

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

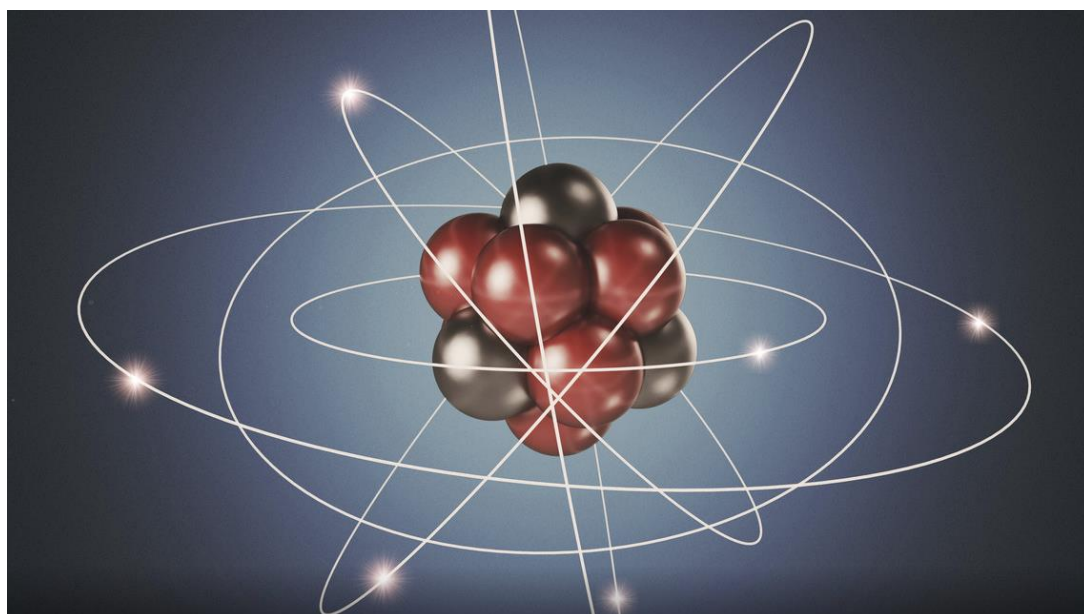
GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI



A. Abdullayev, B.A. Abdullayev

**“YADRO VA SUB YADRO” FANIDAN LABORATORIYA
ISHLARI TO‘PLAMI**
(o‘quv-uslubiy qo‘llanma)

*Guliston Davlat universiteti “Fizika” yo‘nalishi III kurs talabalari uchun
laboratoriya ishlarini bajarishga doir o‘quv-uslubiy qo‘llanma*



Guliston – 2020

UO‘K: _____
KBK: _____

A. Abdullayev, B.A. Abdullayev Yadro va sub yadro fizikasi” fanidan laboratoriya ishlari (o‘quv-uslubiy qo‘llanma). Guliston: Universitet, 2020, 45 bet.

Ushbu o‘quv – uslubiy qo‘llanma Guliston davlat universiteti fizika kafedrası professor-o‘qituvchilari tomonidan yozilgan bo‘lib, 5140200- “Fizika” bakalavriat ta‘lim yo‘nalishi uchun “Yadro va sub yadro fizikasi” fanidan laboratoriya ishlarining tavsiyalari keltirilgan. Mazkur qo‘llanma O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi tomonidan tasdiqlangan namunaviy dasturga asosan yozildi.

Ushbu o‘quv – uslubiy qo‘llanmadan “Fizika” talim yo‘nalishi talabalaridan tashqari, undan nofizik yo‘nalishlar talabalari hamda “Yadro va u yadro fizikasi” fani bilan qiziquvchilar foydalanishlari mumkin.

Tuzuvchilar: dots. A. Abdullayev,
o‘q. B.A. Abdullayev,

Taqrizchilar: f.-m.f.n. R. Elmurodov,
f.-m.f.n. G‘. Raxmonov

Laboratoriya ishlarini bajarish bo‘yicha uslubiy qo‘llanma “Fizika” kafedrası yig‘ilishida (bayonnoma №___ 2020 yil “_____”) ko‘rib chiqilgan.

Ushbu uslubiy qo‘llanma Guliston davlat universiteti o‘quv – metodik kengashining 2020 yil “___” _____ dagi ___-sonli yig‘ilish qarori asosida nashr etishga va o‘quv mashg‘ulotlarida foydalanishga tavsiya etilgan.

Mundarija

1.	Radiasion xavfsizlik qoidalari.....	4
2.	Betta-nurlanish uchun radioaktiv nurlanish qonunini tekshirish	9
3.	Alfa zarrachalar izlarini vilson bulutli kamerasi yordamida namoyish etish	15
4.	Radiaktiv modda aktivligini aniqlash	25
5	β -Nurining alyuminiy folgada yutilishini o'rgansih.....	28
6.	Polistiren, glitserin va teflonda yadro magnit rezonans	33

RADIATION XAVFSIZLIK QOIDALARI

Radiasiyaning tabiiy va tehnogen manbalari. Yerning radiatsion foni quyidagi tashkil etuvchilardan iborat:

1. Kosmik nurlanish;
2. Tabiiy radionuklidlarning Yer qattiq qatlami, havo, suv va boshqa muhitlarga sochilishi.

Kosmik nurlanish kosmosdan yoki Quyoshdan kelayotgan zaryadli zarralarning Yerning magnit maydoni tomonidan ushlab qolingani qismi (elektronlar, protonlar, alfa zarrachalar)dan iborat. Bular **birlamchi kosmik nurlanishdir**.

Mazkur nurlanish Yer atmosferasi bilan ta'sirlashib, dengiz sathida **myuonlar** (μ), **protonlar** (p) va **neytronlardan** (n) iborat nurlanish hosil qiladi. Yerning butun yuzasi kosmik nurlanishlar bilan qamraladi, lekin u yuza bo'yicha bir tekis taqsimlangan emas. Kosmik nurlar intensivligi Quyosh aktivligiga, geografik o'ringa bog'liq bo'lib balandlik oshgan sari osha boradi. Uning intensivligi shimoliy va janubiy qutblarda eng katta, ekvatorial mintaqalarda esa kichikroq.

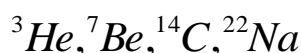
Quyoshdan kelayotgan kosmik nurning asosiy qismi energiyasi **100 MeV** gacha bo'lgan protonlardir.

