanish maqsadida radiatsion havfsizlik normalari va qoidalari ishlab chiqilgan. Bizning respublikamizda radiatsion havfsizlik qoidalari NRB - Normi radiatsionnoy bezopastnosti 76/87 va radiaktiv moddalar bilan ishlash qoidalari OSP (Osnovnie sanitarnie pravila.) 72/87 da ko'rsatilgan. NRB 76/87 bo'yicha nurlanuvchilar uch turkumga bo'linadi:

- A) Ionlashtiruvchi nurlanishlar manbalari bilan ishlovchilar;
- B) Yashash sharoitidan kelib chiqqan holda nurlanuvchi aholining bir qismi;
- C) Boshqa hamma aholi;

Nurlanishning maksimal dozasi

A) turkum uchun PDD (predel'no dopustimaya doza) yo'l qo'yiladigan chegaraviy doza, B) turkum uchun PD (chegaraviy doza) bilan belgilanadi, C) turkum uchun chegara qo'yilmaydi. Sharoitga qarab PDD taxminan 50 MeV atrofida deb olingan. O'quv laboratoriyasida radiaktiv moddalar bilan ishlovchi talabalar A) turkumga kiradi.

A- turkumdagilarning o'zi ham ikki guruhga ajraladi:

- I. 0,3 PDD dozasidan ko'p nurlanuvchilar;
- II. 0,3 PDD dozasidan kam nurlanish oluvchilar.

Birinchi guruh kishilari uchun dozimetrik nazorat majburiydir. Yadro fizikasi laboratoriya sharoitida nurlanishning yopiq manbalari bilan ish ko'riladi. Bunday

1-Laboratoriya ishi

Mavzu: Beta-zarralarning energiyasini yarim yutilish usuli bilan aniqlash

Ingichka beta – zarralar dastasi intensivligini ikki marta kamaytiradigan yutgich qalinligini yarim yutilish qatlami qalinligi deyiladi. Berilgan yutgich uchun, yarim yutilish qatlami qalinligi beta – spektrning maksimal energiyasiga bog'liq bo'ladi.

Beta – nurlanish yarim yutilish qatlami qalinligi $\Delta(\text{mg}/\text{sm}^2)$ va beta – spektrning maksimal energiyasi E (MeV) orasidagi bog'lanish taxminan quyidagi emperik munosabatlar orqali beriladi:

$$\Delta = 55 E^{1,66} \quad 0,15 \leq E \leq 0,7 \text{ MeV} \quad \text{va}$$

$$\Delta = 53 E^{1,47} \quad 0,7 \leq E \leq 2,5 \text{ MeV}$$

Yarim yutilish qatlami qalinligi, beta – zarralar yutilish egri chizig'ini olish orqali aniqlanadi:

$$N_d = N_0 \cdot 2^{-\frac{\rho d}{\Delta}} \quad (1)$$

bu yerda, N_0 – beta zarralar oqim intensivligi, N_d —yutgichning $\rho d(\text{mg}/\text{sm}^2)$ qalinlikdagi qatlamida beta zarralarning oqim intensivligi.

Yutilish egri chizig'ini olish uchun Geyger–Myuller sanagichidan iborat hisoblash qurilmasidan foydalaniladi. Sanagich ostiga radiofaol manba qo'yiladi va fon bilan birgalikda sanash tezligi o'lchanadi. Keyin umumiy fonni o'lchash uchun sanagich bilan radiofaol manba orasiga alyuminiy yutgich qo'yiladi va bu yutgich beta – nurlanishni to'la yutib qoladi. Shundan so'ng, alyuminiy yutgich o'rniga ketma–ket alyuminiy folgalar qo'yib borib, turli qalinlikdagi yutgichda sanash tezligi o'lchanadi. Yutgich qalinligini ortib borishi bilan yutgichdan o'tayotgan beta – nurlanish intensivligini o'lchash, intensivlik boshlang'ich intensivlikka nisbatan 3 – 4 marta kamayguncha qadar davom ettiriladi. Olingan sanash tezligidan qurilma foni ayirib tashlanadi.

$$N_d = N - N_f$$

Qurilma foniga quyidagilar kiradi: koinot nurlari, Yer va atrofdagi jismlarning beta va gamma – nurlanishi va shu bilan birga radiofaol manbada mumkin bo'lgan rentgen va gamma – nurlar foni.

(1) munosabatni logarifmlaymiz:

$$\lg N_d = \lg N_0 - \frac{\rho d}{\Delta} \cdot \lg 2 \quad (2)$$

(2) munosabatga belgilash kiritamiz:

$$y = \lg N_d; \quad A = \lg N_0; \quad x = \rho d; \quad a = \frac{\lg 2}{\Delta}$$

U holda (2) munosabat quyidagicha bo'ladi:

$$u = A - a x$$

Demak, sanash tezligining logarifmi yutgichning massali qalinligiga chiziqli bog'langan.

Tajriba natijalari asosida to'g'ri chiziq qurib, uni abtsissa o'qiga og'ishi «a» aniqlanadi. Yarim yutilish qatlam qalinligi $\Delta = \frac{lg2}{a}$ ga teng bo'ladi.

Beta — spektrning maksimal energiyasini emperik formulalar, yoki 1 – jadval yordamida aniqlash mumkin.

Yutilish egri chizig'ini olishda beta – zarralar ingichka oqimini hosil qilgan ma'qul, chunki bu holda ularning yutgichda sochilishi bilan bog'liq effektlar kamayadi. Ingichka oqimni hosil qilish uchun latundan yoki qo'rg'oshindan yasalgan diafragma sanagich oldiga qo'yiladi. Yutgich folgalari sanagichga yaqin joylashtiriladi.

Ishning bajarish tartibi

1. Laboratoriya qurilmasi bilan tanishib chiqiladi va qurilma o'lchashga tayyorlanadi.

2. O'qituvchidan yutgichlarni (qalinligi 0,1 mm) va radiofaol manbani olib sanagich ostiga qo'yiladi.

3. Sanagich bilan manba orasiga beta – nurlanishni to'la yutadigan yutgichni (qalinligi 4 mm) qo'yib, qurilma foni 3 % statistik xatolik bilan o'lchanadi.

4. Alyuminiy folgalardan foydalanib yutilish egri chizig'i 1 % dan kam bo'lmagan statistik xatolik bilan o'lchanadi.

5. Sanash tezligi logarifmi bilan massali qalinlik orasidagi bog'lanish quriladi. To'g'ri chiziq og'maligi orqali yarim yutilish qatlam qalinligi topiladi

1-jadval yoki emperik formulalar orqali beta — spektrning maksimal energiyasi aniqlanadi.

Hisobot jadvali

№	t,c	I _f	d,MM	N	pd,Mr/sm ²	LgN _d	l, mg/sm ²	MeV
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Sinov savollari.

1. Beta - zarralar spektrini tushuntiring.
2. Beta - spektrning maksimal energiyasi deb nimaga aytiladi?

3. β^+ va β^- spektrlari farqini tushuntiring
4. K -qamrash.
5. Yarim yutilish qatlami qalinligi deb nimaga aytiladi?
6. Nima uchun yarim yutulish qatlami qalinligi mg/sm^2 larda o'lchanadi
7. Nima uchun yarim yutilish qatlami qalinligini aniqlashda ikkita o'lchash bilan cheklanilmaydi?
8. Neytrino spektri qanday?
9. Qurilma foni deb nimaga aytiladi?

1-jadval

E, Mev	Δ , mg/sm^2	E, Mev	Δ , mg/sm^2	E, Mev	Δ , mg/sm^2
0,01	0,1	0,28	6,3	2,3	159
0,02	0,3	0,30	7,0	2,4	168
0,03	0,5	0,35	9,0	2,5	173
0,04	0,7	0,40	11,7	2,6	180
0,05	0,8	0,45	14,6	2,7	190
0,06	1,0	0,50	17,5	2,8	195
0,07	1,3	0,6	24	2,9	200
0,08	1,5	0,7	30	3,0	210
0,09	1,6	0,8	37	3,1	218
0,10	1,8	0,9	45	3,2	223
0,11	2,0	1,0	53	3,3	230
0,12	2,2	1,1	62	3,4	238
0,13	2,3	1,2	70	3,5	244
0,14	2,5	1,3	78	3,6	250
0,15	2,6	1,4	87	3,7	260
0,16	2,8	1,5	97	3,8	265
0,17	3,0	1,6	107	3,9	270
0,18	3,3	1,7	117	4,0	280
0,19	3,6	1,8	121	4,2	290
0,20	3,9	1,9	130	4,4	305
0,22	4,5	2,0	140	4,6	320
0,24	5,0	2,1	147	4,8	335
0,26	5,6	2,2	150	5,0	350

2-laboratoriya ishi

Mavzu: Radiaktiv modda aktivligini aniqlash

Ishning maqsadi:

1. Radiaktiv modda. Kimyoviy element. Radiaktiv izotop haqida tushincha berish.
2. Yadro nurlari va ularni qayd etish metodlarini o'rganish.
3. Yadro nurlarini qayd etishda qo'llaniladigan asbob uskunalarni o'rganish.
4. Berilgan radiaktiv kimyoviy elementning aktivligini aniqlash.

Radiaktiv kimyoviy elementning yig'indisidan tashkil topgan birikmaga radiaktiv modda deyiladi. Bu birikmaning agregat holatidan, ya'ni gaz, suyuq kristall, plazma bo'lishidan qat'iy nazar bu modda o'zining radiaktivlik xossasini saqlaydi va radiaktivlik qonuniga muvofiq yemiriladi. Har qanday agregat holatdagi radiaktiv modda kimyoviy elementlarning izotoplaridan tashkil topgan. Kimyoviy elementning bir necha izotopi bo'lishi mumkin. Demak, atom massalari turlicha $^{22}\text{Na}, ^{23}\text{Na}, ^{24}\text{Na}$, atom zaryadi bir qiymatga $^{22}_{11}\text{Na}, ^{23}_{11}\text{Na}, ^{24}_{11}\text{Na}$ ega bo'lgan kimyoviy elementlarni izotoplar deyiladi. Misol, $^{26}_{13}\text{Al}, ^{28}_{13}\text{Al}; ^{22}_{11}\text{Na}, ^{23}_{11}\text{Na}, ^{24}_{11}\text{Na}; ^{235}_{92}\text{U}, ^{238}_{92}\text{U}$ va shu kabilar.

Agar bu izotop o'zidan yadro nurlarini chiqarsa, uni radiaktiv izotop deyiladi. Radiaktiv izotop yemirilish jarayonida, yemirilish turiga qarab, o'zidan alfa, beta, proton, neytron zarralarni va gamma kvantini chiqarib, aktivligini kamaytirib, energetik jihatdan eng pastki, ya'ni barqaror (stabil) holatiga o'tadi.

Bu radiaktiv izotop alfa-yemirilish, beta-yemirilish turi bilan yemiriladi. Gamma nurlarni uzunligi 10^{-10} - 10^{-12} m bo'lgan qisqa to'lqinli elektromagnit nurlanish bo'lib, u radiaktiv izotopning yemirilish jarayonida vujudga keladi.

γ –kvantlar materiallaridan yuksak o'tish va sust ionlashtirish qobiliyatiga ega bo'lib, ularning energiyasi $E_\gamma = 0,1 \text{ MeV}$ dan $E_\gamma = 3,0 \text{ MeV}$ gacha boradi. Gamma nuridan himoyalaniish uchun yuqori zichlikka ega bo'lgan modda va materiallarga misol: qo'rg'oshin ($\rho = 11,3 \cdot 10^3$), temir ($\rho = 7,9 \cdot 10^3$), beton ($\rho = 10^3$) va shu kabilar ishlatiladi.

Beta nurlanish – elektronlar oqimi bo'lib, u radiaktiv izotopning yemirilish jarayonida paydo bo'ladi. Beta zarrasining energiyasi E_β noldan 3,0 MeV gacha bo'lib, uzluksiz spektrli nurlanishdir. Beta zarracha,

materiallaridan o'rtacha o'tish va yuqori bo'lmagan ionlashtirish qobiliyatiga ega. Beta zarrachadan himoyalash uchun o'rtacha va yuqori zichlikka ega bo'lgan materiallar, ya'ni qo'rg'oshin, alyuminiy, slyuda, zarqog'oz va suv ishlatiladi.

Alfa nurlanish – ikki marta ionlashgan geliy atomining oqimi bo'lib, u og'ir atomlarning yemirilish jarayonida hosil bo'ladi. Aktinoidlar gruppasidagi elementlar asosan alfa zarralarni nurlab yemiriladi. Alfa zarralar juda ko'p ionlashtirish va materiallardan sust o'tish qobiliyatiga ega. Uning energiyasi $E_\alpha = 4\text{MeV}$ dan $E_\alpha = 9\text{MeV}$ gacha bo'ladi. Massasi $m_\alpha = 4$, zaryadi $x_e = 2$ ga teng, ya'ni $\alpha = {}^4_2\text{He}^2$.

Neytronli nurlanish – neytron, ya'ni zaryadsiz bo'lib, uning massasi elektron massasidan 1840 marta katta ($m_n = 1840m_e$ $m_p = 1836m_e$) neytron og'ir massali atom yadrolarini parchalanish jarayonida va yadro reaksiyalari paytida paydo bo'ladi, neytronning zaryadi yo'qligi sababli u atom yadrolariga erkin kirib sun'iy radiaktiv izotoplarni hosil qiladi.

Protonli nurlanish – zaryadi va massasi ham 1 ga teng bo'lgan zaryadli zarracha, ya'ni ionlashgan vodorod atomi oqimi bo'lib, materiallardan sust o'tish va yuqori ionlashtirish qobiliyatiga ega.

Proton yadro reaksiyalari jarayonida hosil bo'ladi. Uning massasi $m_p = m_n$. Muayyan radiaktiv atomlar miqdorining bir sekund vaqt mobaynida yemirilish tezligi moddaning aktivligi deyiladi.

Moddaning aktivligi, bu radiaktiv preparat miqdorining o'lchovidir.

Eslatma: maxsus tayyorlangan, tashqi muhitga o'z-o'zidan tarqalmaydigan ma'lum miqdordagi radiaktiv modda preparat deyiladi.

Radiaktiv izotopning yemirilish qonunini ko'rib chiqamiz. Har qanday radiaktiv izotop tashqi kuchlarning ta'siridan qat'iy nazar o'z-o'zidan ma'lum vaqt mobaynida yemiriladi, ya'ni radiaktiv bo'lgan atomlarning vaqt o'tishi bilan kamayib, boshqa turdagi radiaktiv yoki radiaktiv bo'lmagan atom izotopiga aylanib boradi. Buni radiaktivlikning yemirilish qonuni deyiladi:

$$dN = -\lambda N(t)dt \quad (1)$$

bunda λ -radiaktiv atom (izotop) ning yemirilish doimiysi. dN -eng kichik vaqtda mavjud bo'lgan radiaktiv atomlar soni.

«Minus» ishorasi vaqt o'tishi bilan radiaktiv atomlar sonining kamayib borishini bildiradi.

Yuqoridagi formula umumiy radiaktiv atom yadrolari sonining vaqt birligidagi yemirilgan ulushini bildiradi. Ya'ni radiaktiv atom turg'un bo'lishi mumkin emas.

Keltirilgan (1) formulani $t=0$, $N_t - N_0$ shartni qanoatlantiruvchi holat uchun integrallab, yemirilmasdan qolgan atom yadrolarining biror vaqtdagi sonini topamiz:

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

Agar ma'lum vaqt oraligida radiaktiv atomlar soni ikki marta kamaysa, bu vaqt shu radiaktiv atomning yarim yemirilish davri bo'lib, yemirilish doimiysi orasidagi bog'lanishni yuqoridagi shartga muvofiq topamiz:

$$\frac{1}{2} = \frac{N_t}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

Bundan

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

Endi, λ -radiaktiv atom yadrosining yemirilish doimiysi ifodasini (2) formulaga qo'yib quyidagini hosil qilamiz:

$$N_t = N_0 e^{-\frac{0,693}{T_{1/2}} t} \quad (3)$$

Radiaktiv atomi izotoplarining yarim yemirilish davri 10^{-9} sekunddan 10^{+9} yilgacha bo'ladi. Misol: Kaliy-41 radiaktiv izotopning yarim yemirilish davri $T_{1/2} = 6,7 \cdot 10^{-9}$ sekund, uran -238 izotopning yarim yemirilish davri $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^{+9}$ yil va h.k.

Radiaktiv izotopning nurlangan α, β, n, p -zarrachalari va γ -kvantlarini ma'lum turdagi asbob uskunalar yordamida qayd etiladi. Agar yadro nurlarining oqimini o'lchovi asbobning effektiv o'lchov qobiliyati ta'sirida o'zgarmasa ham unda preparat yoki biror modda radiaktivligini osongina o'lchash mumkin. Ammo o'lchovchi asboblarning effektiv o'lchov qobiliyati yadro nurlarining turiga qarab va boshqa ta'sirlar natijasida o'zgaradi. Bu ta'sirni hisobga olinsa, uning formulasiga tuzatish koeffitsientlarining kiritilishi zarur bo'ladi.