Insoniyatning kosmik nurlardan oladigan radioaktiv nurlanish dozasi kattaligi geografik kenglikka, hayot tarziga va mehnat turiga bog'liq. Masalan, 8 km balandlikda inson organizmi oladigan effektiv doza quvvati **2 mkZv/soat**ga to'g'ri keladi. Insoniyatning global aviaqatnovlarda oladigan kollektiv dozasi **10⁴ kishi·Zv** bo'lib, u dunyo bo'yicha kishi boshiga yiliga o'rtacha **1 mkZv** dan, Shimoliy Amerikada esa **10 mkZv** dan tushadi.

Kosmogen radionuklidlar. Kosmik nurlar ta'sirida atmosferada kechadigan (qisman litosferada) yadro reaksiyalari jarayonida radioaktiv yadrolar - kosmogen nuklidlar paydo bo'ladi. Masalan:



Havo tarkibida hosil bo'lgan radionuklidlar ichida radioaktiv fonga eng katta hissa qo'shadiganlaridir.



Bunday radioaktiv nuklidlar oziq-ovqat bilan inson organizmiga tushadi va nurlanishni vujudga keltiradi.

Katta yoshdagi kishi yiliga ovqat bilan o'rtacha aktivligi 230 Bk/kg bo'lgan 95 kg uglerod iste'mol qiladi. Ichki nurlanish natijasida u 15 mkZv/yil nurlanish oladi.

Kelib chiqishi Yerdan bo'lgan radionuklidlar bilan nurlanish. Hozirgi kunda Yerdan 23 ta, yashash vaqtlari 10^7 yildan kam bo'lmagan radionuklidlar mavjud. Bulardan tashqari uchta radioaktiv oilada: ^{238}U , ^{232}Th , ^{235}Ac radioaktiv yemirilishlar jarayonida doimiy ravishda 40 ta radioaktiv izotoplar hosil bo'lib turadi. Insonning bunday manbalardan oladigan o'rtacha yillik individual dozasi 0,35 mZv ni tashkil qiladi, ya'ni insoniyat dengiz sathi balandligida kosmik nurlanishdan oladigan dozaga taxminan teng.

Lekin, shuni ye'tiborga olish kerakki, Yer nuklidlaridan insoniyat oladigan radiatsion doza Yer sharining hamma joyida ham birday yemas. Bu Yerdan radionuklidlar taqsimotiga bog'liq.

Braziliyadagi San-Paulo shahridan 200 km shimolda shunday kichik tepalik borki, u yerda radiatsiya kishi boshiga 260 mZv ga, Hindiston janubidagi qirg'oq hududida yesa 3,8 mZv ga yetadi.

Xona ichida nurlanish dozasi ikki qarama-qarshi omil oqibatida doimiy ravishda o'zgarib turadi:

1) binoning tashqi nurlanishi va 2) bino ichidagi qurilish materiallaridan chiqayotgan nurlanish hisobiga.

^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th izotoplarining qurilish materiallaridagi konsentratsiyasiga bog'liq ravishda uy ichida doza quvvati $4 \cdot 10^{-8} - 12 \cdot 10^{-8}$ Gr/soat oraliqda o'zgarib turadi. SHuni ta'kidlash joizki, g'ishtli yoki betonli binolar ichida doza quvvati yog'och uylardagiga nisbatan 2 – 3 barobar yuqori.

Kelib chiqishi Yerdan bo'lgan radionuklidlar bilan ichki nurlanish. Kishi organizmiga doimiy ravishda nafas olish organlari, ovqatlanish yo'llari orqali radioaktiv nuklidlar tushib turadi. Insonning ichki nurlanish dozasida

^{40}K , ^{87}Rb , ^{238}Th , ^{238}U - oila a'zolarining hissasi katta.

Bunday yo'l bilan inson o'rtacha yiliga 1,35 mZv/yil doza nurlanish oladi. Yillik dozaning yeng ko'p qismini ($\frac{3}{4}$) mazasiz, hidsiz, og'ir gaz hisoblangan radon (Rn) va uning yemirilish mahsulotlari beradi.

Bizga ma'lumki radioaktiv nurlanish tushayotgan muhitni kuchli ionlash xususiyatiga yega. Zarralarning muhitni ionlovchi ta'siri uning *kinetik yenergiyasi* bilan (α, β, n, γ) va *rentgen nurlari* uchun yesa *kvant yenergiyasi* ($h\nu$) bilan belgilanadi. Radiatsiyaning ta'sir omillari va ba'zi o'lchov birliklari bilan tanishaylik.

Ionlovchi zarralar oqimi:

$$\Phi_E = \frac{dE}{dt} \quad (4.2)$$

$$\text{Yutilgan doza: } D_n = \frac{dE}{dm} \quad (4.3)$$

Yutilgan doza berilgan hajmda yutilgan yenergiyaning shu hajmdagi modda massasiga nisbati bilan aniqlanadi. Bu radiatsion ta'sir darajasini aniqlovchi asosiy kattalikdir.

$$[D] = [1\Gamma p] \quad [1\Gamma p] = \left[1 \frac{\text{JK}}{\text{kg}} \right] \quad \text{SI da}$$

$$1 \text{ pad} = 10^{-2} \Gamma p = 10^{-2} \frac{\text{JK}}{\text{kg}} = 10^2 \frac{\text{pPz}}{2} \quad \text{praktik dozimetriyada}$$

Ionlovchi nurlanishning biologik ta'siri uning yenergiyasi bilangina yemas, balki tirik organizmga kirish chuqurligi bilan ham belgilanadi. SHu sababli ionlovchi nurlanishning yekivalent dozasi D_{ekv} degan tushuncha kiritiladi:

$$D_{\text{ekv}} = D_n \cdot K \quad (4.4)$$

Energiya chiziqli uzatilgan hol uchun $K=1$. Umuman, K 1 dan 20 gacha o'zgaradi. Yekivalent doza o'lchami yutilgan doza o'lchami bilan aniqlanadi, birligi yesa Zivertlarda beriladi

Ekivalent doza- yutilgan dozaning nurlanish sifati koeffitsientiga ko'paytmasiga aytiladi

$$[D_{\text{ekv}}] = [1Zv] \quad [] 1\Gamma p \cdot 1 = 100 \text{ pad} \cdot 1 = 100 \bar{\sigma} \text{ep}$$

Bir sekund davomida bitta yemirilish kechadigan jarayon intensivligi (aktivlik) 1 bekkerl deb qabul qilingan

Yekspozitson doza – rentgen va gamma nurlarning miqdoriy xarakteristikasi bo'lib, bu dm massada birlamchi zarralarni to'liq tormozlash natijasida hosil bo'luvchi ikkilamchi zaryadlar sonidir (dQ)

$$\begin{aligned} 1 \text{ Rd (rezerford)} &= 10^6 \text{ Bk}; & A &= \frac{dN}{dt} \\ 1 \text{ Kyu (Kyuri)} &= 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bk} \end{aligned} \quad (4.5)$$

Yekspozitson doza – rentgen va gamma nurlarning miqdoriy xarakteristikasi bo'lib, bu dm massada birlamchi zarralarni to'liq tormozlash natijasida hosil bo'luvchi ikkilamchi zaryadlar sonidir (dQ)

$$1 \text{ rent} = 2,58 \cdot 10^{-4} \frac{\text{C}}{\text{kg}} \quad X = \frac{dQ}{dm} \quad (4.6)$$

Radiatsiyaning biologik ta'siri nurlanish dozasi, nurlanish davriga, nurlanish turiga va organizmning o'ziga xos xususiyatlariga bog'liq.

Nurlanish manbaining qacda joylashuviga qarab, uni ichki va tashqiga ajratish mumkin.

Tashqi nurlanish deganda, insonning tanasidan tashqarida joylashgan manbalar (kosmik yoki Yerdagi joylashgan ob'ektlar) tomonidan nurlanish tushuniladi.

Ichki nurlanishda ichki organlarida joylashgan radionuklidlar tomonidan insonning nurlanishi tushuniladi.

Surunkali nurlanishning birinchi belgilari quyidagilardan iborat:

- terining qurishi;
- Xar xil turdagi yaralarni paydo bo'lishi;
- soch to'kilishi;
- tirnoq sinuvchanligi.

Qo'l kuchli nurlanganda kuygan joylar, o'lik terilar, bitmas yaralar, keyinchalik ular o'rinda rak shishlari paydo bo'lish mumkin.

Rentgen nuri bilan kuchli nurlantirilganda oraliq holatlarsiz o'lim yuz berishi mumkin.

Radionuklidlar har xil yo'llar bilan ichga ketganda organizmning ko'p qismlari zararlanadi, zararlash jarayoni radioaktiv modda to'liq parchalab bo'lguncha yoki fiziologik yo'l bilan organizmdan chiqib ketguncha davom etaveradi.

O'rtacha yillik radioaktiv nurlanishning tabiiy foni quyidagi tashkil yetuvchilardan iborat:

- 1) Ichki nurlanish – 1,35 mZv;
- 2) Yerga bog'liq manbalar – 0,35 mZv;
- 3) Kosmik nurlar -0,30 mZv;
- 4) Rentgenodiagnostika – 0,35-0,40 mZv;

jami bo'lib tabiiy fon 2,40-2,50 mZv ni tashkil qiladi.

Bir martalik nurlanishda quyidagilar kuzatilishi mumkin:

- < 0,50 Zv – kasallik belgilari yo'q.
- 0,5-1 Zv – darmonsizlanish.
- 1-2 Zv – nurlanish kasalligining yengil formasi.
- 2-4 Zv – nurlanish kasalligining og'ir formasi.
- 6 zv – nurlanish kasalligining o'ta og'ir formasi, o'lim.

Nurlanish bilan bog'liq bo'lgan kasallanish ikki xil bo'lishi mumkin:

1. O'tkir; 2. Surunkali.

O'tkir nurlanish quyidagi 4 bosqichda kechadi:

- Birinchi reaksiya: nurlanishdan bir necha soatdan keyin ko'ngil aynish, bosh aylanish, qayt qilish, nafas olish tezlashishi, darmonsizlanish.
- YAshirin davr (bu stadiya qanchalik qisqa davom yetsa natija shuncha og'ir bo'ladi).
- Rivojlanish davri: qayt qilish, kuchli darmonsizlanish, yuqori harorat (40-41°S), milk va burun, ichki organlardan qon ketishi leykotsitlarning keskin kamayishi.
- Sog'ayish yoki o'lim.

Surunkali kasallanish. Bu 3 davrdan iborat:

1. Yengil shakli (bosh og'riqlari, darmonsizlanish, ishtaha va uyqu yo'qligi).

2. Birinchi davrdagi belgilarining kuchayishi, modda almashinuvining buzilishi, yurak tizimida o'zgarishlar, qon ketish.
3. Miya qon tizimida o'zgarishlar, soch to'kilishi, qon ketish.

Texnika xavfsizligi bo'yicha yo'riqnoma.

Radiaktiv moddalar bilan ishlashda “Radiatsiyadan himoyalash tartibi” qoidalariga qo'shimcha ravishda har bir mamlakatda, ta'lim muassasi tomonidan qabul qilingan talablar va qoidalarga amal qilinishi zarur. Xususan O'zbekiston Respublikasida radiatsion xavfsizlik to'g'risidagi qonun va ta'limda texnika xavfsizligi qoidalari shular jumlasidandir. Bu tajribada foydalaniladigan preparatlarga foydalanishga ruxsat berilgan. Shuning uchun qo'shimcha tekshiruvdan holi deyish mumkin. Foydalanilayotgan preparatlar ionlashtiruvchi nurlanish chiqargani uchun quyidagi texnika xavfsizligi qoidalariga amal qilish lozim:

- Begona kishilar qo'liga tushmasligini ta'minlang.
- Foydalanishdan oldin idishning butunligini tekshiring.
- Preparatni himoyalovchi konteynerda saqlang.
- Ekspozitsiya vaqti mumkin qadar kichik va aktivligi mumkin qadar past bo'lishi uchun preparatni konteynerdan faqat tajribani o'tkazish paytidagina oling.

Preparatgacha bo'lgan masofani uzoqroq bo'lishini ta'minlash uchun namunani faqat metal tutgichning yuqorigi uchida tuting.

LABORATORIYA № 1

MAVZU: BETTA-NURLANISH UCHUN RADIOAKTIV NURLANISH QONUNINI TEKSHIRISH

ISHDAN MAQSAD: Sr-90 manbai β -nurlanishi intensivligining masofaga bog'liq ravishda so'nishini o'rganish, Nurlanish intensivligining kamayish qonuniyatini o'rganish.

KERAKLI ASBOB VA USKUNALAR:

1. Radioaktiv manbalar to'plami.....	3559835
2. Sanagich trubkasi kabeli bilan.....	559 01
3. S sanagich.....	575 471
4. Prujinali kichik kontakt qisgich.....	590 02
5. Katta prujinali shtift.....	591 21
6. Ulash shatunlari.....	532 16
7. Ulash uyasi.....	300 11
8. Metall lineyka 0,5 m.....	460 97

QISQACHA NAZARIYA

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 himoyalani 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 radia

Ktiv 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 materialardan 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 izotoplarning 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.