Radiaktiv moddaning chiqarayotgan nurlarini effektiv qayd etilishi har xil energiyada turlicha. Shuning uchun bu nurlanish qayd etuvchi asbobning ajrata olish qobiliyatiga (Q_r), o'lchash geometriyasiga (w) bog'liq. Yadro nurining havo va qayd etuvchi asbob detektorining devorida yutilishini va sochilishini (s), teskari sochilishini (q), radiaktiv yemirilishini (p), qayd etuvchi asbobning effektivligini (E) va fotonni (N_ϕ) e'tiborga olganda modda aktivligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$A = \frac{(N - N_\phi) \cdot 10^{-6}}{3,7 \cdot 10^{10} K p \cdot 10 \cdot s \cdot q \cdot p \cdot E \cdot K e} \quad \text{kyuri.}$$

Bunda N – o'lchov asbobi yordamida 1 minut vaqtda hisoblangan to'la impuls soni, ya'ni preparat aktiv modda nurlagan yadro nurlari hamda asboblardagi elektr shovqin hisobiga paydo bo'lgan signallar hisobga olingan qismi. Agar noma'lum aktivlikka ega bo'lgan biror modda aktivligi ma'lum preparat aktivligiga solishtirish usuli bilan aniqlansa, quyidagi formuladan foydalanish kerak:

$$A = A_0(K_e \cdot N - N_\phi)(K_e \cdot N_0 - N_\phi)$$

bunda N va N_0 noma'lum va ma'lum bo'lgan moddalarning bir sekunddagi impuls soni K_e -hisoblash asbobining ajrata olish qobiliyatiga kritiladigan tuzatma, N_ϕ -hisoblash asbobining fan hisobiga hosil bo'lgan impuls soni. A -nisbiy aktivlik deb yuritiladi.

O'lchash geometriyasi absolyut bir xil bo'lsa, soddalashtirish maqsadida asbobning ajrata olish qobiliyati tuzatma-koeffitsienti e'tiborga olinmasa ham bo'ladi, ya'ni $N_0 \gg N_\phi$ bo'lganda $A = A_0 \frac{N - N_\phi}{N_0 - N_\phi}$ yoki

$$A = A_0 \frac{N - N_0}{N_0}$$

Eslatma: Aktivligi aniq bo'lmagan radiaktiv modda berilgan bo'lsa, yuqoridagi qoidalarga amal qilib, aniq radiaktiv modda sifatida radiy izotopining aktivligini olish mumkin.

$$A_0 = 1kyuri = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ yemirilish / sekund.}$$

Radiy izotopini solishtirish anchagina xatolikka olib keladi. Shunday bo'lsada, tushuncha berish maqsadida bu usuldan foydalanish mumkin.

Kerakli asboblari:

1. Asosiy moslama stsintilyatsion ditektr bo'lib, u NaI kristali, fotokatod, FEK fotoelektron kuchaytirgich, KT-katod takrorlagichdan iborat.
2. «Bu-2» markali signallarni kuchaytirgich
3. «BD-2» markali diskremenator.
4. «PP9-2m» markali jamgaruvchi mashina.
5. «VV-2-2» markali yuqori kuchlanishli tok manbai
6. «BN-13-1» markali past kuchlanishli tok manbai
7. Radiaktiv modda.

Ishni bajarish tartibi:

1. Ish uchun kerakli moslamalar bilan tanishgach, 1-rasmdagi sxema asosida uskunani yig'ing va tok manbaiga ulashdan oldin sinov xonasi mudirining nazoratidan o'tkazing.

2. «PP9-2m» markali signal jamg'aruvchini ishlatish uchun uni ishga tushirish tartibi yozilgan ko'rsatma bilan tanishing yoki 1-laboratoriya ishining bajarish tartibidagi 7 va 8-bandlariga rioya qiling.

3. Elektr asboblarni 15-20 minut qizdirilgandan keyin «VV-2-2» blokda yuqori kuchlanish kalitini ulang va radiaktiv moddani detektor ustiga qo'ying.

4. «BD-2» diskriminator qulog'ini 0-100v oralig'ida o'zgartirib bir xil vaqtga mos keluvchi impulslar sonining eng ko'pini «PP9-2m» jamgaruvchining ko'rsatkichidan aniqlanadi va shu songa to'g'ri keluvchi diskriminator intervali moslanadi.

Misol: Agar eng katta son diskriminator qulog'ining 30 v ga to'g'ri kelsa, u shu holatda qoldiriladi.

5. Radiaktiv moddani detektor ustidan olib qo'yib «Shovqinini» ya'ni 100 sekunda to'g'ri keluvchi impulslarning sonini 5 marta o'lchab, o'rtachasi topiladi.

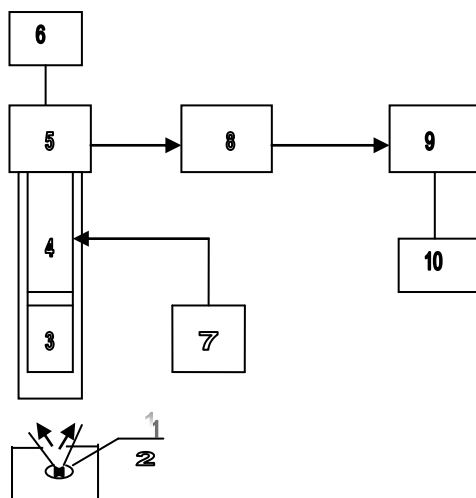
6. Aktivligi o'lchanishi kerak bo'lgan moddani detektor ustiga qo'yib, uning aktivligi A topiladi: $A(\mu\text{M}/\text{c}) = N - N_{\phi}$

7. Aktivligi ma'lum bo'lgan etalonni detektor ustiga qo'yib uning ham aktivligi A_0 aniqlanadi;

$$A_0 = N_0 - N_{\phi}$$

Bunda N va N_0 - aktivligi nom'lum va ma'lum bo'lgan radiaktiv modda aktivliklari A va A_0 ning «PP9-2m» jamg'aruvchi ko'rsatkichidagi N_{ϕ} bilan birgalikdagi qiymati.

8. $A = A_0 \frac{N - N_{\phi}}{N_0 - N_{\phi}}$ formula asosida noma'lum modda aktivligi besh marta aniqlangach uning absolyut va nisbiy xatolari topiladi.



1-rasm. Sintilyatsion detektor yordamida aktivlikni aniqlovchi moslamaning sxemasi.

1. Radiativ manba, 2. Kollimatorli qo'rg'oshin g'ilof, 3. NaI kristali, 4. FEQ-fotoelektron kuchaytirgich, 5. Katod takrorlagich, 6. BN-13-1 markali past kuchlanishli tok manbai, 7. VV-2-2 markali yuqori kuchlanishli tok manbai, 8. BD-2 markali signalni qirquvchi blok. 9. BU-2 markali signalni kuchaytirgich, 10. PP9-2m markali signallarni jamgaruvchi mashina.

3-laboratoriya ishi

Mavzu: Gamma –kvantlar va rentgen nurlarining moddada yutilish koeffitsientlarini aniqlash

Ishning maqsadi.

1. Rentgen va γ -nurlarining moddadan o'tishi, sochilishi va yutilishi to'g'risida ma'lumot berish.

2. Rentgen va γ -nurlarining moddaga ta'sirida sodir bo'layotgan effektlar to'g'risida tasavvur hosil qilish.

3. Turli xil moddalarda rentgen va γ -nurlar yutilish koeffitsientini aniqlash va natijalarni taqqoslash.

4. Rentgen va γ -nurlarni qayd etuvchi asboblardan tanishish va ularning harakteristikalarini o'rganish.

Yutilish koeffitsienti to'g'risida ma'lumot

Gamma-kvant va rentgen nurlarining yutilish yoki absorptsiya natijasida kuchsizlanish sababi shundaki, rentgen nurlari energiyasining bir qismi moddada haqiqatdan ham yutiladi, yani issiqlikka aylanadi.

Agar rentgen nurlarining parallel dastasi monoxromatik bo'lsa, yani ayni bir o'zunlikdagi nurlardan iborat bo'lsa, u holda moddaning qalinligi dx bo'lgan cheksiz yupqa qatlamida dastaning kuchsizlanishi quyidagi sodda qonunga bo'ysunadi:

$$-dI = \mu I dx \quad (1)$$

bu yerda

I -qatlamga tushayotgan dastaning intensivligi,

μ -kuchsizlanishni harakterlaydigan koeffitsient.

Bu tenglamani integrallab, rentgen nurlarining moddaning chekli qalinligidagi qatlamida kuchsizlanish qonunini chiqaramiz:

$$I = I_0 e^{-\mu d} \quad (2)$$

I_0 -parallel dastaning modda qalinligi $d=0$ bo'lganidagi intensivligi. Yutilish koeffitsienti μ ning o'lchamligi sm^{-1} bo'ladi, chunki daraja ko'rsatkichi μd o'lchovsiz kattalik bo'lishi kerak.

Dasta haqiqiy yutilish hisobiga ham, sochilish hisobiga ham kuchsizlanishi uchun kuchsizlanish koefitsienti ikkita koefitsientning: haqiqiy yutilish koefitsienti τ va sochilish koefitsienti δ yig'indisidan iborat bo'ladi.

τ va δ koefitsientlar binobarin, μ ham moddaning massasiga proporsional bo'ladi. Shu tufayli «massali koefitsientlar» deb ataluvchi koefitsientlardan, yani $\frac{\mu}{\rho}, \frac{\tau}{\rho}, \frac{\delta}{\rho}$ nisbatlardan foydalanish qulaydir: bu yerda ρ moddaning zichligi. Ravshanki, ikkinchi formulani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$J = J_0 l^{-\frac{\mu}{\rho} \rho d} \quad (3)$$

ρd – ko'paytma kesimi 1 sm^2 va qalinligi d bo'lgan modda ustunining massasi, $\frac{\mu}{\rho}$ ning o'lchamligi 2^{-1} sm^2 .

Agar $\rho d = 1$ bo'lsa, u holda $J = J_0 e^{-\frac{\mu}{\rho}}$ bo'ladi. Bundan $\frac{\mu}{\rho}$ rentgen nurlarining har bir kvadrat santimetrida 1 g moddaga ega bo'lgan qatlamda kuchsizlanishni harakterlashi kelib chiqadi.

Nazariy hisoblashlarda atom koefitsientlar deb ataluvchi μ_a, τ_a, δ_a koefitsientlardan foydalanish qulayroq. Bu koefitsientlar ma'lum bir element uchun $\frac{\mu}{\rho}, \frac{\tau}{\rho}, \frac{\delta}{\rho}$ qiymatlarini atomning absolyut massalariga, ya'ni mazkur element gramm atomi A ning Avogadro doimiysi N_A ga nisbatiga ko'paytirilib aniqlanadi, ya'ni

$$\mu_a = \frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{A}{N_A}, \tau_a = \frac{\tau}{\rho} \cdot \frac{A}{N_A}, \delta_a = \frac{\delta}{\rho} \cdot \frac{A}{N_A}$$

Shunday qilib, masalan, μ_a kattalik sm^2 yuzada 1 atom bo'lgan qatlamdagi kuchsizlanishini xarakterlaydi. Yana shuni ham qayd qilish kerakki μ_a, τ_a, δ_a atom koefitsientlarining o'lchamligi (sm^2) ekanligiga ishonch hosil qilish oson. Shuning uchun bu koefitsientlarni atomning mos ravishda rentgen nurlarini kuchsizlantirish, yutish yoki sochishdagi effektiv kesimlari deb qarash mumkin.

Emperik yo'l bilan aniqlangan va amalda ancha to'g'ri bo'lgan quyidagi munosabatni keltiramiz:

$$\tau_a = c \cdot Z^4 \lambda^3$$

Bu yerda, s -biror doimiy kattalik, z -moddaning atom nomeri, λ - to'lqin o'zunlik.

Yuqoridagi belgilashlardan foydalanib yutilishning massali koeffitsienti ifodasini topamiz:

$$\frac{\tau}{\rho} = \frac{\tau_a}{A} N_a = \frac{c \cdot N_A}{A} Z^4 \lambda^3 \quad \text{yoki} \quad \frac{\tau}{\rho} = \frac{c^1}{A} Z^4 \lambda^3 \quad s^1 = s N$$

Bu formulalardan ko'rinib turib turibdiki, muayyan bir to'lqin uzunlikdagi nurlarning yutilishi atom nomerining ortishi bilan Z ning to'rtinchi darajasiga proportsional ravishda juda tez ortadi.

Kerakli asboblari

1. Asosiy moslama "BLBDB2-01" markali gologen lampali detektor hisoblanadi.
2. "PP9-2m" markali jamg'aruvchi mashina.
3. «UIM2» markali -12 v va +520 v kuchlanish beruvchi tok manbai.
4. Radioaktiv manba.
5. Radioaktiv manba qo'yiladigan hamda kollimator vazifasini bajaruvchi maxsus qo'rg'oshin g'ilof.
6. Turli xil moddalardan yasalgan va qalinligi aniq bo'lgan filtrlar.

Ishni bajarish tartibi:

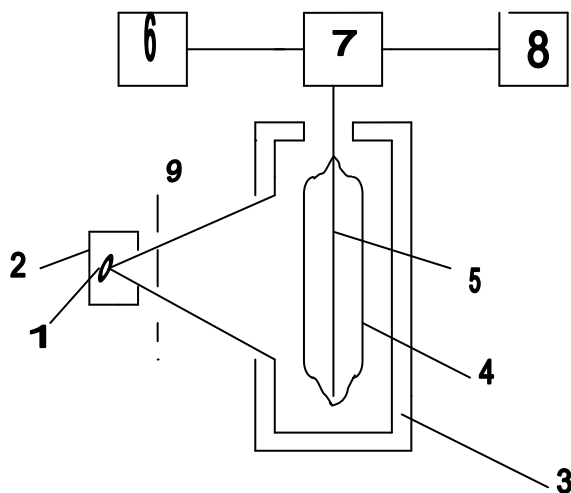
1. Ish uchun kerakli moslamalar bilan tanishgach 1-rasmdagi sxema asosida uskunani yig'ing va tok manbaiga ulashdan oldin sinov xonasi mudirining nazoratidan o'tkazing.
2. «PP9-2m» markali jamg'aruvchi mashinani ishga tushirish uchun uni ishga tushirish tartibi yozilgan metodik ko'rsatma bilan tanishing.
3. Elektr asboblari tokka ulagandan keyin 10-15 minut qizdiring.
4. Radioaktiv manbani qo'ymasdan detektorning «shovqinini», y'ani 100 sekundga to'g'ri keluvchi impuls sonini besh marta o'lchab o'rtacha qiymatini aniqlang.
5. Rentgen yoki γ -nurlanishga ega radiaktiv manbani qo'rg'oshin g'ilofga qo'yib uning aktivligi J_0 aniqlanadi.
6. Keyinchalik navbat bilan filtrlar radioaktiv modda yo'liga qo'yilib rentgen yoki γ nurlanishning yutilish koeffitsienti quyidagi formula yordamida aniqlanadi va o'zaro taqqoslanadi:

$$\mu = \frac{\ln J_0 - \ln J}{d} \quad (4)$$

7. Detektor va filtr oralig'i shunday tanlanadiki, filtdan sochiladigan fotonlar qayd etilmasligi kerak.

8. Yutilish koefitsienti aniqlanishi kerak bo'lgan filtr uchun tajriba besh marta takrorlanadi va absolyut hamda nisbiy xatolar aniqlanadi.

9. Aniq bitta materialning filtrlarini ketma-ket qo'yib rentgen yoki γ -nurlanishining to'liq yutilishiga to'g'ri kelgan qalinligi d aniqlanadi va $\ln J(d)$ ni d ga bog'liqlik grafigi chiziladi. Ushbu grafikdan foydalanib rentgen yoki γ nurlanishining energiyasini ham aniqlash mumkin.



1-rasm. «B» tipidagi qurilmaning sxemasi:

1. Radioaktiv pereparat. 2. Radioaktiv manba qo'yilgan kolimatorli qo'rg'oshin g'ilof. 3. Qo'rg'oshin quticha. 4. Tez so'nuvchi schyotchikning katodi 5. Tez so'nuvchi schyotchikning anodi. 6. Katod takrorlagich. 7. UIM2-m markali past va yuqori kuchlanishli tok manbai 8. PP9-2m markali jamg'aruvchi mashina. 9. Har xil filtrlar qo'yiladigan oraliq.

4-Laboratoriya ish

Mavzu: Uzoq yashovchi izotopning yarim yemirilish davrini aniqlash

Radioaktiv izotoplar ichida bir talay radioizotoplar uchraydiki, ularning aktivligi ko'p yillar, ba'zilariniki esa ming yillar davomida deyarli o'zgarmasdan qoladi. Bunday radioizotoplarning yarim yemirilish davrini ularning aktivligi kamayishi tezligi bo'yicha aniqlab bo'lmaydi. Ammo o'rganayotgan radioaktiv izotopning atomlar miqdori aniq bo'lganda, uning yarim yemirilish davrini aniqlash masalasi katta qiyinchiliklar tug'dirmaydi. Bu holda masala radiaktiv preparatning mutloq aktivligini aniqlashdan iborat bo'ladi.