α -nurlanishda atom yadrosi ikkita proton va ikkita neytrondan iborat α -zarralarni (geliy yadrosi - He^{2+}) chiqaradi. α -zarrachalar boshqa radioaktiv zarrachalar orasida eng katta massaga ega va kuchli ionlashtirish xususiyatiga ega bo'lgani uchun eng kichik erkin chopish masofasiga ega. Haova erkin chopish masofasi boe yo'g'i 5 sm ga teng. Yadro α -zarra chiqarganida yadro massasi 4 atom massa birligiga kamayadi.

Ikkinchi turdagi nurlanish bu darajada ionlashtirish xususiyatiga ega emas, bu nurkanish betta nurlanish deyiladi. Bu nurlanish ya'ni β -zarrachalar emirilayotgan atomning elektron qobiqlaridan emas balki atom yadrosidan chiqadi. Yadrodagi neytron proton(yadro ichida qoladi) va elektronga yoki pozitron analogiga ajraladi. Shuning uchun yadro massasi dastlabki massasiga qaraganda sezilarli o'zgarmaydi. Antineytrinolarning qo'shimcha enmissiyasi tufayli (leptonlar sonining saqlanishi qonuniga asosan) β -nurlanishning energetik spektri uzluksiz bo'ladi va butun energetik spektrni to chegaraviy energiyagacha qamrab oladi. β -nurlanish havoda bir necha metrgacha moddada esa bir necha millimetrgacha tarqala oladi.

Radioaktiv nurlanishning uchinchi turi γ -nurlanish hisoblanadi. Bu nurlanish atom yadrolari yuqori uyg'ongan energetik holatdan past energetik holatga

oʻtganida foton kabi nurlantiriladi. γ -nurlanish oʻta oʻtuvchan hususiyatga ega va uni ekranlash juda qiyin hamda juda taʼsir doirasi juda katta.

Mazkur tajribada asosan β -nurlanish nurlanish tabiati manbai va detektor orasida ekran boʻlmagan holda, turli masofalarda oʻrganiladi. Radioaktiv Stronsiy-90 yadrolaridan va β -aktiv hosila ittiriy-90 yadrolaridan chiqayotgan yuqori energiyali elektronlar havo atomlari bilan toʻqnashish ehtimoli kam. Shuni aytib oʻtish kerakki past energiyali β -zarralar sanagich trubkasi devorida toʻla yutiladi va faqat yuqori energiyali ittiriy-90 yadrolaridan chiqayotgan β -zarralar detektorga yetib keladi.

Bunday holda radioaktiv nurlanishni kamaytirishning bir usuli masofani uzaytirishdir. Ekranlanmagan nuqtaviy nurlantirgich uchun namunadagi emirilish

<u>Masofa</u>		<u>Sanog soni</u>		<u>Emirilishning oʻrtacha soni</u>	<u>Oʻlchash vaqti</u>	<u>Oʻrtacha aktivlik [Bq] (be-reinigt)</u>
0	12922	12677	12712	12770	10	1277
1	4909	4978	4931	4939	10	494
2	2191	2165	2234	2197	10	219
3	1293	1247	1262	1267	10	126
5	3128	3038	3110	3092	60	51
7	1608	1681	1692	1660	60	27
10	847	895	825	856	60	14
15	425	373	432	410	60	7
20	199	227	202	209	60	3
30	218	201	178	199	100	2

va detektordagi sanash tezligi orasida quyidagi boglanish mavjud

$$A \propto c \cdot \frac{1}{r^2} \quad (I)$$

bu erda A-detektorning sanash tezligi, namuna trubkasi va detektor trubkalari orasidagi masofa, c-material turiga bogʻliq boʻlgan konstanta.

Namuna geometriyasiga bogʻliq ravishda r radiusli sharsimon qobiq sirti r^2 bogʻliq ravishda ortadi.

Zarralar soni oʻzgarmagan deb hisoblansa yuzaga tushayotgan zarralar soni $1/r^2$ ga proporsional ravishda kamayadi



1-rasm. Tajriba qurilmasining tashqi ko‘rinishi

ISHNI BAJARISH TARTIBI:

1. Tajribani bajarishdan oldin texnika xafsizligi yo‘riqnomasi bilan tarnishing.
2. Tajriba qurilmasi 1-rasmda ko‘rsatilhandek qilib yig`ing.
3. Shatunlarga katta va kichik prujinalli qisqichlarga mahkamlang.
4. Shatunlarni tagliklarga mahkamlab metal lineykada ko‘rsatilgan joyga o‘rnatib.
5. Sanagich trubkasini katta prujinali qisqichga o‘rnatib.
6. Sanagich trubka qabelini “S” sanagichning «A» portiga (chapda) ulang.
7. Nuranish bo‘lmaganidagi sanash tezligini o‘lchang: radioaktiv manba bo‘lmagan holda 100 s oraliq bilan 5 marta o‘lchang va o‘lchashlarning o‘rtacha qiymatini hisoblang. Buning uchun o‘lchash vaqti oralig‘ini o‘rnatish uchun o‘lchagichdagi «GATE» tugmasini bosib, kerakli o‘lchash vaqti oralig‘ini tanlang.
8. Sanagich trubkasi darchasini va radioaktiv manba namunasi orasidagi masofani 0 sm qilib o‘rnatib, sanagich trubkasi darchasi va radioaktiv manba namuna bir chiziqda bo‘lishi kerak. Diqqat: sanagich trubkasi darchasi mexanik ta’sirlarga juda sezgir. Radioaktiv manba namunasiga teginmang!
9. Shu holda tanlangan o‘rnatmalarda o‘lchashlarni 3 martadan 10 s da o‘lchashlar o‘tkazing. Buning uchun o‘lchash vaqti oralig‘ini o‘rnatish uchun o‘lchagichdagi «GATE» tugmasini bosib, kerakli o‘lchash vaqti oralig‘ini tanlang.
10. Sanagich trubkasi va radioaktiv manba namunasi orasidagi masofani o‘zgartiring va yana bir chiziq bo‘ylab rostlanganini tekshiring.
11. Yuqorida keltirilgan ketma-ketlikda quyidagi parametrlar bilan har bir hol uchun 3 martadan tajribani bajaring:
 - 1 sm, 2 sm va 3 sm o‘lchash vaqti 10 s.
 - 5sm, 7 sm, 10 sm, 15 sm va 20 sm, har biri uchun o‘lchash vaqti 60 s.
 - 30 sm o‘lchash vaqti 100 s

12. Olingan natijalarni o'rtacha qiymatlarini toping va 2- jadvaldagi qiymatlari bilan solishtiring.

13. Har bir o'lchashlarning o'rtacha qiymatidan radioaktiv manba namunasi bo'lmagan hol uchun o'lchangan o'rtacha qiymatni olib tashlaymiz.