Haqiqatdan ham agar radioaktiv izotopning yarim yemirilish davri juda ham katta bo'lsa, uning aktivligini (A) o'lchash davomida o'zgarmas deb hisoblash mumkin.

$$A = \lambda N \quad (1)$$

ifodadan yemirilish doimiysini

$$\lambda = A/N \quad (2)$$

yoki yarim yemirilish davrini

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693N}{A} \quad (3)$$

deb ifodalash mumkin.

Binobarin, uzoq yashovchi radioaktiv izotopning yarim yemirilish davrini $T_{1/2}$ ni aniqlash uchun preparatning absolyut aqtivligi - A va preparatdagi yadrolar sonini N aniqlash zarur.

Ushbu ishda massa soni $A=40$ bo'lgan kaliy radioaktiv izotopining yarim yemirilish davri aniqlanadi. Preparat KCl tuzidan tayyorlanadi. Kaliyning tabiiy radioaktiv izotopini $^{40}_{19}K$ tabiatda juda ham kam tarqalganligi (tabiatda tarqalganligi $p=0,0119\%$) sababli KCl tuzidan qalin nurlanish manbai tayyorlanadi. Bunday nurlanish manbalarining β - aktivligini aniqlash uslubi 2-ishda batafsil bayon qilinganligi uchun biz bunga to'xtalmaymiz. Preparatdagi radioaktiv kaliy - 40 atomlari quyidagicha aniqlanadi: namuna massasi va ma'lum ximiyaviy tarkib (KCl) bo'yicha undagi tabiiy radioaktiv kaliy - 40 miqdori (grammlarda) aniqlanadi. Kaliy izotoplarning tabiiy aralashmasidagi kaliy - 40 izotopining ulushi 0,000119 va kaliyning KCl tuzidagi ulishi esa 0,5 ekanligini bilgan holda $^{40}_{19}K$ izotopining namunadagi (preparatdagi) massasi (grammlarda) aniqlanadi.

Kaliy - 40 izotopining atomlar soni quyidagi formula bilan aniqlaniladi:

$$N = \frac{m_{K40}}{\mu} N_A \quad (4)$$

bu yerda $m_{K40} = 0,000119 \cdot 0,5 m_{KCl}$

m_{K40} - kaliy - 40 izotopning namunadagi massasi,

m_{KCl} - namuna massasi,

N_A - Avagadro soni,

$\mu = 40 \text{ g/mol}$

(4) formulaga kattaliklar qiymatini qo'ysak,

$$N = \frac{0,000119 \cdot 0,5 m \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{40} \quad (5)$$

(5) ni (1) ifodaga qo'yib quyidagi ifodani olamiz

$$N = \frac{0,693 \cdot 1,19 \cdot 0,5m \cdot 6,02 \cdot 10^{19}}{40A} \quad (6)$$

Ishning bajarish tartibi

1. Radiometr tuzilishi bilan tanishish va uni ishga tayyorlang.
2. Sanagichga yuqori kuchlanish beriladi. Sanagichning kuchlanishin qiymati qilib, uning sanash xarakteristkasi bo'yicha plato o'rtasining ishchi nuqtasi olinadi.
3. KCl tuzidan yasalgan qalin preparatni sanagichga qo'yiladi va uning beta-aktivligini 2 - ishdagi uslubiyat bo'yicha aniqlanadi. Tuzatma kiritiladi va preparatning absolyut aktivligi aniqlanadi.
4. Solishtirma aktivlik A / m aniqlanadi.
5. Yuqoridagi, ya'ni (6) ifoda yordamida $^{40}_{19}\text{K}$ izotopining yarim yemirilish davri aniqlanadi. Olingan natijani adabiyotlardagi ma'lumotlar bilan solishtiring. O'lchash va hisoblash natijalarini hisobot jadvaliga kiriting.

Sinov savollari

1. Nima uchun Mendeleev davriy sistemasidagi ba'zi elementlar tabiiy radioaktiv izotoplariga (masalan, kaliy, rubidiy, uran) ega bo'lib, boshqalari esa ega emas, garchi barcha tabiiy izotoplarni hamma elementlardan olish mumkin bo'lsa ham?
2. Nima uchun ushbu ishda foydalanilgan uslubni qisqa yashovchi radioaktiv izotoplar yarim yemirilish davrini aniqlashga qo'llab bo'lmaydi?
3. Uzoq yashovchi izotoplar.
4. Radioizotoplar aktivligi va ularning SI - birliklar sistemasidagi o'lchov birligi.
5. Preparatning absolyut aktivligi.
6. Beta - aktivlikni tushuntiring.
7. Gamma — aktivlikni tushuntiring.
8. Aktivlikni o'lchash geometriyasi va detektorning effektivligi nima?

5-Laboratoriya ishi

Mavzu: Koinot nurlrining yumshoq va qattiq komponentalarini o'rganish

Birlamchi koinot nurlari asosan proton va boshqa barqaror atom yadrolaridan iborat bo'lib, ularning uzluksiz oqimi atmosferadan o'tib Yer

sirtigaqadar yetib keladi. Birlamchi koinot nurlarining tarkibi 1-jadvilda keltirilgan.

1-jadval

Yadrolar	Yadro zaryadi	Intensivligi	Umumiy oqimidagi ulushi (%)
Proton	1	1300 ± 100	92,9
Geliy yadrosi	2	94 ± 4	6,3
Engil yadrolar	3-5	$2,01 \pm 0,3$	0,13
O'rta yadrolar	6-9	$6,7 \pm 0,3$	0,4
Og'ir yadrolar	≥ 10	$2,0 \pm 0,3$	0,18
O'ta og'ir yadrolar	> 20	$0,5 \pm 0,2$	0,05

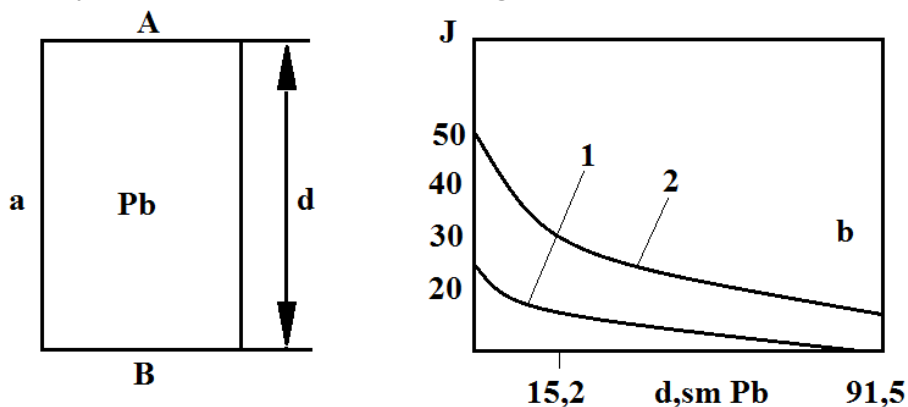
Birlamchi koinot nurlari tarkibida oz miqdorda elektron, foton va neytronlar ham uchraydi.

Birlamchi koinot nurlirining o'rtacha energiyasi taxminan 10^{10} eV ga teng. Lekin ayrim zarralar energiyasi 10^{19} eV ga qadar borishi mumkin. Taqqoslash uchun zamonaviy tezlatkichlarda pratonlarni 10^{11} - 10^{12} eV ga qadar tezlatish mumkinligini qayd qilib o'tish mumkin.

Birlamchi kosmik nurlar Yer atmosferasiga tushgach, havodagi atom yadrolari bilan noelastik to'qnashadi. Havo tarkibini asosan azot (78,1%) va kislorod (21%) tashkil egadi. Shu atom yadrolari bilan to'qnashganda hosil bo'lgan juda ko'p miqdordagi yuqorn energiyali ikkilamchi zarralar asosan nuklon va pionlardan tashkil topgan bo'ladi. Yuqori energiyali to'qnashishlarda giperon va K mezonlar ikkilamchi kosmik nurlarning 15-20% ni tashkil etadi. Ko'p yangi elementar zarralar koinot nurlarining tarkibini o'rganish jarayonida kashf etilgan. Myuon, pion va K - mezonlar shular jumlasidandir.

Ikkilamchi koinot nurlari yumshoq va qatgiq komponentalardan tashkil topganligini ko'rsatib berish juda katta ahamiyatga ega. By kashfiyot teloskop deb ataluvchi qurilma yordamida bajariladi. Orasiga qo'rg'oshin yutgich joylashgan A va B qayd qilgichlar mostushuv sxemasiga ulanib, vertikal joylashadi (1-rasm). Qo'rg'oshin qalinligini ortishi bilan mos tushishlar sonini o'lchash shuni ko'rsatadiki, A va V qayd qilgichlar orqali o'tgan zarralar soni oldin tez kamayadi, so'ng qo'rg'oshin qalinligi 10 sm dan ortgach, undan yutilmay o'tgan zarralar intensivligi sekin kamaya boshlaydi (1-rasm, b).

Koinot nurlarining 10 sm qalinlikdagi ko'rg'oshinda yutiluvchi komponentasi «yumshoq» va undan o'tuvchi komponentasi esa «qattiq» degan nom oldi. O'rganishlar koinot nurlarining yumshoq komponentasi elektron, pozitron va fotonlardan, «qattik» komponentasi esa 1937 yilda kashf etilgan myuonlardan iborat ekanligini ko'rsatadi.



1-rasm

1-dengiz sathi, 2-dengiz sathidan 3200 m balandlikda

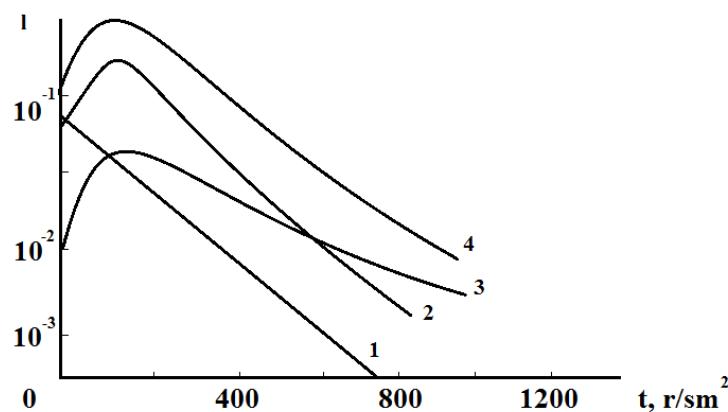
Yer atmosferasining qalinligi yuqori energiyali nuklonlarning havoda bir to'qnashishdan ikkinchi to'qnashishgacha erkin bosib o'tgan yo'lidan taxminan 15 marta kattadir. Shuning uchun, birlamchi koinot nurlari atmosferadagi atom yadrolari bilan ko'p marta o'zaro ta'sirlashib ikkilamchi zarralarni hosil qiladi. Yer sathidan 20 km balandlikda uchraydigan zarralarning deyarli hammasi ikkilamchi zarralardan iborat bo'ladi. Ikkilamchi zarralar energiyasi 10^6 dan kam bo'lib qolguncha ular o'z navbatida yadroviy to'qnashishlarda yangi zarralarni hosil qilaveradi. Ikkilamchi kosmik nurlar tarkibida hosil bo'lgan pionlarning (π^+ , π^-) yemirilishi natijasida koinot nurlarining qattiq komponentasini tashkil etuvchi myuonlar (μ^+ , μ^-) hosil bo'lidi $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$, $\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu_\mu$. π^0 mezonlar yemirilib ikkita kvantni, gamma - kvantlan esa elektron - foton juftligini (2-rasm) va yuqori energiyali zaryadlangan zarralar esa tormozlanish nurlanishini hosil qiladi. Tormozlanish nurlanishi va myuonlar (emirilib) o'z navbatida elektron-foton jasasining hosil bo'lishiga o'z hissalarini qo'shadilar. Shunday qilib, Yer sathida ikkilamchi koinot nurlari tarkibi birlamchi koinot nurlari tarkibidan mutlaqo farqlanadi.

Quyosh aktivligiga qarab koinot nurlari intensivligining o'zgarishi, koinot nurlarining kam qismi quyoshda bo'ladigan jarayonlarda hosil bo'lishini ko'rsatadi. Quyosh koinot nurlari asosan praton va al'fa – zarralardan tashkil topgan bo'ladi. Quyosh koinot nurlarining energiyasi odatda 400 MeV dan kam bo'ladi, lekin intensivligi 10^6 - 10^8 zarra/sm²s ga

qadar boradi. Ayrim hollarda energiyasi bir necha GeV bo'lgan Quyosh koinot nurlari ham uchraydi.

Koinot nurlarining Yer atmosferasi bilan ta'siri natijasida hosil bo'lgan nurlanishlar Yerning magnit maydon ta'sirida «Er radiatsiyasi» mintaqalari deb nom olgan hodisasini hosil qiladi. Yerning radiatsion mintaqalari hozir yaxshi o'rganilgan.

Koinot nurlarining qattiq komponentasini tashkil etuvchi myuonlar o'z energiyasini ionizatsiya hisobiga kam yo'qotgani uchun u muhitda sust yutiladi. 3-rasmda koinot nurlari turli komponentalari intensivligining atmosfera qalinligiga qarab o'zgarishi ko'rsatilga.



3-rasm

Rasmdan ko'rinishacha, kosmik nurlarning yadro-aktiv komponentasi atmosferada tez yutiladi (1-egri chiziqli) va dengiz sathida uning intensivligi nolga qadar kamayadi. Elektron-foton komponentasi eca (2-egri chiziq) atmosferaning yuqori qismida oldin ortadi, so'ng tez yutilib, dengiz satxida muayyan komponentaga qaraganda kamayadi. Dengiz sathida koinot nurlari asosan myuon (3-egri chiziq), elektron va foton hamda neytronlardan tashkil topadi. Adronlar faqat 1% ni tashkil etadi. (3-rasmdagi 4-egri chiziq koinot nurlarining to'la intensivligini o'zgarishini ko'rsatadi. «t» atmosferaning yuqori chegarasidan boshlab hisoblangar).

Koinot nurlarishshg zaryadlangan zarralar tashkil etuvchisi dengiz satxidan vertikal yo'nalishda quyidagi intensivlikkka ega: qattiq komponenta uchun

$$J_q(0) = 0,82 \cdot 10^{-2} (\text{sm}^2 \cdot \text{sterad} \cdot \text{s})^{-1}$$
 yumshoq komponenta uchun

$$J_{yu}(0) = 0,31 \cdot 10^{-2} (\text{sm}^2 \cdot \text{sterad} \cdot \text{s})^{-1}$$

To'li intensivlik esa

$$J(0) = J_q(0) + J_{yu}(0) = 1 \cdot 13 \cdot 10^{-2} (\text{sm}^2 \cdot \text{sterad} \cdot \text{s})^{-1}$$

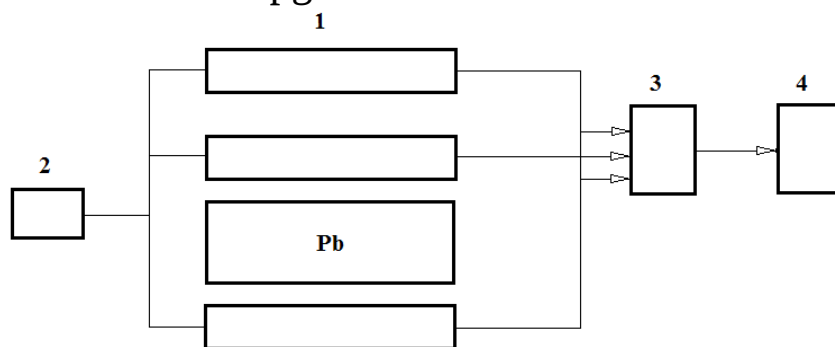
Koinot nurilarining qattiq komponentasi intensivligi kuzatish burchagiga bog'liq ravishda o'zgaradi, chunki ma'lum balandlikda hosil bo'lgan myuonlar intensivligini o'lchovchi asbobga yetib kelguncha, ular turli burchak ostida atmosferada har xil masofani bosib o'tadi. Tik yo'nalishga nisbatan biror Q burchak ostida qayd qilinayotgan myuonlar ko'proq masofani bosib o'tilganligi uchun, ularning ko'proq, qismi yemirilib ketadi. O'lchashlar quyidagi bog'lanishni ko'rsatadi:

$$J_q(Q) = J_q(0) \cos^2 Q$$

Koinot nurlarining dengiz satxida to'la energiyasi birlamchi kosmik nurlar energiyasining 3% dan kam qismini tashkil etadi, Energiyaning qolgan qismi atmosferada yuz bergan jarayonlar asosan ionizatsiya hisobiga yutiladi.

Qurilma chizmasi va ishlash printsipti

Koinot nurlarining tarkibini 1-rasmda chizmasi ko'rsatilgan qurilma yordamida o'rganish mumkin. Qurilma parallel ulangan Geyger Myuller sanagichlar qatoridan tashkil topgan.