14. Radioaktiv manba aktivligini masofaga bog'liqlik grafigini chizing.

Texnika xavfsizligi bo'yicha yo'riqnoma.

Radiaktiv moddalar bilan ishlashda "Radiatsiyadan himoyalash tartibi" qoidalariga qo'shimcha ravishda har bir mamlakatda, ta'lim muassasi tomonidan qabul qilingan talablar va qoidalarga amal qilinishi zarur. Xususan O'zbekiston Respublikasida radiatsion hafsizlik to'g'risidagi qonun va ta'limda texnika xavfsizligi qoidalari shular jumlasidandir. Bu tajribada foydalaniladigan preparatlarga foydalanishga ruxsat berilgan. Shuning uchun qo'shimcha tekshiruvdan holi deyish mumkin. Foydalanilayotgan preparatlar ionlashtiruvchi nurlanish chiqargani uchun quyidagi texnika xavfsizligi qoidalariga amal qilish lozim:

- Begona kishilar qo'liga tushmasligini ta'minlang.
- Foydalanishdan oldin idishning butunligini tekshiring.
- Preparatni himoyalovchi konteynerda saqlang.
- Ekspozitsiya vaqti mumkin qadar kichik va aktivligi mumkin qadar past bo'lishi uchun preparatni konteynerdan faqat tajribani o'tkazish paytidagina oling.
- Preparatgacha bo'lgan masofani uzoqroq bo'lishini ta'minlash uchun namunani faqat metal tutgichning yuqorigi uchida tuting.

SINOV SAVOLLARI:

1. Tabiiy va suniy radioaktivlik nima?
2. alfa, betta, gamma yemrilish
3. Radioaktiv yemrilish qonuni.
3. Yarim yemrilish davri nimalarga bog'liq?
4. yemrilish doimiysi nima?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Р.Бекжонов. Элементар ядро физикаси. «Ўқитувчи». Т. 1982
2. Р.Бекжонов. Ядро физикаси. «Ўқитувчи». Т. 1975
3. Р.Бекжонов, Б.Ахмадхўжаев, Атом физикаси, «Ўқитувчи». Т. 1979
4. Е.В.Шполский. Атом физикаси. 1 том. «Ўқитувчи». Т. 1970
- 5.Физикадан практикум. «Наука» М. 1978, проф. Иверонова тахрири остида.

LABORATORIYA № 2

MAVZU: ALFA ZARRACHALAR IZLARINI VILSON BULUTLI KAMERASI YORDAMIDA NAMOYISH ETISH

ISHDAN MAQSAD: Havo va suv/spirt bug‘i aralashmasi o‘ta to‘yinishini Vilson bulutli kamerasida adiabatik kengayish orqali hosil qilish.

KERAKLI ASBOB VA USKUNALAR:

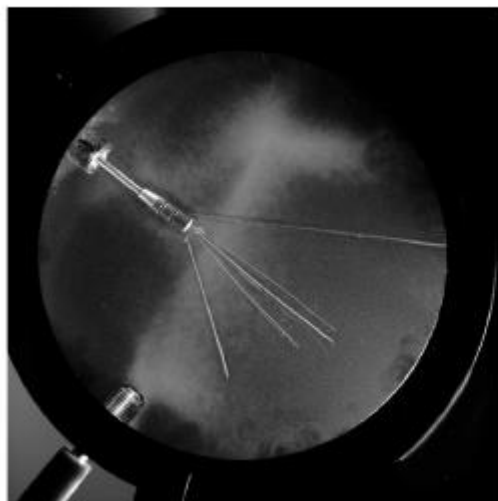
1. Vilson pufakli kamerasi	559 57
2. Vilson bulutli kamerasi uchun radiy preparati	559 59
3. Energiya manbai 450 V DC	522 27
4. Lampa, 6 V/30 W.....	450 51
5. Asferik kondensator	460 20
6. Transformator, 6 V AC, 12 V AC/30 VA.....	562 73
7. Stol qisqichi.....	301 06
8. Shtativ.....	300 11
9. Spirt(70%)	671 972
10. Kabellar jufti, 1 m, qizil va ko‘k	501 46

QISQACHA NAZARIYA

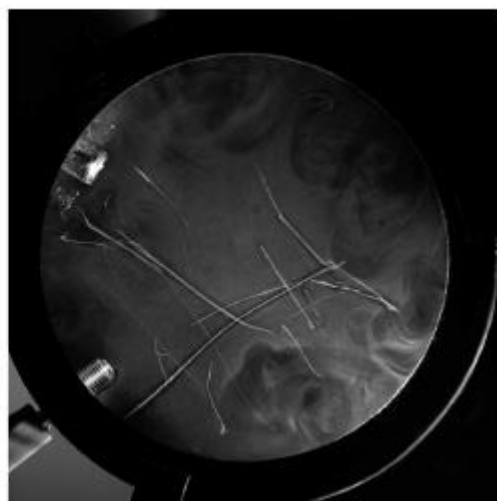
Alfa zarrachalarning izlarini Vilson bulutli kamerasidan foydalanib ko‘rinadigan qilish mumkin. alfa radiatsiya bilan taqqoslaganda, har ikkala beta va gamma radiatsiyalar juda kam ionlashtiruvchi hisoblanadi, shuning uchun bu tajribada foydalanilmaydi. Vilson bulutli kamerasida havo, suv va spirt aralashmasining to‘yingan bug‘lari qisqa cha sovitiladi va vakuum nasos yordamida hosil qilinadigan adiabatik kengayish tufayli o‘ta to‘yingan holatga o‘tadi. Bu esa bug‘ning kichik tuman tomchilari shaklida kondensatsiyalanishiga sabab bo‘ladi; bu effekt kondensatsiyalanish markazlari yordamida amalga oshiriladi. Vilson kamerasida alfa zarrachalarning gaz molekulalari bilan to‘qnashishida hosil bo‘lgan ionlar xususiy holda bunday kondensatsiya markazlari bo‘lishi mumkin. Har safar vakuum nasos aktivlashganda, alfa zarrachalar izlari bo‘ylab o‘ta to‘yingan bug‘lar birdaniga kondensatsiya markazlari atrofida kondensatsiyalanadi va bulut tomchilari hosil qiladi, ular esa illyuminatorida bir yoki ikki sekund ko‘rinib turadi. Elektr maydoni kameradagi qoldiq ionlarni tozalaydi. Bu tajribada siz, yoki radiy preparatidan yoki toriy preparatidan alfa radiator sifatida foydalanishingiz mumkin. Ra–226 preparati Vilson bulutli kamerasi ichiga joylashtiriladi. Preparat bir tomonida teshigi bo‘lgan, ichi bo‘sh silindr ichiga joylashtiriladi alfa zarrachalar bu teshikdan xuddi nuqta tipidagi manbadan chiqqanday chiqib keladi. Ra–226 yarim yemirilish davri 1622 a bo‘lgan n–222 gacha energiyasi $E=4.78 \text{ MeV}$ bo‘lgan alfa zarrachalar chiqarib yemiriladi.