4-rasm

Sanagichlar bitta kuchlanish manbaidan 2 dan ta'minlanadi. Mos - tushuv asbobi - 3 ulangan bir necha Geyger - Myuller sanagichlari (1) qatoridan foydalanish natijasida tasodifiy mos kelishlar soni minimumga keltiriladi.

Tasodifiy mos kelishlar sonini quyidagi formula misolida aniqlash mumkin.

$$N_T = 2T^2 N_1 N_2 N_3 \quad (1)$$

Bu yerda T - mos tushuv asbobining ajratyay vaqti ($2 \cdot 10^{-2}$, $N_1 N_2 N_3$ -lar har bir sanagichlar qatorida hosil bo'lgan impulsar soni.

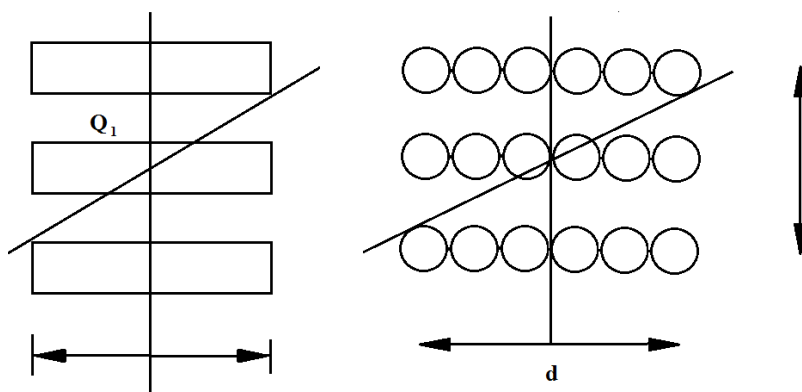
Koinot nurlari intensivligi vaqt birligida bir birlikli (steradian) fazoviy burchak ichida kelayotgan va 1 sm^2 yuzaga tushayotgan kosmik nurlar (zarralar) soni bilan o'lchanadi. Qurilmada sanalayotgan

zarralarning soni (N) va o'lchanayotgan nurlar intensivligi (J) quyidagicha bog'lanadi;

$$J = \frac{N}{R} \quad (2)$$

By yerda $R = ds_1 \cdot ds_2 \cdot dr^2$ qurilmatting yorug'lik kuchi deb ataladi. ds_1 va ds_2 birinchi va uchinchi sanagichlar qatorining sirti va r ular orasidagi masofa.

Qayt qilinayotgan koinot nurlarining intensivligi faqat qurilmaning yorug'lik kuchigagina bog'liq bo'lmay, sanagichlar qatorining uzunligiga va qattiqligiga ham bog'liq bo'ladi. 5-rasmdagi sanagichlarning kattaliklari (uzunligi l va kengligi d)



5-rasm

bilan aniqlanuvchi Q_1 va Q_2 burchaklarning qiymatiga bog'liq ravishda qurilmada qayd qilinayotgan zarralar soni

$$dN = J(Q) \frac{dS_1 \cos Q_1 dS_2 \cos Q_2}{R^2} \quad (3)$$

bo'ladi. Bu yerda $J(Q)$ – Q burchak ostida kelayotgan koinot nurlar intensivligi. R – birinchi va uchinchi sanagichlar orasidagi masofa. Koinot nurlarining burchak bo'ylab taqsimoti $J(Q) = J(0) \cos^2 Q$ qonunga bo'ysunadi. Buri (3) formulaga ko'yib tenglamani dS_x va dS_2 lar bo'yicha integrallasak,

$$N = \frac{1}{4} J(0) l \left[\frac{l^2}{l^2 - d^2} + \frac{3l}{d} \arctg \frac{l}{d} \right]$$

bo'ladi. Bu (5) formuladan foydalanib tajribadan aniqlangan N uchun vertikal yo'nalishdagi koinot nurlar intensivligini hisoblab topish mumkin.

Ishning bajarish tartibi

1. Qurilma manbaga ulanib, 5 minutcha qizdiriladi.
2. Birinchi, ikkinchi va uchinchi sanagichlar qatoridan chiqayotgan impulsar soni ($N_1 N_2 N_3$) o'lchanadi. Olingan natijalar asosida (1) formuladan tasodifiy mos kelishlar sopi N_1 hisoblanadi.

3. Qurilmani mostushuv asbobiga ulab, oldin qo'rg'oshinsiz, so'ng ikkinchi va uchinchi sanagichlar orasiga qo'rg'oshin qatlamlarini joylab, uning xar hil qalinligi uchun mos kelishlar soni o'lchanadi.

4. O'lchash natijalaridan mos kelishlar sonining qo'rg'oshin qalinligiga bog'lanish grafigi chiziladi va koinot nurlartning vertikal yo'nalishidagi intensivligi $J(0)$ uning qattiq $J_q(0)$ hamda yumshoq $J_{yu}(0)$ komponentlarining intensivliklari hisoblanadi. O'lchash natijalarini hisoblashda (1) va (5) formulalardan foydalaniladi.

Sinov savollari

1. Koinot nurlarining umumiy xarakteristikalar
2. Birlamchi koinot nurlari va ularning tarkibi
3. Ikkilamchn koinot nurlari

6-laboratoriya ish

Mavzu: Yadroviy jarayonlarning statistik xarakterini o'rganish

Fizik kattalikni o'lchash natijasi turli xatoliklar hisobiga haqiqiy kattalikdan farq qlishi mumkin.

Eksperimental fizikada xatoliklar sistematik va tasodifiy xatoliklarga bo'linadi. Xatoliklar asbob – uskunalarining va o'lchash usulining mukammal emasligiga bog'liq bo'lishi mumkin. Yadro fizikasida olib boriladigan o'lchashlarda masalan, yadro nurlanishlarini o'lchashlarda ularning fluktatsion xarakteriga ega ekanligi hisobga olish zarur bo'ladi. Masalan, yadroning radioaktiv yemirilishi statistik xarakteriga ega, yani manbaning aktivligi $A = \lambda N$, (λ – yemirilish doimiysi, N — radioaktiv yadrolar soni), har sekundda A - miqdor yadrolar yemiriladi degan ma'noni anglatmaydi. Ushbu xolda, xar sekundda yemirilayotgan yadrolarning o'rtacha soni haqida gapirish mumkin. Bu yerda o'rtacha miqdor ma'nosi shundan iboratki, o'lchashdagi sanashlar soni ortib borishi bilan tajriba natijasi aniqlashib boradigan son tushiniladi. Shuning uchun radioaktiv manbaning aktivligini o'lchashda, o'lchanayotgan kattalikni doimiy deb qarab bo'lmaydi. Bundan tashqari yadro nurlanishlarini moddalar bilan ta'sirlashuv jarayoni detektorda yuz berib, bu yerda ham ehtimollik xakteri rol o'ynaydi.

Yadro fizikasida voqea – xodisalarining statistik xarakteriga ega bo'lishi, tasodifiy xatoliklarining bir ko'rinishi bo'lgan statistik xatolikka olib keladi.

Sistematik xatolik ko'pincha o'lchash uslubi bilan bog'liq bo'ladi, masalan o'lchov asboblarning aniqlik darajasi cheklanganligi, noto'g'ri darajalanganligi, tashqaridan ta'sir etuvchi omillar hisobiga va boshqalar.

O'lchashning tasodifiy xatoligi

Kichkina chetlatishlar tufayli yuz beradigan xatoliklar, tasodifiy kattaliklar uchun extimollar nazariyasiga asosan Gauss taqsimot qonuni bilan aniqlanadi.

Ushbu taqsimot qonuniga asosan, o'lchanayotgan X kattalik qiymati X va $X+dX$ oralig'ida bo'lishi extimolliga teng.

$$W(X)dX = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}\right]dX \quad (1)$$

bu yerda, a - X kattalikning o'rtacha qiymati, σ^2 - o'lchanayotgan kattalikning dispersiyasi (dispersiya quyidagicha yoziladi. $D(X)$) Dispersiyaning ma'nosi, o'lchanayotgan X kattalikning xaqiqiy qiymatidan (α) farqining kvadratining o'rtachasini bildiradi.

$$D(X) = (x - \alpha)^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \alpha)^2 W(X)dX = \sigma^2$$

quyidagi katgalik $\sigma = \sqrt{D(X)}$, X - kattalikning o'lchashdagi o'rtacha kvadratik xatolik deyiladi.

Bir necha takror o'lchashlarning o'rtachasi, ayrim o'lchashlar qiymatlariga qaraganda haqiqiy qiymatiga yaqin bo'ladi. Bir - biriga bog'liq bo'lmagan takror o'lchashlar soni n bo'lganda o'rtacha qiymat $\bar{X} = \sum_i X_i / n$ dispersiyasi ayrim o'lchashlar dispersiyasidan n marta kichkina bo'lgan dispersiya bilan aniqlanadigan Gauss taqsimotiga bo'ysunishini isbot qilishi mumkin.

$$\sigma^2(\bar{X}) = D(\bar{X}) = D(X) / n$$

Dispersiyani bilsak u xolda Gauss qonuniga asosan o'lchash natijasining ishonchlilik ko'rsatkichini aniqlash mumkin, ya'ni o'lchanayotgan X katgalik $X - \varepsilon$ va $X + \varepsilon$ oralirida bo'lishi eqtimolligini topish mumkin. (ε - ixtiyoriy son)

$$P(\varepsilon) = \int_{x-\varepsilon}^{x+\varepsilon} W(T)dT = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{x-\varepsilon}^{x+\varepsilon} \exp\left[-\frac{(T-X)^2}{2\sigma^2}\right]dT = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\varepsilon/\sigma}^{+\varepsilon/\sigma} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right)dz$$

Bu yerda $(T - X) / \sigma = z$

$$P\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\varepsilon/\sigma} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right)dz \quad (2)$$

Gauss xatoligi integrali

$$\frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\pi} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) dz$$

qiymatlari extimollik nazariyasi bo'yicha xamma adabiyotlarda keltirilgan. Shunday qilib, $P(1) = 0,683$, $P(2) = 0,954$, $R(3) = 0,997$. Bu qiymatlar quyidagilarni anglatadi: 68,3% extimollik bilan o'lchash natijasi xaqiqiy qiymatidan eng ko'pi bilan bitta o'rtacha kvadratik xatolikka, 99,7% extimollik bilan uchta o'rtacha kvadratik xatolikka farq qilishi mumkin. Demak, bitta o'rtacha kvadratik xatolikdan katta xatolikka yo'l qo'yish extimolligi 31,7% ni, ikkita kvadratik xatolikdan katta xatolik bo'lish extimolligi 4,6% ni, uchta kvadratik xatolikdan katta xatolik bo'lishi extimolligi 0,3% ni tashkil etadi.

Shunga asosan ko'pincha, ayrim o'lchash natijalari o'rtacha kattalikdan uchtdan ortix o'rtacha kvadratik xatolikka farq qilsa bunday natija tashlab yuboriladi. Bu ishini takror o'lchashlar soni ko'p bo'lgan taqdirdagina qilish mumkin. Agarda takror o'lchashlar soni kam bo'lsa (1) va (2) munosabatlardan olingan natijalar, katta xatolar mumkinligi haqidagi fiqr to'g'risida noto'g'ri xulosaga olib keladi. Masalan, aniq hisoblash shuni ko'rsatadiki, takror o'lchashlar soni besh marta bo'lsa ikki karra kvadratik xatolikdan katta bo'lish extimolligi 12%, uch karra kvadratik xatolikdan katta bo'lish extimolligi 4% tashkil etadi. Bu qiymatlar (2) munosabatdan mos ravishda 4,6% va 0,3% teng edi.

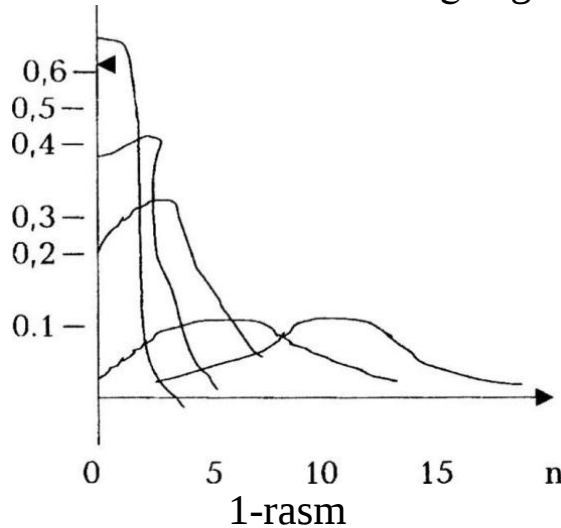
O'lchashlarning statistik xatoligi.

O'lchanayotgan kattaliklarning o'zi extimollik xarakteriga ega bo'lishidan kelib chiqadigan xatolik, boshqa tasodifiy xatoliklar orasida sezilarli rol o'ynaydi. Statistik xatolik, o'lchalanayotgan kattalikning o'rtacha qiymat atrofida fluktuatsiyasi tufayli hosil bo'ladi. Fluktatsiyaning ro'y berishiga asosiy sabab, moddalarning diskret, atom strukturasiga ega bo'lishidir va o'lchashlar soni qanchalik kam bo'lsa, u shunchalik aniq seziladi. Yadro nurlanishlarini qayd qilgichlarda o'lchashlar olib borilganda, sanash tezligi kichkina bo'lganda, fluktuatsiya xatolikning asosiy manbai bo'lib qoladi.

Biz ko'rayotgan xol uchun, fluktuatsiyaning taqsimot funktsiyasi Puasson formulasi bilan beriladi, qaysiki, dispersiyani hisoblash imkonini beradi. Alxissa, qayd qilgichga vaqt birligida tushayotgan o'rtacha zarralar soni n bo'lsin. U xolda, t vaqt ichida N zarralar tushish extimolligi Puasson formulasi bilan ifodalanadi.

$$W(N) = \exp(-nt) \frac{(nt)^N}{N!} \quad (3)$$

n ning turli qiymatlari $W(N)$ ning N ga bog'lanishi 1 - rasmda ko'rsatilgan. N ortib borishi bilan taqsimot maksimumi silliqlashib boradi va egri chiziqning o'zi $N = nt$ ga nisbatan simmetrik ko'rinishiga yaqinlashadi. N ning katta qiymatida grafik simmetrik, N ning kichik qiymatida aksincha, keskin asimmetrik ko'rinishiga ega.



$W(N)$ ifodasidan ko'rinadiki n ning ixtiyoriy qiymatlarida N ning xar qanday qiymati mavjud bo'lishi mumkin ekan. Lekin xamma hodisalar ham bir xil tez-tez sodir bo'lmaydi. Agarda N ning qiymati nt ga yaqin bo'lsa, $W(N)$ extimollik katta, aks xolda extimollik kichik bo'ladi. Shuning uchun, tasodifiy kattalik N ni o'rtacha qiymatidan (nt) chetlatishini baholash maqsadida yangi kattalik kiritishga to'g'ri keladi (fluktuatsiya o'lchovi). Bunday chetlanish o'lchovi dispersiya $D(N)$ hisoblanadi. Berilgan taqsimotining dispersiyasini $D(N)$ ya'ni N ning o'rtacha qiymatidan ($N = nt$) o'rtacha kvadratik chetlatishini hisoblaymiz.

$$D(N) = \sum_0^{\infty} (N - \bar{N})^2 = e^{-\bar{N}} \sum_0^{\infty} (N - \bar{N})^2 \frac{\bar{N}^N}{N!} = e^{-\bar{N}} \sum_0^{\infty} \left[N \cdot \frac{\bar{N} \cdot \bar{N}^{N-1}}{(N-1)!} - 2\bar{N}^2 \frac{\bar{N}^{N-1}}{(N-1)!} + N^2 \frac{\bar{N}^N}{N!} \right]$$

Yig'indining ikkinchi va uchinchi xadlari quyidagiga teng:

$$-2\bar{N}^2 e^{\bar{N}} + \bar{N}^2 e^{\bar{N}} = -\bar{N}^2 e^{\bar{N}}$$

Birinchi xadi quyidagiga teng:

$$\sum_0^{\infty} \bar{N} \frac{N \cdot \bar{N}^{N-1}}{(N-1)!} = \sum_2^{\infty} \bar{N}^2 \frac{\bar{N}^{N-2}}{(N-2)!} + \sum_1^{\infty} \bar{N} \frac{\bar{N}^{N-1}}{(N-1)!} = \bar{N}^2 e^{\bar{N}} + \bar{N} e^{\bar{N}}$$

Natijada quyidagini olamiz.

$$D(N) = e^{-\bar{N}} (\bar{N}^2 + \bar{N} - \bar{N}^2) e^{\bar{N}} = \bar{N} \quad (4)$$

Shunday qilib zarralar sonining dispersiyasi t vaqt intervalida qayd qilgichga tushgan zarralar soning o'rtacha qiymatiga teng. Haqiqiy o'rtacha qiymat noma'lum shuning uchun dispersiyani zarralar soniga tenglashtirib olamiz $D(N)=N$. Sanalgan zarralar sonining o'rtacha kvadratik xatoligi, dispersiyaning kvadrat ildiziga teng. Qayd qilingan zarralar soni ko'sh bo'lganda Puasson taqsimoti Gauss taqsimotiga o'tadi. Bunda dispersiya $D(N) = N$ qoladi.

$$W(N)dN = \frac{1}{\sqrt{2\pi\bar{N}}} \exp \left[-\frac{(N - \bar{N})^2}{2\bar{N}^2} \right] dN$$

Zarralar o'rtacha soni ortib borishi bilan taqsimot kengligi sekin ortib boradi. Boshqacha qilib aytganda, o'rtacha kvadratik xatolik nt ortishi bilan ortadi, ammo, nisbiy xatolik zarralar sonidan olingan kvadrat ildiziga teskari proportsional ravishida kamayib boradi.

$$\delta = \frac{\sigma}{N} = \frac{\sqrt{N}}{N} = \frac{1}{\sqrt{N}}$$

Bu ifodadan, oldindan berilgan nisbiy xatolik uchun zarralar sonini hisoblash mumkin:

$$N = \frac{1}{\delta^2}$$

SHunday qilib, zarralar sonini 10% nisbiy xatolik bilan o'lchash zarur bo'lsa, qayd qilgichda 100 ta zarra sanalishini kutish kerak. Statistik xatolik 1% bo'lishi uchun zarralarni sanashlar soni 104ta, 0,1% bo'lishi uchun esa 106 zarralarni qayd qilishi kerak. Agarda t vaqt ichida N ta zarralar qayd qilingan bo'lsa, shu vaqt ichida qayd qilingan o'rtacha zarralar soni 68,3% extimollik bilan

$N - \sqrt{N}$ dan $N + \sqrt{N}$ gacha oraliqda bo'ladi.