Rasm 1. α zarrachalarning Vilson bulutli kamerasidagi izlari

a) nuqtaviy manbadan (radly preparati)



b) butun kamera bo'yicha taqsimlangan manbadan (toriy preparati)



Toriyning yemirilish mahsuloti $Rn-220$ gazsimon bo'lib, Vilson kamerasiga ventil yordamida kiritiladi, va butun kamera bo'yicha tekis taqsimlanadi. Turli yo'nalishlar bo'yicha tarqalayotgan zarrachalarning izini ko'rish mumkin. $n-220$ yemirilishi natijasida yarim yemirilish davri 55.2 s bo'lgan $Po-216$ hosil bo'ladi. Bunda dominant energiyasi $E=6.28$ MeV bo'lgan alfa zarrachalar chiqariladi.

ISHNI BAJARISH TARTIBI:

- 1. Spirt-suv aralashmasini tayyorlash:** Polietilen butilkada taxminan 200 ml 50 % metanol yoki etanol va 50 % toza suv aralashmasini tayyorlang.
Izoh: Kengaytirish bilan hosil qilinga to'yingan bug'ning kondensatsiyalanishi faqat alfa zarrachalar yordamida hosil qilingan ionlar tufayli bo'lishi mumkin, va kamera ichiga qandaydir kirib qolgan boshqa zarralar tufayli kondensatsiyalanish hosil bo'lmaydi. Kameraning ichini changlardan toza tuting; agar lozim bo'lsa uni distillangan suv bilan yuving
- 2.** Stol qisqichini turg'un laboratoriya stoliga mahkamlang, va Vilson kamerasini yo'naltiruvchi truba bilan stol qisqichiga shunday mahkamalangki vakuum nasosni o'rnatish mumkin bo'lsin
- 3.** Kamera qopqog'ini bir qo'lingiz bilan mahkam ushlang va boshqasi bilan qisqichlarni oching; keyin qopqoqni olib qo'ying va pastki plastinani olib qo'ying. Shatunlarga katta va kichik prujinalli qisqichlarga mahkamlang.
- 4.** Pastki plastinaning jun qoplamasini spirt-suv aralashmasi bilan yaxshilab namlang, ammo aralashma ichiga solmang
- 5.** Pastki plastinani uning oyoqlari bilan rezina O-halqa ustiga qo'ying. Rezina O-halqa kamera pastki qismining uchlariga bir tekis joylahganligiga ishonch hosil qiling. Shatunlarni tagliklarga mahkamlab metal lineykada ko'rsatilgan joyga o'rnatish.

6. Barcha xavfsizlik choralariga rioya qilgan holda, Vilson kamerasi uchun radiy preparatini (559 59) uning shisha konteyneridan oling va uni asosiy plataning preparat tutgichiga kiriting.

7. Kamera qopqog'ini rezina prokladka ustiga to'g'ri joylashganiga ishonch hosil qilib joylashtiring, va uni qisqichlar bilan mahkamlang. Kamera mahkamligini vakuum nasosni qisqa muddat qo'shib tekshirib ko'ring (kengayishga kam qarshilik, yoki tovush chiqishi teshik borligini ko'rsatadi); rezina prokladkani vakuum smazka bilan yaxshilab moylang va kamerani qayta yoping.

Izoh: Kamerani kuchli bir tomonlama qizdirish konvektsiya oqimi hosil bo'lishiga tajriba bilan interferansiyalashishiga sabab bo'ladi: lampani Vilson bulutli kamerasiga juda yaqin qoymang.

8. Lampani va asferik kondensorni asosga mahkamlang va uni Vilson bulutli kamerasidan taxminan 15 sm masofaga o'rnatib. Lampani bulutli kameraning kuzatish oynasi sathida joylashadigan qilib sozlang.

– Lampani transformatorga ($U=6\text{ V}$) ulang.

– Lampa spiralini gorizontall ravishda to'g'rilang, va parallel yoki kuchsiz sochilgan yorug'lik nuri hosil qiling, va uni bulutli kameradan perpendikulyar ravishda o'tadigan qilib to'g'rilang.

Texnika xavfsizligi bo'yicha yo'riqnoma.

Radiaktiv moddalar bilan ishlashda "Radiatsiyadan himoyalash tartibi" qoidalariga qo'shimcha ravishda har bir mamlakatda, ta'lim muassasi tomonidan qabul qilingan talablar va qoidalarga amal qilinishi zarur. Xususan O'zbekiston Respublikasida radiatsion xavfsizlik to'g'risidagi qonun va ta'limda texnika xavfsizligi qoidalari shular jumlasidandir. Bu tajribada foydalaniladigan preparatlarga foydalanishga ruxsat berilgan. Shuning uchun qo'shimcha tekshiruvdan holi deyish mumkin. Foydalanilayotgan preparatlar ionlashtiruvchi nurlanish chiqargani uchun quyidagi texnika xavfsizligi qoidalariga amal qilish lozim:

- Begona kishilar qo'liga tushmasligini ta'minlang.
- Foydalanishdan oldin idishning butunligini tekshiring.
- Preparatni himoyalovchi konteynerda saqlang.
- Ekspozitsiya vaqti mumkin qadar kichik va aktivligi mumkin qadar past bo'lishi uchun preparatni konteynerdan faqat tajribani o'tkazish paytidagina oling.
- Preparatgacha bo'lgan masofani uzoqroq bo'lishini ta'minlash uchun namunani faqat metal tutgichning yuqorigi uchida tuting.

SINOV SAVOLLARI:

1. Tabiiy va suniy radioaktivlik nima?
2. alfa, betta, gamma yemrilish
3. Radioaktiv yemrilish qonuni.
3. Yarim yemrilish davri nimalarga bog`liq?
4. yemrilish doimiysi nima?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Р.Бекжонов. Элементар ядро физикаси. «Ўқитувчи». Т. 1982
2. Р.Бекжонов. Ядро физикаси. «Ўқитувчи». Т. 1975
3. Р.Бекжонов, Б.Аҳмадхўжаев, Атом физикаси, «Ўқитувчи». Т. 1979
4. Е.В.Шполский. Атом физикаси. 1 том. «Ўқитувчи». Т. 1970
- 5.Физикадан практикум. «Наука» М. 1978, проф. Иверонова тахрири остида.