Ikkita kattalikni yig'indisi, yoki ayirmasining o'rtacha kvadratik xatoligi teng bo'ladi.

$$\sigma(X_1 \mp X_2) = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$$

Agarda t vaqt oralig'ida N zarralar qayd qilingan bo'lsa, vaqt birligida qayd qilingan o'rtacha zarralar soni, ya'ni sanash tezligi $n = N/t$ ga teng. Sanash tezligining dispersiyasi quyidagi ifodadan topiladi,

$$\sigma_n^2 = \frac{\sigma_N^2}{t^2} = \frac{nt}{t^2} = \frac{n}{t}$$

O'rtacha kvadratik xatolik,

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{n}{t}}$$

Nisbiy xatolik,

$$\delta_n = \frac{\sigma_n}{n} = \frac{\sqrt{n/t}}{n} = \frac{1}{\sqrt{nt}} = \frac{1}{\sqrt{N}}$$

Tajriba natijalarini keltirganda xamma vaqt o'rtacha kvadratik xatolik bilan birga keltirish kerak. Agarda natijalar grafik ko'rinishda keltirilsa, xar bir nuqta uchun o'rtacha kvadratik xatolik ko'rsatiladi.

Turli xatoliklar bilan o'lchangan kattalikning qiymatini matematik qayta ishlash

O'lchangan kattalik sifatida sanash tezligini olamiz. Shunday bo'lsinki, turli vaqt intervallarida qayd qilingan zarralar soni, ya'ni tajriba natijalari berilgan.

$$N_1 \pm \Delta N_1, \dots \dots N_2 \pm \Delta N_2, \dots \dots N_i \pm \Delta N_i$$

bu yerda, ΔN_i o'rtacha kvadratik xatolik. Sanash tezligini va o'rtacha kvadratik xatoligini hisoblaymiz.

$$n_i = \frac{N_i}{t_i}, \quad \Delta n_i = \frac{\sqrt{N_i}}{t} = \sqrt{\frac{n_i}{t_i}}$$

Shu sanash tezliklarining optimal qiymatini, ya'ni o'rtacha vaznli qiymatini aniqlash talab etiladi. Buning uchun quyidagi ko'rinishidagi kattalikni tuzamiz.

$$X^2 = \left(\frac{n_1 - n}{\Delta n_1}\right)^2 + \left(\frac{n_2 - n}{\Delta n_2}\right)^2 + \dots \dots \left(\frac{n_r - n}{\Delta n_r}\right)^2$$

Eng katta o'xshashlik tamoyili o'ta kam kvadratlar uslubiga olib keladi, ya'ni quyidagi kattalikni minimum qiymatini topish kerak

$$X^2 = \sum_i \left(\frac{n_i - n}{\Delta n_i}\right)^2 = \min$$

Oldingi noma'lum bo'lgan kattalik n ni shunday qiymatini topish keraki, bunda yig'indi minimum bo'lishi kerak. Quyidagi tenglama $dx^2/dn = 0$ tuzilib, uni n ga nisbatan yechib, n ning optimal qiymati topiladi.

$$n_{opt} = \frac{\sum P_i n_i}{\sum P_i}; \quad P_i = \left(\frac{1}{\Delta n_i}\right)^2$$

n_{opt} qiymatini o'rtacha vaznli kattalik deyiladi, $P_i = 1/\Delta n_i$ ayrim o'lchangan n_i kattalikni vazni deyiladi. Demak, kattalikni o'rtacha kvadratik xatoligi qanchalik kichik bo'lsa, uning vazni shunchalik katta bo'ladi. O'rtacha vaznli kattalik uchun ikki xil o'rtacha kvadratik xatolikni hisoblash tavsiya etiladi:

a) chetlatishlar hisobiga yuz bergan xatolik: $\Delta n_p = \sqrt{\frac{\sum P_i (n_i - n)^2}{(r-1) \sum P_i}}$
 $r - n_i$ kattalikni qiymatlari soni.

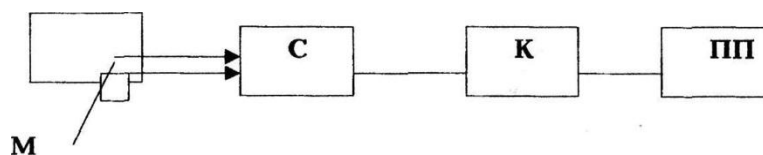
b) vaznli xatolik $\Delta n_v = \sqrt{\frac{1}{\sum P_i}}$

Δn_p va Δn_v bir - biriga bog'liq bo'lmagan qiymatlar. CHetlatish o'rtacha kvadratik xatolik nol bo'lishi mumkin, agarda tasodifiy chetlatishlar nol bo'lsa, vaznli o'rtacha kvadratik xatolik xech vaqt nol bo'lmaydi, u takror o'lchashlar soni ortishi bilan kamayib boradi. O'rtacha vaznli kattalikning xatoligi sifatida ikki xil kvadratik xatolikdan katgasini qabul qilish tavsiya etiladi.

Odatda xatoliklar Δn_p va Δn_v bir - biriga yaqin chiqishi kerak. Agarda $\Delta n_p \ll \Delta n_v$ bo'lsa, o'rtacha kvadratik xatolik Δn_i eksperimental qiymati katta olinganidan darak beradi, yoki tasodifiy Δn_p kichkina chiqqan bo'lishi mumkin. Agarda $\Delta n_p \gg \Delta n_v$ bo'lsa, bunga Δn_p ortiruvchi jiddiy sabablar bo'lishi mumkin, u xolda ularni aniqlash kerak, yoki o'rtacha kvadratik xatolik Δn_p kichkina olingan bo'lishi kerak.

Qurilma sxemasi va ishning bajarilish tartibi

Bu laboratoriya ishini bajarishda radiaktiv manbadan chiqayotgan zarralar yoki gamma - kvantlarni qayd qiluvchi qurilmadan foydalanish mumkin. Uning sxemasi 2 - rasmda ko'rsatilgan. M manbadan chiqayotgan zarralar S sanagichga tushadi. Sanagichdan chiqayotgan impul'slar maxsus kuchaytirgich orqali o'tib, PP sanagichda hisoblanadi.



2-rasm

Ishning bajarilish tartibi

Qurilmani ishga tayyorlash zarur. Tanlangan bir xil vaqt oraligida $N=400$ o'lchash bajariladi va kuzatilgan tasodifiy kattaliklar extimollik gistogrammasi chiziladi.

Turli vaqt intervallarida nurlanish intensivligi o'lchanadi. Har bir vaqt intervali uch marta takror o'lchanadi. Har - xil vaqt intervalida o'lchangan nurlanish intensivligi bir - biridan 1,5 marta farq qilishi tavsiya etiladi.

Tajriba natijalarini qayta ishlash tartibi.

1. Uchunchi mashq uchun xar bir o'lchashning sanash tezligi va uni o'rtacha kvadratik xatoligi hisoblanadi.
2. Har bir vaqt intervali uchun sanash tezligining o'rtcha arifmetik qiymati va uning statistik xatoligi topiladi.
3. Sanash tezligining o'rtacha vaznli qiymati topiladi. Xatoliklar Δn_p va Δn_v hisoblanadi.
4. Sanash tezligining o'lchash tartibi nomeriga bog'liqlik grafigi chiziladi. Grafikda statistik (absalyut) xatolik ko'rsatiladi.
5. Tajriba natijalari quyidagi jadval ko'rinishida tayyorlanadi.

№	t_i	N_i	o_i %	n_i	$\bar{n}_i$	Δn_i	$1/\Delta n_i^2$	n_{opt}	Δn_p	Δn_v
1										

Sinov savollari

1. Radiaktiv yemirilishning extimollik xarakteri
2. Radiaktiv yemirilish doimiysi va uning yarim yemirilish davri bilan bog'liqligi
3. Puasson taqsimoti
4. Tasoddifiy kattaliklar dispertsiyasi
5. Absalyut va nisbiy fluktuatsiya
6. Puasson va Gauss taqsimotlari orasidagi bog'lanish
7. Statistik xatolik.

7-Laboratoriya ishi

Mavzu: Dozimetriya asoslari

Bu laboratoriya ishini bajarishdan maqsad dozimetriyaning asosiy tushunchalari, dozimetrlarning turlari, ularning ishlash printsipi va nihoyat, radiaktiv moddalar, turli nurlanish manbalari bilan ish ko'rilganda odamlar havfsizligini ta'minlash masalalari bilan talabalarni tanishtirishdir.

Gamma - nurlanish, neytronlar va turli yuqori energiyali zaryadlangan zarralar muxit orqali o'tganda muhig atomlari tarkibidagi elektronlar, atomlarning yadrolari bilan o'zaro ta'sirlashib, har xil effektlar yuzaga keltiradi. Masalan, gamma – kvantlar energiyasi bir necha MeV bo'lganda asosan fotoeffekt, kompton effekti va elektron pozitron juftlari hosil bo'ladi. Yuqori energiyali gamma - kvatlar esa turli fotoyadro

reaktsiyalarini hosil qiladi. Zaryadlangan zarralar esa muhit atomlarni ionlashtiradi. Shuningdek zaryadlangan zappalap muhitda tormozlanish nurlanishi, Vavilov - Cherenkov nurlanishi va turli xil yadroviy reaksiyalarini hosil qiladi.

Turli jismlarda, jumladan tirik organizm to'qimalarida ham xar hil nurlinishlar ta'sirida ma'lum energiya yutiladi va ulardagi atomlar ionlashadi yoki uyg'ongan xolatga o'tadi. Shuning uchun ham nurlanish dozasini o'lchash asosan ionizatsiya natijasida hosil bo'lgan zaryad miqdorini o'lchashga asoslangan bo'lishn mumkin. Haqiqatdan ham gamma - kvantlar muhit orqali o'tganda yuqorida aytilgan effektlar natijasida elektron yoki pozitronlar yuzaga keladi.

Nurlanish ta'sirida tirik organizm xujayraisda turli o'zgarishlar yuz beradi. Masalan, nurlatilgan hujayralarning bo'linish mexanizmi va xromosom apparati buziladi, hujayralarning yangilash vl bo'linish jarayonlari susayadi va x.k. Nurlanish organizmning turli qismlariga turlicha ta'sir ko'rsatadi. Masalan, ilik, qorataloq, jinsiy bezalar kabi hujayralari doimo yangilanib turuvchi to'qima va a'zolarga radiaktiv nurlanishlar ta'siri yayniqsa kuchli bo'ladi. Hujayralarning shikastlanishi va nobud bo'lishi esa alohida a'zolarning ishlash funktsiyasining buzilishiga sabab bo'ladi va bular o'z navbatida odam organizmining halok bo'lishiga olib keladi.

Har qanday ionlatiruvchi nurlanishning yutilgan dozasi odatda D bilan belgilanib, bu kanalik biror elementar hajmdagi moddaga berilgan o'rtacha ionlantiruvchi nurlanish energiyasi dW ning o'sha elementar hajmdagi moddaning massasi dm ga nisbati bilan o'lchanadi:

$$D = \frac{dW}{dm} \quad (1)$$

(1) formulaga ko'ra ionlantiruvchi nurlanishning yutilgan dozisi SI birliklar sistemasida 1 J/kg larda o'lchanadi va 1 Grey (Gr) deb ataladi: 1Gr = 1J/kg. Ionizatsion nurlanishning yutilgan dozasi rad deb ataluvchi birliklarda xam o'lchanadi. 1 rad = 100 erg/g = 10⁻² Gr.

Ionlantiruvchi nurlanishning yutilgan dozasini o'lchash uchun odatda nurlanishning hivoda hosil qilgan ionizatsiyasi aniqlanadi. Rentgen nuri yoki gamma – nurlar uchup nurlanish dozasining birligi rentgen (P) deb ataladi. Bir rentgen deb, rentgen yoki gamma – nurlarning shunday nurlanish dozasi ga aytiladiki u, 0.001293 g havoda har birining zaryadi I SGSE zaryad birligiga teng bo'lgan turli ishorali ionlar juftini hosil qiladi.

Dozimetriyada ekspozitsion doza deb ataluvchi kanalik ham ishlatiladi. Ikkilimchi elektronlar to'la tormozlanib to'xtaganda hosil

bo'lgan biror zaryadli ionlar miqdori dQ ning ionlashgan havo massasi dm ga nisbati bilan o'lchanadigan fizik kanalik ekspozitsion doza deb ataladi.

$$D_e = \frac{dQ}{dm}$$

Ekspozitsion doza 1 Kl/kg larda o'lchanadi: $1P = 2 \cdot 58 \cdot 10^4$ Kl/kg. Ekspozitsion dozaning o'zgarish tezligi ekspozitsion dozaning quvvatini aniqlaydi.

Moddaga vaqt birligi ichida berilgan ionizatsion nurlanishning dozasi doza quvvati deb ataladi va ko'pincha P bilan belgilanadi.

$$P = \frac{D}{t} \quad (2)$$

Doza quvvati Gr/s yoki rad/s birliklarda o'lchanadi.

Nurlanishning odam organizmiga ta'siri yutilgan energiyaning miqdori yoki hosil bo'lgan ionlar juftining miqdori bilangina aniqlanib qolmay, balkim ionizatsiya zichligiga ham bog'liq.

Ionizatsiya va organizm to'qimasining bir uzunlik birligiga teng masofasida ionlashtiruvchi zarralar hosil qilgan ionlar juftining miqdori bilai aniqlanadi. Turli zarralar turli ionlashtirish qobiliyatiga ega. Masalan, alfa – zarralar beta esa gamma - nurlarga qaraganda kuchli ionizatsiyalash qobiliyatiga ega. Shuning uchun yutalgan energiya miqdori bir xil bo'lganda ham alfa nurlarining ziyon keltiruvchi ta'siri beta yoki gamma nurlarnikidan kana bo'ladi.

Turli nurlarning biologik ta'sirini taqqoslash uchun sifat ko'effitsenti (CK) yoki nisbiy biologik effektivlik deb ataluvchi kagtalikdan foydalaniladi. Bu kanaliklar energiya yutilishi bir xil bo'lganda ko'rilayotgan nurlanishning biologik ta'siri gamma - nurlanishning biologik ta'siridan necha marta kana ekanini ko'rsatadi. Masalan, gamma-nurlar, rentgen nurlari, elektron va pozitronlar uchun sifat ko'effitsenti birga teng. Energiyasi 10 MeV bo'lgan alfa - nurlar va 10 MeV li protonlar uchup SK 10 ga teng. Og'ir tepki yadrolari uchun SK 20 va issiq neytronlar uchun SK 3 ga teng. Umuman neytronlarning sifat ko'effitsenti ularning energiyasiga kuchli bog'liq. Neytron energiyasi ortishi bilan SK oldin ortadi so'ng kamayadi.

Sifat ko'effitsentini hisobga oluvchi doza ekvivalent doza deb ataladi. Ekvivalent doza turli nurlanishlar ta'sirida hosil bo'lgan yutilish dozalarining yig'indisidan iborat bo'ladi.

Masalan har xil nurlanish uchun yutilish dozalari D_i va ularga tegishli sifat ko'effitsentlari K_i bo'lsa ekvivalent doza

$$D_{ekv} = \sum_{32} D_i K_i$$

bo'ladi. Ekvivalent doza birligi rentgenning biologik ekvivalenti (ber) deb ataladi 1 rad dozaga ega bo'lgan rentgen yoki gamma-nurlarning to'qimada hosil qilgan biologik effektiga teng bo'lgan har qanday nurlanishning dozasi 1 berga teng deb qabul qilingan.

Shunday qilib 1 ber=1rad*K, bu yerda K-nurlanishning sifat koeffitsienti.