LABORATORIYA № 3

MAVZU: RADIKTIV 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.

KERAKLI ASBOB VA USKUNALAR:

1. Radioaktiv manbalar to'plami.....	3559835
2. Sanagich trubkasi kabeli bilan.....	559 01
3. S sanagich.....	575 471
4. Prujinali kichik kontakt qisgich.....	590 02
5. Katta prujinali shtift.....	591 21
6. Ulash shatunlari.....	532 16
7. Ulash uyasi.....	300 11
8. Metall lineyka 0,5 m.....	460 97

QISQACHA NAZARIYA

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 himoyalani 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 materialardan sust o'tish qobiliyatiga ega. Uning energiyasi $E_\alpha = 4MeV$ dan $E_\alpha = 9MeV$ gacha bo'ladi. Massasi $m_\alpha = 4$, zaryadi $x_e = 2$ ga teng, ya'ni $\alpha = {}^4_2He^2$.

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 izotoplarning 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 uskunalari yordamida qayd etiladi. Agar yadro nurlarining oqimini o'lchovchi 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 (Qr), 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:

$$A = \frac{(N - N_\phi) \cdot 10^{-6}}{3,7 \cdot 10^{10} Kp \cdot 10 \cdot s \cdot q \cdot p \cdot E \cdot Ke} \quad \text{Kyuri}$$

Bunda N – o'lchov asbobi yordamida 1 minut vaqtda hisoblangan to'la impulslar soni, ya'ni preparat aktiv modda nurlangan 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:

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

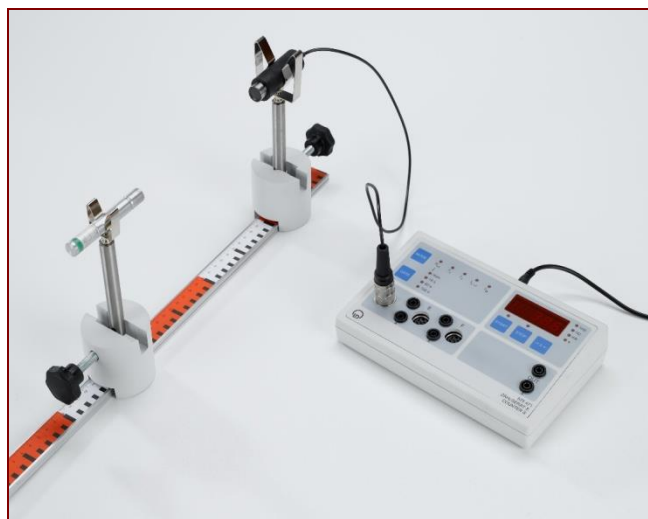
bunda N va N_0 noma'lum va ma'lum bo'lgan moddalarning bir sekunddagi impuls soni. K_e -hisoblash asbobining ajrata olish qobiliyatiga kritiladigan tuzatma, N_ϕ -hisoblash asbobining fan hisobiga hosil bo'lgan impuls soni. Anisbiy aktivlik deb yuritiladi.

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.

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

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



1-rasm. Tajriba qurilmasining tashqi ko'rinishi

ISHNI BAJARISH TARTIBI:

1. Tajribani bajarishdan oldin texnika xafsizligi yo'riqnomasi bilan tarnishing.
2. Tajriba qurilmasi 1-rasmda ko'rsatilganidek qilib yig'ing.
3. Shatunlarga katta va kichik prujinali qisqichlarga mahkamlang.
4. Shatunlarni tagliklarga mahkamlab metal lineykada ko'rsatilgan joyga o'rnatang.
5. Sanagich trubkasini katta prujinali qisqichga o'rnatang
6. Sanagich trubka qabelini "S" sanagichning «A» portiga (chapda) ulang.

7. Nuranish bo'lmagandagi sanash tezligini o'lchang: radioaktiv manba bo'lmagan holda 100 s oraliq bilan 5 marta o'lchang va impulslar sonini yozib oling hamda o'lchashlarning o'rtacha qiymatini hisoblang. Buning uchun o'lchash vaqti oralig'ini o'rnatish uchun o'lchagichdagi «GATE» tugmasini bosib, kerakli o'lchash vaqti oralig'ini tanlang.

8. Sanagich trubkasi darchasini va aktivligi ma'lum bo'lgan radioaktiv manba namunasi orasidagi masofani 0 sm qilib o'rnatib, sanagich trubkasi darchasi va radioaktiv manba namuna bir chiziqda bo'lishi kerak. Diqqat: sanagich trubkasi darchasi mexanik ta'sirlarga juda sezgir. Radioaktiv manba namunasi teginmang!

9. Shu holda tanlangan o'rnatmalarda o'lchashlarni 3 martadan 10 s da o'lchashlar o'tkazib. Buning uchun o'lchash vaqti oralig'ini o'rnatish uchun o'lchagichdagi «GATE» tugmasini bosib, kerakli o'lchash vaqti oralig'ini tanlang, o'lchashlar bajarilgan dan keyin radioaktiv manbani qisqichdan olib konteyneriga joylashtiring.

10. Aktivligi aniqlanishi kerak bo'lgan radioaktiv manba namunasi qisqichga o'rnatib va Sanagich trubkasi bilan orasidagi masofani 0 sm va yana bir chiziq bo'ylab rostlanganini tekshiring, o'lchashlardan so'ng radioaktiv manbalarni konteynerga joylashtiring.

11. Aktivligi ma'lum bo'lgan aktivligi A_0 quyidagicha aniqlanadi;

$$A_0 = N_0 - N_\phi$$

12. Aktivligi o'lchanishi kerak bo'lgan moddani aktivligi A quyidagicha topiladi:

$$A(uM/c) = N - N_\phi$$

Bunda N va N_0 - aktivligi noma'lum va ma'lum bo'lgan radiaktiv moddalari uchun sanagichning N_ϕ bilan birgalikdagi qiymati ko'rsatishlari, A va A_0 aktivliklari.

13. $A = A_0 \frac{N - N_\phi}{N_0 - N_\phi}$ formula asosida noma'lum modda aktivligi topiladi.

Texnika xavfsizligi bo'yicha yo'riqnomasi.