Radiatsion xavfsizlikni ta'minlash uchun har bir kishining bir yil davomida olish mumkin bo'lgan nurlanishining maksimal ekvivalent dozasi belgilanadi. Agar kishi har yili olgan nurlanish dozasi shu chegara ekvivalent dozadan (CHED) optiqcha bunday nurlanish ta'sirida 50 yil davomida ishlaganda ham kishi sog'lig'ida sezilarli o'zgarish ro'y bermaydi. Radiativ nurlanishlar ta'sirida ishlovchi kishilar (A kategoriya) uchun chegara ekvivalent doza 5 ber/yil deb belgilangan. Boshqa kategoriyadagi kishilar uchun bu qiymat taxminan 10 marta kichik bo'lishi kerak. Har xil yoshdagi (A kategoriyadagi) ishchilar olishi mumkin bo'lgan doza qiymati quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$D = 5(N - 18) \quad (3)$$

Bu formulada N - ishchi yoshi. N<18 da formula ma'nosini yo'qotadi, chunki yoshi 18 dan kichik bo'lgan kishilar radiativ nurlanish bilan bog'lik bo'lgan ishga qo'yilishi taqiqlanadi. Hamma xollardi yoshi 30 yoshga to'lgan kishi uchun uning organizmida to'plangan doza 60 bardan ortmasligi kerak.

Radiativ manba aktivligi nurlanishning ionlashtiruvchi ta'sirini belgilay olmaydi. Bir xil aktivlikka ega bo'lgan xar xil nurlanishlar nurlanishning turiga, energiyasiga, muhitning tabiatiga bog'liq ravishda har xil ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun nurlanishlarning ionlashtiruvchi ta'sirini xarakterlash uchun ionizatsion doimiy deb ataluvchi fizik kanalikdan foydalaniladi. Aktivligi 1 mKi bo'lgan nuqtaviy radiativ manbaning undan 1 sm uzoqlikdagi masofada joylashgan nuqtada hosil qilgan doza quvvati o'sha radiativ moddaning ionizatsion doimiysini aniqlaydi. Masalan bir xil energiyali gamma - nurlanish tarqatuvchi manbaning ionizatsion doimiysi

$$K_{\gamma} = \frac{3600 \cdot 3,7 \cdot 10^7 (\tau + \delta) E_{\gamma}}{6 \cdot 8 \cdot 10^4} \left[\frac{P \cdot \text{sm}^2}{\text{mKu} \cdot \text{soat}} \right]$$

Bu yerda E_{γ} – gamma kvantning MeV da o'lchangan energiyasi, τ havoda fotoelektrik yutilish koeffitsienti (sm^{-1}), δ -havoda kompton sochilish uchun yutilish koeffitsienti (sm^{-1}). Formuladagi o'zgaras

ko'paytma dozimetriyada ishlatiluvchi biliklarga (mKu, soat, R va MeV) o'tish natijasida hosil bo'ladi.

Beta - nurlanishli radiaktiv moddalar bilai ish ko'rilganda ikki xil dozimetriyani hisobga olish zapyp. Tashqi beta - nurlar oqimi maxsus o'lchagichlar yordamida o'lchanadi. Agar beta - radiaktiv manba kishi organizmiga kirgan bo'lsa, uiint ta'sirini hisoblash uchun radiaktiv manbaning yarim yemirilshi davrini, yemirishni sxemasini beta - nurlar energiyasini, radiaktiv izotopning kontsentratsiyasini va uning kishi organizmida qanday taqsimlanganligini va nixoyat radiaktiv moddaning kishi orgganizmidan chiqib ketishini aniqlovchi funktsiyaning ko'rinishini bilish zapyp. Radiaktiv moddaning organizmdagi boshlang'ich kontsentrattsiyasi S bo'lsa, vaqt o'tishi bilan uniig kontsentratsiyasi quyidagicha kamayadi:

$$C_t = C_0 e^{\frac{0,693t}{T_{ef}}} \quad (4)$$

Bu yerda $T_{ef} = \frac{T_{1/2}T_p}{T_{1/2}+T_p}$ — organizmda radiaktiv modda yarmisining chiqish effektiv davri, $T_{1/2}$ — manbaning yarim yemirilish davri.

T_p — manba yarmisining organizmdan chiqish davri. Alfa - zarralarning yutilgan dozasi quvvati ularning energiyasiga bog'liq va quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$P = 2,11 \cdot 10^4 E_n (\text{rad/soat})$$

bu yerda E_n — MeV larda o'lchangan α — zarra energiyasi.

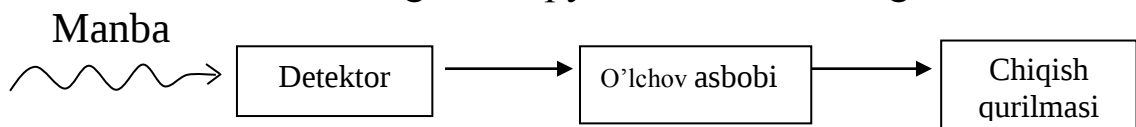
Neytronlar turli yadro reaksiyalarida hosil bo'ladi. Neytronning o'zi zaryadsiz bo'lganligi sababli biologik ta'sir etmaydi, lekin u yadrolar bilan to'qnashib, ularni harakatga keltiradi va orbitadagi elektronlarini yo'qotgan tepki atom ion sifatida muhit atomlarini ionlashtiradi. Sekin neytronlar esa muhit atomlarida yutilib, (n, γ) raktsiyaning hosil qiladi. Hosil bo'lgln radiaktiv yadro zaryadlangan zarra yoki γ - kvant chiqarib, muhit atomlariga ta'sir ko'rsatadi. Neytronlarning ta'siri ikki bosqichda susaytiriladi. Biriichi bosqichda tez neytronlarni sekinlashshruvchi yengil elementli sekinlatgichlar (suv, parafin) ishlatilsa, ikkinchi bosqichda sekinlashgan neytronlarni yutuvchi (kadmiy, bor va ularning kimyoviy birikmalari) yutgichlardan foydalaniladi.

Dozimetrik asboblari - dozimetrlari

Ionizatsion nurlanishlarning dozasini o'lchovchi asboblari dozimetrlari deb ataladi. Ularning asosiy qismini turli detektorlari tashkil qiladi. Detektorlari turli sanagichlardan iborat. Nurlanishning turiga bog'liq

ravishda u yoki bu sanagich tanlab olinadi. Masalan, gamma - kvantlarni Geyger - Myuller yoki sintsilatsion sanagichlar yordamida qayd qilish mumkin. Zaryadlangan zarralar intetsivligi ionizatsion kamera yordamida o'lchanishi mumkin. Detektor sifatida qanday sanagich ishlatilishiga qarab dozimetrlar sintsilyatsion, lyuminescent, yarim o'tgazgichli, fotodozimetr va h.k larga bo'linadi. Rentgen yoki gamma - nurlarnipg eksozitsion dozasini o'lchaydigan asboblari esa rentgenometr deb ataladi.

Radiatsion xavf darajasini belgilovchi ekvivalent dozani o'lchaydigan dozimetrlar shkalasi berlarda gradirovkalanadn (ular bermetrlar deb ataladi). 1-rasmda dozimetrning umumiy sxemasi ko'rsatilgan.



1-rasm

Detektorda nurlanish yenergiyasi yutiladi. Unda hosil bo'lgan radatsion effektlar o'lchov asbobida qayd qilinadi. Sterelkali yoki o'zi yozar asbob elektromexanik sanagich (schetchik) tovush yoki yorug'lik signalizatorlari chiqish qurilmasi sifatida ishlatilishi mumkin.

Ekspluatatsiya usuliga qarab dozimetrlar statsionar, ko'chma yoki alohida, kishi olib yuruvchi (individual), dozimetrlarga ajratiladi. Masalan MRM-2 deb ataluvchi mikroretgenometr sferik shakldagi ionizatsion kameradan iborat bo'lib, energiyasi 25 keV dan 3 MeV ga qadar bo'lgan gamma - nurlarning doza kuvvatini 0,01 dan 30 MkR/s diapozon oralig'ida o'lchaydi. DK – 0,2 deb ataluvchi induvidual dozimetr odiy qalamga o'xshash bo'lib, cho'ntakda olib yuriladi. Uning ichiga miniator ionizatsion kamera va bir ipli (simli) elektrometr joylanadi. Ionizatsion kamera kondensator rolini o'ynaydi. Ionizatsion nurlanish ta'sirida ionizatsion kamera ichidagi havo ionlashadi va ionizatson kamerali kondensator razryadlanadi. Kondensatorning razryadlanish darajasi elektrometr ipining og'ishi bilan aniqlanib, nurlanish dozasini o'lchaydi. Sintsilyatsion dozimetrlarda, nurlanish tasirida sitsilyatorda hosil bo'lgan yorug'lik chaqnashlari fotoko'paytirgich yordamida elektr signallariga aylanadi va o'lchov asboblari shu signallarni kayd qiladi.

Ishning bajarilish tartibi

1. Dozimetr tuzilishi tegishli qo'llanmadan o'rganilgach ishga tayyorlanadi.
2. Xonada mavjud bo'lgan tashqi nurlanishlar foni o'lchanadi.

3. Lobarantdan olingan radiaktiv manbani ish joyiga joylab, manba konteynerining sirtida va undan 0,5; 1,5 metr uzoqlikda bel, ko'krak va bosh balandligi satxlarida doza quvvati o'lchanadi. Konteynerni ochib yana yukorida ko'rsatilgai hollarda o'lchashlar o'tkaziladi.

4. Konteynerdan chiqayotgan nurlanish yo'liga turli materiallardan yasalgan yutgich - plastinalari joylab yuqorida aytilgan holatlarda manbaning doza quvvati o'lchanadi.

5. Masofaga bog'liq ravishda doza quvvatining $1/R$ qonunga ko'ra o'zgarishi o'lchash natijalari bilan tasdiqlanishi tekshiriladi.

6) Berilgan manba masalan, $^{177}_{32}\text{Ss}$ uchun uning aktivligi 0 – 20mKu

($E_\gamma = 0 \cdot 66\text{MeV}$) bo'lganda $R - 0,5; 1; 2$ m masofalardagi gamma-nurlanish havfsiz bo'lishi uchun temir ekran qalinligini qanday qilib oliish kerakligi hisoblab topiladi. Hisoblashlarda $P_0 = \frac{KQ}{R^2}$ ekspozitsioi doza quvvati formulasidai foydalanish mumkin. Temir ekran qalinligini hisoblashda quyidagi 1 jadvaldan foydalanish kerak. Jadvalda sm larda o'lchangan temir ekran ma'lum energiyali gamma -nurlanishlar doza quvvatini necha marta kamaytirishi (K) ko'rsatilgan (Buni hisooblashda xavo uchun to'la chiziqli koeffitsientining qiymati tegishli jadvaldan topilsin)

1-jadval

Temir ekran qalinligi							
K	Gamma-kvant energiyasi						
	0,1	0,5	0,66	0,8	1,0	1,25	1,75
1,5	0,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,15	2,3
2	0,7	2,5	2,8	3,1	3,3	3,45	3,8
5	1,4	4,8	5,3	5,7	6,4	6,9	7,8
8	1,7	5,8	6,3	7,1	7,8	8,5	9,6
10	1,9	6,3	7,1	7,7	8,5	9,3	10,6
20	2,3	7,7	8,6	9,4	10,3	11,	13,0

Sinov savollari

1. Yutilgan doza va uning o'lchov birliklari
2. Nurlanish dozasi va doza quvvati
3. Sifat koeffitsenti
4. γ – nurlanish dozimetriyasi
5. β – nurlanish dozimetriyasi
6. α – zarralar va protonlar dozimetriyasi

7. Neytron nurlanish dozimetriyasi
8. Chegaraviy ruxsat etilgan nurlanish
9. Nuqtaviy manbaning doza quvvati
10. Atrofimizdagi radiaktivlik

8-Laboratoriya ishi

Mavzu: Geyger-Myuller sanagichining sanash xarakteristikasini va o`lik vaqtini kosmik nurlar yordamida aniqlash

Kerakli asboblari:

1. Ishning tavsifi.
2. Geyger-Myuller sanagichi.
3. Yuqori kuchlanish manbai.
4. PSO 2-4 tipidagi sanash qurilmasi.

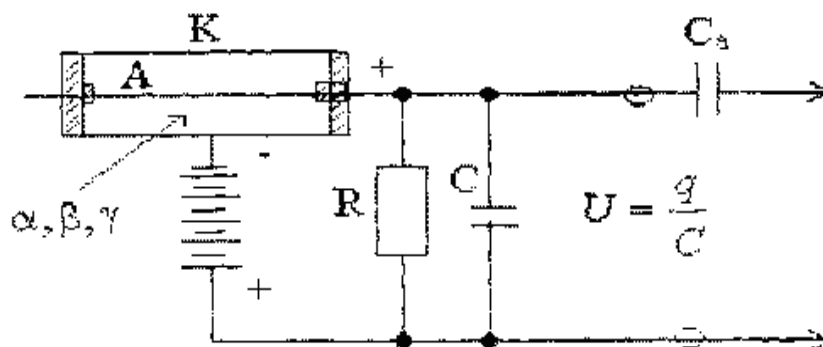
Yadrolarning yemirilishida hosil bo`lgan nurlanishlarni qayd qiluvchi priborlarni **detektorlar** deb ataladi.

Ko`pincha detektorlarda, radioaktiv nurlanish o`tganda uning atomlari ionlanishp hisobiga elektr signallari hosil bo`ladi. O`lchov asboblari esa u signallarini qayd qiladi va o`lchaydi.

Yuqorida aytilgan detektorlarga

- a) Ionizatsion kamera.
- b) Proportsional sanagich.
- v) Geyger-Myuller schetchigi.
- g) Kristall sanagich.
- d) Vilson kamerasi.
- e) Uchqun kamerasimisol bo`ladi.

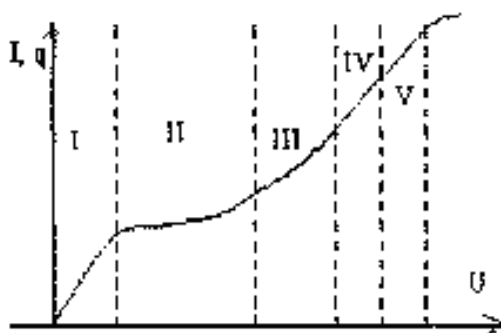
Bularning birinchi 3-tasi *gaz to`lgazilgan detektorlar* deb ataladi. Uning tuzilishi asosan kameradan iborat bo`lib, uning o`rtasidan izolatsiyalangan tola tortilgan bo`ladi. Tola-anod va kamera qarshisi yupqa metall ballon katod bo`lib xizmat qiladi. Agar anod va katod orasiga potentsial berilib anod-katod oralig`idagi gaz muhitdan radioaktiv nurlanish o`tsa, muhitdagi gaz molekulalari ionlashadi va har bir aktda bir juft ion va elektron hosil bo`ladi. Hosil bo`lgan ion va elektron anod va katodga berib qo`yilgan potentsial ta`sirida tezlashib elektronlar o`z yo`lida yana qo`shimcha ionlar hosil qiladi.



1- rasm

Elektr maydonida tezlashgan ionlar katodning ichki yuzasiga urilib undai qo'shimcha ion-elektron emissiya propeesiga asosan ikkilamchi elektronlar urib chikarib o'z navbatida bu zlektronlar ham katod-anod orasida tezlashib ular ham yana muhit gaz molekulalarini ionlashtirib ko'chki ionlashish protsessnni hosil qiladi.

Anod-katod orasida razryad yuzaga keladi. Natijada anod-katodning razryad orqali qisqa tutashuvi yuzaga keladi va R qarshilikda $\tau = R \cdot C$ vaqgga teng kuchlanishnnng tushuvchi impulsi elektr signali yuzaga keladi. Bu nmpulsni S_a - ajratuvchi kondensator orkali qayd qiluvchi priborga uzatiladi. Bunday quchlanishning pmpulsi xar bir kamera orqali o'tayotgan ionlashtiruvchi radiaktiv nurlanishda yuzaga keladi. Shu sababdan ham impulsar soni o'tgan radioaktiv zarrachalarga teng bo'ladi.



2- rasm

1-rasmda keltirilgan ionizatsiyaga asoslangan xam bosimda gaz tulg'azilgan kameraning Volt-amper xarakteristikasi 2-rasm da keltirilgan kabi bo'ladi, VAX kuchlanishga bog'liq bu grafikni chuqurroq tahlil qilinsa uni asosan 5 sohaga bo'lish mumkin, 1-chi ionazitsion kamerada ion va zlektronlar rekonbinatsiya chegarasi bo'lib unda ionlar toki juda kichik bo'ladi, II-soha esa ionazitspon kamera rejimida bo'lib kameralash razryad toki o'zining to'yinish kiymatiga chiqadi va anod-katod potentsiallari farqnning ancha qiymatida ham ion toki o'zgarmaydi.

Agar kameraga ionlashtiruvchi radioaktiv zarracha tushsa uning xosil qilgan zaryadini S kondensator integrallab, to'plab nurlanish dozasini katta zarracha energiyasini ham o'lchash mumkyn. S -soha esa ionlashtiruvchi radioaktiv nurlanish kamera sohasiga tushsa, u tokni biror III koeffitsentga kuchaytirib tok proporitsonat o'sish sohasiga to'g'ri keladi. Bunda M ni *gazni kuchaytirshi koeffitseshpi* deb ataladi. Shu sababdan ham bu sohani *proportsiaial sanagich sohasi* deb ataladi.

Agar kameraga berilayotgan kuchlanishni yana ham oshira borilsa IV-sohaga o'tadi. Odatda bu sohani *Geyger-Myuller sohasi* deb ataladi. Ko'pincha radioaktiv zarrachalarning sonini proportsianal sanagichlar yordamida sanaladi. Bunday sanagichlarda har bir tushgan radioaktiv zarracha bitta ko'chki ionizatsiya xisobiga hosil bo'lgan mustakil razryadlar soni orkali sanaladi. Boshqacha aytganda sanagich anod tolasiga yetib kelayotgan elektronlar hosil bo'lgan birlamchi elektronlardan gazli kuchaytirgich M marta ko'payib ko'chki hosil bo'ladn. Shu sababdan ham gazli kuchaytirgich uchun

$$M=N/n$$

bu yerda N – ko'chkida hosil bo'layotgan elektronlar soni, p - radioaktiv nur katod-anod orasidagi muhitdan o'tganda hosil bo'lgan birlamchi elektronlar. Sanagichlar hosil bo'ladigan mustaqil razryad radioaktiv zarrachalar intensivligi katta bo'lganda zarrachalar sonini aniq sanashga halaqit beradi, ya'ni razryad uchmasdan muhitga tushgan zarrachani sanagich sanay olmaydi. Shu sababdan ham hosil bo'lgan mustakil razryadni iloji boricha tez so'ndirish zarur bo'ladi.

Razryadni so'ndirishning bir qancha usuli mavjud. Birinchi sanagich anodiga ketma-ket katta qarshilik ulanadi. Natijada razryad boshlanishi bilan katta ballas qarshiligida kuchlanish tushib anod-katod kuchlanishi razryad yonish kuchlanishdan pasayib ketib razryad to'xtaydi.

Ikkinchisi. kameraga to'lg'azilgan gaz sostaviga -10% murakkab molekulali birikmalar bug'ini qo'shish yo'li bilan (spirt, atseton va boshqa bug'i). mustaqil razryadni so'ndirish mumkin. Odatda kuchni ionizatsiya birlamchi elektronlarning gaz molekuladari tolaga tushguncha ionlashtirib o'z navbatida elektronning gaz molekulalari bilan har to'qnashganda bitta ion va bitta elektron hosil bo'lib, elektronlar o'z yo'lida yana gaz molekulalarini ionlashtirib ko'chkiga asos bo'la boshlaydi. Lekin hosil bo'lgan nonlar katodning ichki yuzasiga urilganda elektronlar chiqib, u elektronlar ko'chki hosil qilishda ishtirok qilib, uni yana ham kuchaytiradi. Bundan tashqari, elsktronlar ta'sirida uyg'ongan atomlar va katod yuzida ionlar rekombinazatsiyasida ultrabinafsha nurlar xosil bo'ladi. O'z

navbatida ultrabinafsha nurni yutgan atomlarda fotoeffekt hisobiga ko'shimcha elektronlar hosil bo'lib ko'chkinini yana ham kuchaytiradi.

Kamera ichiga to'lg'azilgan gazga qo'shilgan murakkab molekulasi organik birikib ana shu ultrabinafsha nurlarni yutadi va uni parchalaydn. Natijada ultrabinafsha nur hisobiga hosil bo'ladigan elektronlar kamayadi, bu o'z navbatida razryadning so'nishini tezlashuviga olib keladi. Bundan tashqari tola atrofida hosil bo'lgan musbat ionlar tezda katod tomon tarqashi razryadni so'ndirishga olib keladi.

Bunday sanagichlar albatta ham o'lcham katta va katta kuchlanishda ishlaydi. Bundan tashkari murakkab molekulali qo'shimcha modda parchalanib ketsa, sanagich ishdan chiqadi uning xarakteristikasi tiklanmaydi.

Keyingi paytlarda sanagichlarni to'lg'azilgan gazni neon va qo'shimcha gaz sifatida 0.1% brom qo'llanishp sanagichning katod-anod kuchlanishini 200-450 V gacha kamaytirishga va o'lchamini kichraytirishga olib keldi va sanagichdagi razryad o'z-o'zidan so'nadigan bo'lar ekan, hamda sanagichning potengtsial hisoblanadi. Neonning potentsial ionizatsiyaep 21,5 (upg'onish potentsial 16,5 eV) va bromning potentsnal ionizatsiyasi 12,8 eV bo'lganidan anod tola yonida elektr maydoni katta bo'lgani uchun atomlar soni ko'p gaz neon atomlari ko'plab uyg'onadi. Uning bunda11 uyg'ongan holatda bo'lish vaqti 10^{-4} - 10^{-2} larni tashkil qilgani uchun tola atrofida neon uygongan atomlar soni ko'payib ketishga olib keladi.

Neonning uyg'ongan holdan normol holga nurlanib qaytish paytida brom atomi bilan to'qnashishi brom atomining ionlashishga olib keladi. Ionlashish jarayonida hosil bo'lgan elektronlar anod-katod maydonida tezlashib, ular yana qo'shimcha ionlar hosil qiladi. Qisman ionlar va uygongan atomlar nurlanish hisobiga asosiy holatga qaytayotganda ultrabinafsha nurlanish chiqaradi. U nurlanish gazlarda kam yutilgani uchun sanashch katodi yuzidan fotoelektronlar urib chiqaradi. Bu elektron anod potentspali tezlashayotib yana qo'shimcha ionlar hosil qilib kuchli ionizatsiya - razryad hosil qiladi. Natijada tola atrofida musbat zaryadlar ko'plab to'planib kuchlanishning tushuvi kamayib elektr maydoni keskin susayadi. Bu hol o'z navbatida razryadnish to'xtashiga, so'nishiga odib keladi. SHunday qilib, bunday o'z-o'zidan so'nuvchi razryadli radpoaktiv nurlaiishning zarracha yoki kvantlarining sanovchi sanagich u orqali o'tgan zarrachani bitta ko'chki razryad sifatida qayd qiladi va bu ko'chki razryad tezda so'nmaguncha keyingi sanagichga tushayotgan zarrachani kayd qila olmaydi. Shu razryad pantida tushgan

zarralarni sanagich sanay olmaydi. Razryad yongandan zarralarni sanay olmaydigan paytni "o'lik vaqt" deyiladi. Sanagichning tolasi anod atrofida brom ionlarining ko'pib ketishi va u ionlarning katodga qarab tarqadishi, anod-katod orasida kuchlanishning pasayib ketishiga va u o'z navbatida razryadning so'nishsha olib keladi. Shunday qilib, galoidli sanagichlar ham o'lcham kam ham ishchi kuchlanishi kichikligi va sanash xarakteristikasi ($\sim 10^7$ impl/sekund) yaxshiligi hozirgi zamonda uning ko'plab ishlashiga olib keldi.

Kosmik nurlanishni qayd qilish yo'li bilan sanagichning sanash xarakteristikasini olish.

Kosmik nurlar deb, Yerga kosmosdan kelib tushadigan elementar zarrachalar va atom zarrachalariga (asosan proton) aytiladi. Kosmik nurlarni birlamchi va ikkilamchilarga bo'linadi.

Birlamchi kosmik nurlar deb Yer atmosferasining yuqorigi chegarasiga yetib kelganlariga aytiladi. Ularni energiyalari juda katta va turlari xam ko'p bo'ladi. Bu birlamchi kosmik nurlar Yer atmosferasi yuqori katlamida atomlar bilan o'zaro ta'sirlashib ikkilamchi kosmik nurlanishlar xosil kiladi. Shu nikkilamchn kosmik nurlanishlar asosan ikki komponentdan iborat bo'ladi: birnichisi kam energiyali elektronlar pozitronlar va fotonlardan iborat bo'lgan β^-, β^+, γ . ikkinchi komponenti esa juda katta energiyali μ -mezonlar $m_\mu = 200m_c$ va boshqa elemenlar zarralardan iborat bo'ladi (μ -mezon, ν va $\bar{\nu}$).

Bu komponentlarning kam energiyalarning "yumshoq" va katta energiyalarini esa "qattiq" komponentlar deb ataladi.

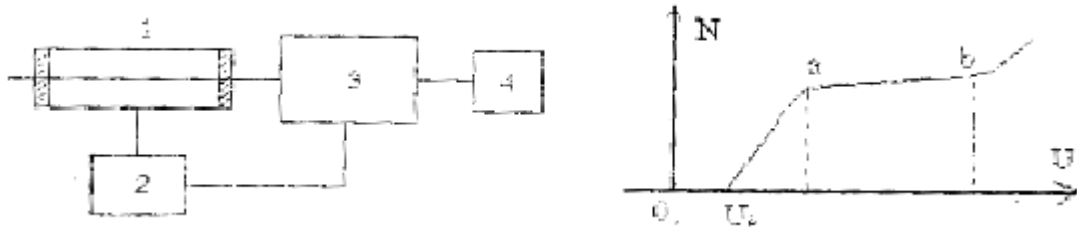
"Yumshoq" komponentlari (β va γ nurlanishlarni) qand qilishi uchun radiometr qo'llaniladi. Bundan radiometrlar asosan 1-Geyger-Myuller schetchigi, 2-yuksak kuchlanish to'fnlagich. 3-inputslarni kuchaytirgich va qayd qiluvchi 4-dan iborat bo'ladi (Rasm 3.).

Agar Geyger-Myullsr sanagichiga berilayotgan yuksak kuchlanishini yetarli darajada kichik kuchlanishdan oshira borsak avvaliga sanagich xech qanday

zarrachani sanamaydi. Agar $N=f(U)$ grafigini (Rasm-8) tuzsak U_3 kuchlanishning qiymatida kurilma ikkilamchi kosmik nurlanish hisobiga yuzaga kelgan tabiiy radioaktiv fon hisobiga impulslarni qayd qila boshlaydi.

Geyger-Myullsr sanagichga berilgan U_0 kuchlanishni sanagichda razryad yonish boshlanish kuchlanish deyiladi. Tabiiy radioaktiv fining nurlanish qiymati o'zgarmaganda kuchlanishni U_0 dan oshira borganda

sanagichning sanash kobiliyati osha boradi va a nuqtaga yetganda sanagichning vakt birligidagi sanashi to b nuqtaga mos kuchlanishgacha (kuchlanishni oshirganda ham o'zgarmay qoladi. Lekin kuchlanishning keyingi oshishi sanagichda mustakil razryad boshlangani uchun $N=f(U)$ keskin ko'tarilib ketadi. Sanagichning ana shu



3- rasm

$N=f(U)$ munosabatiga sanagichning sanash Xarakteristikasi deyiladi.

Sanagichga beriladigan ishchi kuchlanishi ana shu xarakteristikadan aniqlanib a va b orasida, a nuqtaga to'g'ri kelgan kuchlanishdan platada a va b oraliqning $2/3ab$ ga mos kuchlanish olinadi.

Sanagichning sanash xarakteristikasini aniqlash.

1. Qurilmani ishga tayyorlang.
2. Tok manbasidagi dekadniy pereklyuchatel'ni 0,5 V ga ko'ping.
3. B-1 blokning "Sbros" knopkasini bosib qurilmani ishga tayyorlang.
4. "Pusk" va sekundomerni birga ishga tushirib, 3-5 minutdan impuls sonini qayd qiling.
5. Har 0,1 V dan o'lchashni takrorlab natijalarni jadvalga yozib $N=f(U)$ grafigini 2,5 V gacha tuzing.

Nazorat uchun savollar.

1. Koinot nurlarining birinchi va ikkinchi komponentlari tarkibi qanday?
2. Beta nurlanish qanday zaryadli zarralar oqimidan iborat?
3. Gamma nurlanishni tushuntirib bering.
4. Rentgen nurlanishi deb nimaga aytiladi?
5. Aktivlikning SI sistemasidagi va sistemaga kirmagan birliklarini izohlang?
6. Ish tartibini tushuntiring

9-laboratoriya ish

$\pi \rightarrow \mu\nu_\mu$ yemirilishni o'rganish

Massasi elektron massasidan katta lekin praton massasidan kichik oraliq massaga ega bo'lgan zaralar mezonlarning mavjud bo'lishi haqidagi fikrni birinchi marta yapon fizigi Yukava 1935 yilda aytilgan edi.

U oddiy hisoblashlar asosida yadro maydoni kvanti mezonlarning massasi 200-300 elektron massasiga teng bo'lishi kerakligini ko'rsatdi. Shu dastlabki "qalam uchida" kashf etilgan mezonlar tez orada tajribada ham kuzatildi.

μ va π mezonlarning kashf etilishi

Myu – mezon 1938 yilda K Anderson va S. Medermayner tomonidan kosmik nurlir tarkibini Vilson kamerasi yordamida o'rganish jarayonida kashf etildi va uning xususiyatlarini o'rganish natijasida quyidagilar aniqlandi. Myu – mezon massasi $m_\mu = (206,76 \pm 0,003)m_e$ U barqaror emas. O'rtacha yashash vaqti $T = 2,2 \cdot 10^{-6}s$. Tabiatda manfiy va musbat zaryadlangan mezonlar (μ^+ va μ^-) uchraydi. Ular quyidagi sxemaga asosan yemiriladi:

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu \quad \mu^- \rightarrow e^- + \nu_\mu + \bar{\nu}_e$$

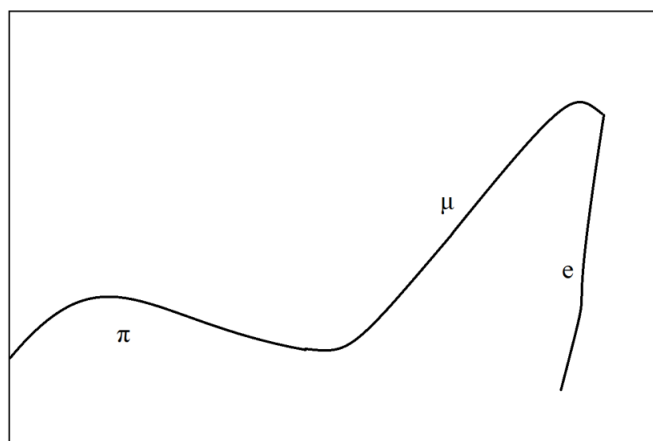
Myu – mezonlar myuonlar, Pi – mezonlar ezsa pionlar deb ham ataladi. Myuonlar spinlari $1/2$ ga teng va fermionlar qatoriga kiradi.

Avval fiziklar by kashf etilgan myuon Yukava mezonining o'zi bo'lsa kerak deb o'yladilar. Lekin ularning modda bilai kuchsiz ta'sirlashishi aniqlandi. Shuningdek, monlar yemirilishi kuchsiz ta'sir vositasida yuz beradi. Shuning uchun ham kuchli ta'sir vositasida yuz beruvchi yadro reaksiyalarida myuonlar hosil bo'lmaydi aa ular yadro reaksiyalarini hosil qilmaydi. Myuonlar keyinroq kashf qilingan pionlarning yemirilishi natijasida hosil bo'lishi aniqlandi.

Myuon magnit momonti elektron magnit momentidan 207 marta kichik.

Shunday qilib myuon elektronga juda o'xshab ketadi. Ular faqat massalari bilan farq qiladi.

Pionlar 1947 yilda ingliz fizigi Pauell tomonidan fotoemulsiya yordamida koinot nurlari tarkibida kashf egildi. U fotoemul'siyada 1 - rasmda ko'rsatilgan xolga o'xshash zarra izlarini kuzatadi.



1-rasm

Bu hol $\pi \rightarrow \mu + \nu$ yemirilish deb ataladi. Ikkilamchi kosmik nurlar tarkibida hosil bo'lgan yoki π^+ yoki π^- mezonlar μ^+ yoki μ^- mezonlarga yemiriladi. Yemirilish quyidagi sxema buyicha boradi.

$$\pi^{\mp} \rightarrow \mu^{\mp} + \nu_{\mu}(\bar{\nu}_{\mu})$$

Aniq o'lchashlardan pionlarning uch hil π^+ , π^- va π^0 mezonlar mavjudligi ma'lum bo'ladi.

π^0 – mezon yemirilishi ikkita gamma kvant hosil bo'ladi. Uning massasi $m_{\pi^0} = 135 \text{ MeV}$. π^+ va π^- - massalari va yashash vaqti bir hil bo'lib, $m_{\pi^{\mp}} = 140 \text{ MeV}$, $t_{\pi^{\mp}} = 2,6 \cdot 10^{-8} \text{ s}$ va $t_{\pi^0} = 0,83 \cdot 10^{-16} \text{ s}$. Barcha pionlarning spini nolga teng, izatopik spini $t=1$ va izatopik spin proektsiyasi $\pi^{\mp} = \mp 1$ va $\pi^0 = 0$

Pionlar radiaktivdirva ular yadro kuchini tashuvchi vositachi zarra hisoblanadi. Nuklonlar o'zaro vertual pionlar bilan almashinib ta'sirlashadi.

Pionlar manfiy myuondan farqli ravishda muxitda deyarli yemirilmaydi. Chunki ularning muxit atom yadrolari bilan yadroviy ta'sir etish ehtimolligi yemirilish ehtimolligidan ancha kanadir. Shuning uchun ham manfiy pionlar muxit atom yadrolari tomonidan yutilib, “sigma yulduz” deb ataluvchi yadro reaksiyasini hosil qiladi. 1-rasmda ko'rsatilgan yemirilishda pion avval muxitda tormozlanib to'xtagach, myuonga yemiriladi. Energiya va impulsning saqlanish qonuniga ko'ra hosil bo'lgan myuonning kinetik energiyasi doim bir hil uzunlikdagi 600 mkm izni hosil qiladi. Pionning yemirilishida ajralgan energiyaning asosiy qismi 29 MeV myuon neytrinosining yoki antineytrinosining kinetik energiyasiga sarflanadi. Myuon yemirilishida esa uchta zarra hosil bo'lgani uchun elektron yoki pozitronning kinetik energiyasi har safar har hil va odatda MeV dan kichik bo'ladi. Ajralgan energiyaning qolgan qismi

myuon va elektron neytrinosining yoki antineytrinosining kinetik energiyasiga sarflanadi.

Zamonaviy kvark modeliga asosan pionlar kvark-antikvarklar juftligidan tashkil topgandir.

Fotoemul'siya usuli

Zaryadlangan zarra va turli yadro reyaktsiyalarini o'rganishda fotoemulsiya usuli keng ishlatiladi. Fotoemulsiya odatda bromli kumush mayda kristallarining jeletinadagi qorishmasidan iborat. Lekin zaryadlangan zarralarni qayd qiluvchi yadroviy fotoemulsiya tarkibi oddiy fotografiyada pshlatiladigan fotoemulsiya tarkibidan AgBr kontsentratsiyasining kanali (65%) bilan farqlanadi. Yadroviy fotoemulsiyalarda kristall donalarining kanali maydaroq (0,03 mkm) bo'ladi. Fotoemulsiya qalinligi bir necha yuz mkm ga qadar qilib olinadi. Ba'zi bir necha fotoemulsiya qatlamlari birga olinib, fotoemulsiya kamerasi sifatida ham ishlatilishi mumkin.

Zaryadlangan zarralar fotoemulsiya orqali o'tganda molekulalarni bir qismini ionizatsiya ta'siri tufayli parchalaydi va AgBr kristall donalarida uncha katta bo'lmagan miqdorda Ag metall ajraladi.

Agar har bir kristall donasida 30 dan ortiq erkin Ag atomi ajralsa tegishli eritmalar yordamida fotoemulsiyaga ishlov berilgach, zaryadlangan zarra o'tgan trayektoriya bo'ylab mikroskop ostida qora dog' bo'lib ko'ringuncha kristall donachalaridan tuzilgan iz – trek hosil bo'ladi. Trek bo'ylab hosil bo'lgan donachalar zichligi zarraning ionizatsiyalash qobiliyatiga bog'liqdir. Odatda donachalar zichligi 100 mkm trekdagi donachalar soni bilan o'lchanadi. Zaryadlangan zarraning ionizatsiyalash qobiliyati o'z navbatida zarraning bir uzunlik birligiga teng bo'lgan masofada muhitda yo'qotgan energiyasi bilan harakterlanadi. Zaryadlangan zarra muxit orqali o'tganda o'z energiyasini muxit atomlarini ionizatsiyalashga va atom elektronlarini qo'zg'otishga sarflaydi. Natijada ma'lum energiyaga ega bo'lgach zaryadlangan zarra fotoemulsiyada ma'lum masofani bosib o'tib to'xtaydi. Bir birlik zaryadli zarraning fotoemulsiyada bosib o'tgan yo'li bilan uning energiyasi orasidagi bog'lanish quyidagi emperik formula bilan ifodalanishi mumkin:

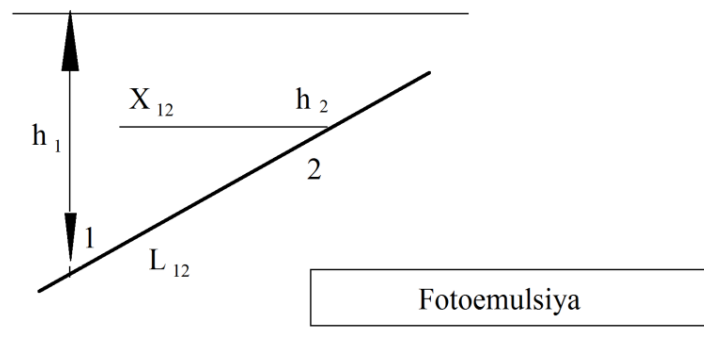
Ishning bajarish tartibi

Fotoemulsiyadagi myuon izini uzunligini o'lchashda MBI – 3 mikroskopidan foydalaniladi. Trek uzunligini o'lchashdan oldin mikroskop va okulyar mikrometr tuzulishi va ishlash printsiptini o'rganib chiqio' zarur. Fotoemulsiyadagi yemirilishni toiish uchun mikroskopga

kattalashtirishi 10 ga teng bo'lgan okulyar va 20 teng bo'lgan ob'ektiv qo'yiladi. So'ng tegishli fotoemulsiya platinasi mikroskop stolchasiga joylanadi. Mikroskopda fotoemulsiya tasvirini topish uchun ob'ektivni fotoemulsiya sirtiga yaqin joylash kerak. So'ng mikroskop tubusini sekin ko'tarib, fotoemul'siya tasvirini mikroskopda topish kerak. Mikroskop okulyarlari oralig'ini kuzatuvchining ko'ziga moslab o'zgartirgach ikki ko'z bilan kuzatilayotgan tasvir bitta bo'lib ko'rinadi. Fotoemulsiya yemirilish tasvirini topish uchun mikroskop mikrovintidan foydalanish zarur. Myuon izini uzunligini o'lchash uchun trekni to'g'ri uchastkada bo'laklarga bo'lib o'lchash kerak. 2-rasmda ko'rsatilgan trekt bo'lagining 1 va 2 nuqtalari orasidagi uzunligi l12 quyidagi formula asosida hisoblanadi.

$$l = \sqrt{x_{12}^2 + [(h_1 - h_2)k]^2} \quad (2)$$

Bu yerda x trek bo'lagining mikroskopda ko'rinuvchi va fotoemulsiya sirtiga parallel sirtida yotuvchi proektsiyasi, 1 va 2 nuqtalardan fotoemulsiya sirtiga qadar olingan masofalardir.



2-rasm

Ular mikroskopning mikrovint yordamida o'lchanadi. (2) formuladagi k - fotolmulsiya qalinligining koeffitsentidir. By koeffitsent fotoemulsiyaning boshalang'ich qalinligini (400 mkm) so'nggi (ochartirilgandan va quritilgandan so'ng) qalinligiga nisbatidir. Agar trek n ta to'g'ri uchastkali bo'laklarga bo'lingan bo'lsa, bo'laklar uzunliklarining yig'indisini olib myuon izining to'la uzunligi P topiladi. P ni bilgan xolda formuladan myuonning kinetik energiyasini hisoblab topish mumkin. Myuonning kinetik energiyasini bilgan xolda quyidagi formula asosida myuon neytrinosining tinchlikdagi massasini topish mumkin.

$$m_{\nu_\mu} = N(m_\pi - m_\mu)^2 - 2E_\mu m_\pi$$

Bu formulada barcha tinchlikdagi massalar MeV birliklarda olinadi.

Sinov savollari

1. μ^+ va μ^- zarralar,
2. μ^0 mezonlarning parchalanishi,
3. π^+ , π^- va π^0 mezonlar

10-Laboratoriya ishi

Mavzu: Radioaktiv manbaning absolyut aktivligini mos tushuv usulida aniqlash

Nazariy tushuncha

Radioizoton nurlanishini sanayotgan qayd qilgichdagi impul'slar soni radiaktiv manbadagi yemirilishlar sonidan kam bo'ladi. Qayd qilgich kelayotan hamma nurlanishni bitta qo'ymay sanagan taqdirdagina xam, bari - bir ikkita xolat mavjudki, shulur tufayli sanagich samaradorligi kamayadi. Birinchidan, radioizotop joylashgan nuqtadan qayd qilgichning sezgir yuzasi ko'rinayotgan fazoviy burchak 4π burchakning ulushini tashkil qiladi. Ya'ni radioizotopdan chiqayotgan β - zarralar hammasi ham qayd qilgich tomonga yo'nalgan bo'lmaydi. Ikkinchidan, kerakli yo'nalishni olgan beta zarralar, radioaktiv manbaning o'zida sochilishi, yutilishi va yo'lda - havoda va qayd qilgich devorida yutilishi mumkin.

Radioaktiv manbaning absolyut akgivligi «A» bilan qayd qilgichdagi sanash tezligi orasidan quyidagi bog'lanishni yozish mumkin.

$$n = A \cdot W$$

Bu yerda W — yemirilishning qayd qilish ehtimolligi.

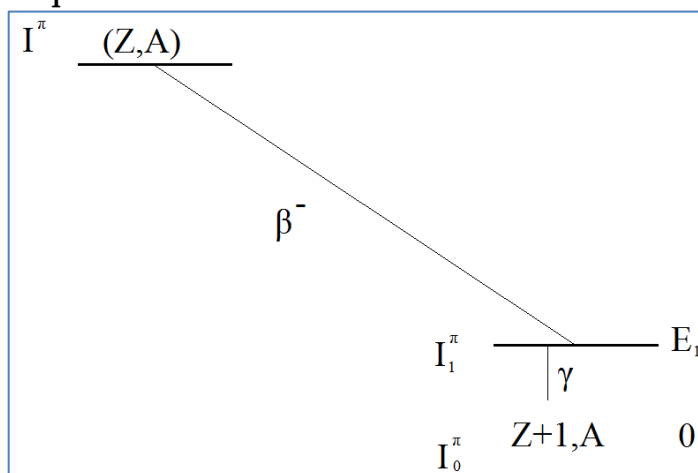
Yemirilishni qayd qilish extimolligi eksperimental qurilmaning geometriyasiga beta - zarralar energetik spektriga va beta - zarralar yo'lida qanday materiallar mavjudligiga bog'liq:

$$W = k \cdot \omega / 4\pi$$

bu yerda « ω » — qayd qilgich sezgir yuzasi ko'rinadigan fazoviy burchak, « k »-qayd qilgich tomon uchayotgak beta - zarraniig radiaktiv manbada sochilmaslik va yutilmaslik, yo'lda, havoda va qayd qilgich devorida yutilmaslik o'rtacha ehtimolligi.

Eksperimental yadro fizikasida absolyut aktivlikni aniqlash usullari ishlab chiqillan. Shular tufayli yemirilishni qayd qilish ehtimolligini aniqlash iisbatan ishonarli bo'ldi. Shunday usullardan birini Videnbek taklif qilgan.

Ushbu usulni sodda yemirilish sxemasiga ega radioizotopni aktivligini o'lchash uchun qo'llash o'rinlidir. Radiozotop beta - yemirilishdan so'ng yagona γ -kvantni chiqarishi kerak.



1-rasm

Shunday yemirilish sxemasiga ega radiaktiv, mostushuv qurilmasiga ulangan ikkita qayd qilgach orasiga qo'yiladi. Birinchi qayd qilgich gamma — kvantlarni qayd qiladi (sintsillyatsion detektor). Ikkiichi qayd qilgich beta - zarralarni qayd qiladi (Geyger—Myuller qayd qilgichi). Bu qayd qilgich beta - zarralar bilan bir qatorda gamma - kvantlarini oz miqdorda bo'lsa ham qayd qiladi. Shuning uchui, gamma - nurlarni beta qayd qilgichdagi hissasini hisobga olish uchui, beta qayd qilgich bilan ikkita tajriba o'tkazamiz. Birinchi tajribani beta - zarralarni yutuvchi to'siq bilan o'tkazamiz. Ikkinchi tajribani to'siqsiz o'tkazamiz. Bu holda radiaktiv manbadan chiqayotgan nurlanishlar (beta -zarralar va gamma - nurlar) bevosita beta-qayd qilgichga tushadi. Beta - qayd qilgichda qayd qilingan beta-zarralarni soni, to'siqsiz va to'siq bilan o'tkazilgan tajribalarda olingan impul'slar sonining ayirmasiga teng bo'ladi: $N_\beta = N_{\beta+\gamma} - N_\gamma$

Beta qayd qilgichda beta - zarralar hosil qilgan impul'slar soni (vaqt birligi ichida) va gamma - qayd qilgichda gamma - kvantlar hosil qilgan impul'slar soni uchun quyidagi munosabatlarni yozamiz:

$$n_\beta = A_0 \cdot W_\beta \quad (2)$$

$$n_\gamma = A_0 \cdot W_\gamma \quad (3)$$

Bu yerda A_0 — radioaktiv manbaniig absolyut aktivligi. W_β, W_γ —beta va gamma qayd qilgichlarda beta - va gamma - nurlanishlarni qayd qilish o'rtacha ehtimolligi.

Endi beta - zarralar bilan gamma-nurlar mostushuvini aniqlaydigan analitik ifodani topamiz. Ko'pchilik radioizotoplarda chiqargan gamma -

nurlanish yo'nalishi bilan undan oldin sodir bo'lgan beta - zarralar chiqish yo'nalishi orasida o'zaro bog'liqlik yo'q shu tariqa gamma - nurlarni qayd qilish ehtimolligi W beta - zarraning qayd qilingan yoki qilinmaganligiga bog'liq emas. Bu ikki hodisani (beta – zarralar va gamma - nurlar qayd qilinishi) o'zaro mustaqil ravishda ro'y berishini nazarda tutib, o'zaro mos tushuvini murakkab va ularni bir vaqtda ro'y berayotgan hodisalar deb qaraymiz. Shuning uchun mostushuv ehtimolligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$W = W_{\beta} \cdot W_{\gamma}$$

Mostushuvlar soni teng bo'ladi:

$$n_{mos} = A_0 W_{\beta} \cdot W_{\gamma} \quad (4)$$

Yuqoridagi (2), (3) va (4) ifodalardan foydalanib aktivlik ifodasini topamiz:

$$A_0 = n_{\beta} \cdot n_{\gamma} \cdot n_{mos} \quad (5)$$

Radioizotopning aktivligi aniqlangandan keyin (2) va (3) ifodalar orqali ushbu qurilmaning W_{β} va W_{γ} ehtimolliklarini topish mumkin.

Ishning bajarish tartibi

Mostushuv qurilmasining 1 - kanali gamma-nurlarini qayd qiluvchi chaqnash qayd qilgichga, 2-kanali beta - zarralarni qayd qiluvchi Geyger - Myuller qayd qilgichga ulanadi. Radioaktiv manbadan chiqayotgan gamma va beta-nurlanishlar qayd qilgichlar ulangan elektr zanjirida impul'slar hosil qiladi Bu impul'slar mostushuv qurilmasining 1 - va 2 - kanallariga beriladi va mostushuv hodisasi qayd qilinadi. Ishni bajarishda quyidagi tartibga rioya qilinadi: (5) ifodadan radiaktiv manbaning absolyut aktivligi aniqlanadi. Impul'slar sonining absolyut xatoligi teng:

$$\Delta N = \sqrt{N}$$

Sanash tezligining absolyut xatoligi teng:

$$\Delta n = \sqrt{n/t}$$

Beta - zarralar sonining absolyut xatoligi teng:

$$\Delta n_{\beta} = \sqrt{(\Delta n_i)_i^2 + (\Delta n_{\beta+\gamma})_{\beta}^2}$$

Absolyut aktivlik xatoligi quyidagi ifodadan topiladi:

$$\Delta A = A_0 \sqrt{\left(\frac{\Delta n_{\beta}}{n_{\beta}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta n_{\gamma}}{n_{\gamma}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta n_{mos}}{n_{mos}}\right)^2}$$

$$\text{Yoki} \quad \Delta A = A_0 \sqrt{\frac{1}{N_{\beta}} + \frac{1}{N_{\gamma}} + \frac{1}{N_{mos}}}$$

Ishning natijalari quyidagi jadval ko'rinishida beriladi

Qayd qilgich	N	t, s	ΔN	$n, 1/s$	Δn	$A_0, 1/s$	ΔA_0
Gamma							
Beta to'siq							
Beta to'siqsiz							
Beta							
Mostushuv							
Aktivlik							

Sinov savollari

1. Radioaktiv yemirilish qonuni
2. Aktivlik formulasi. Aktivlikni o'lchov birliklari
3. Radioizotopning yemirilish sxemasi.
4. Yadro nurlanishlari o'rtasida mostushuv sodir bo'lishi.
5. Kanallardagi impul'slar soni bilan mostushuv impul'slar soni orasidagi tafovutni tushuntiring.