Radiaktiv moddalar bilan ishlashda "Radiatsiyadan himoyalash tartibi" qoidalariga qo'shimcha ravishda har bir mamlakatda, ta'lim muassasi tomonidan qabul qilingan talablar va qoidalarga amal qilinishi zarur. Xususan O'zbekiston Respublikasida radiatsion xavfsizlik to'g'risidagi qonun va ta'limda texnika xavfsizligi qoidalari shular jumlasidandir. Bu tajribada foydalaniladigan preparatlarga foydalanishga ruxsat berilgan. Shuning uchun qo'shimcha tekshiruvdan holi deyish mumkin. Foydalanilayotgan preparatlar ionlashtiruvchi nurlanish chiqargani uchun quyidagi texnika xavfsizligi qoidalariga amal qilish lozim:

- Begona kishilar qo'liga tushmasligini ta'minlang.
- Foydalanishdan oldin idishning butunligini tekshiring.
- Preparatni himoyalovchi konteynerda saqlang.

- Ekspozitsiya vaqti mumkin qadar kichik va aktivligi mumkin qadar past bo'lishi uchun preparatni konteynerdan faqat tajribani o'tkazish paytidagina oling.
- Preparatgacha bo'lgan masofani uzoqroq bo'lishini ta'minlash uchun namunani faqat metal tutgichning yuqorigi uchida tuting.

SINOV SAVOLLARI:

1. Tabiiy va suniy radioaktivlik nima?
2. alfa, betta, gamma yemrilish
3. Radioaktiv yemrilish qonuni.
3. Yarim yemrilish davri nimalarga bog'liq?
4. yemrilish doimiysi nima?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Р.Бекжонов. Элементар ядро физикаси. «Ўқитувчи». Т. 1982
2. Р.Бекжонов. Ядро физикаси. «Ўқитувчи». Т. 1975
3. Р.Бекжонов, Б.Аҳмадхўжаев, Атом физикаси, «Ўқитувчи». Т. 1979
4. Е.В.Шполский. Атом физикаси. 1 том. «Ўқитувчи». Т. 1970
- 5.Физикадан практикум. «Наука» М. 1978, проф. Иверонова тахрири остида.

LABORATORIYA № 4

MAVZU: RADIOAKTIV MODDALARNING ALFA SPEKTROKOPIYASI

ISHDAN MAQSAD: Radioaktiv moddalardan chiqaradigan alfa zarachalar sonining energiya bo'yicha taqsimotini o'rganish.

KERAKLI ASBOB VA USKUNALAR:

1. Diskriminator predusilitel.....	559 931
2. Ko'p simli kabel, 6-qutb, 1.5 m	501 16
3. HF kabel, 1 m va 0.25 m.....	501 02
4. Aylanuvchi vakuum nasos.....	378 83
5. T-qismli DN 16 KF.....	378 005
6. Markazlovchi doira DN 10/16 KF.....	378 03
7. Havо ochuvchi ventil DN 10 KF.....	378 111
8. Markazlovchi doiralar to'plami DN 16 KF.....	378 114
9. Qisuvchi doiralar DN 10/16 KF.....	378 045
10. Shlangli kichik flanets DN 16 KF.....	378 050
11. Vacuum trubka, 8/18 mm diam.....	378 031

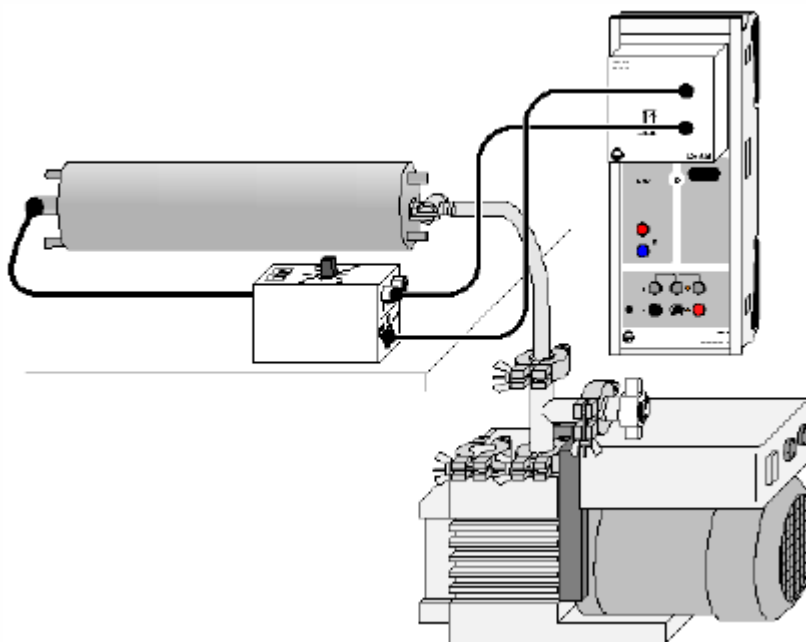
QISQACHA NAZARIYA

Izotop Am-241 α zarrachalar chiqarib Np-237 ga parchalanadi. Neptuniy bir nechta uyg'ongan holatga ega bo'lishi mumkinligi tufayli bu parchalanish davomida turli energiyali α zarrachalar chiqariladi. 100 parchalanishlarda, 5486 keV energiyali 84 α zarracha va 5443 keV energiyali 13 α zarracha chiqariladi. Ikki parchalanishdagi energiya farqi juda kichik, ammo tajribalar davomida ochiq (qoplamasiz) preparatdan (ya'ni 559 825) foydalanilsa va diskriminator predusilitedan (ya'ni 559 931) foydalanilsa buni hal qilish mumkin. 559 821 kabi Qoplangan preparat qoplamasidan α - zarrachalar o'tganda ularning energiyasini haddan ziyod xiralashtirib yuboradi.

O'lchashlardan keyingi spektr hali kalibrovka qilinmagan. Uni energetik spektrga aylantirish uchun energetik kalibrovka amalga oshirilishi lozim. Ochiq Ameritsiydan (559 825) foydalanilganda, Ameritsiyning spektral chiziqlarining biridan foydalanib bir nuqtali kalibrovka qilish mumkin. Qoplangan preparatlardan foydalangan holda esa, radiyning Ra-226 (559 435) ikki spektral chiziqlaridan foydalanib kalibrovka qilish mos keladi. Energiya kalibrovkasida faqat Ameritsiyning qoplangan preparatlaridan (559 821) foydalanishda sezgirlik yetishmaydi.

Izoh: Preparatlarning qoplamasi (ya'ni 559 821) tufayli, energiyada kuchli siljish mavjud bo'ladi. O'lchanayotgan spektr faqat 1-2 MeV energiyadan boshlanadi. Energiyasi kichikroq bo'lgan zarrachalar detektorga yetib borguncha to'xtab qoladi. O'lchash mobaynida vakkum nasos yoki to'xtovsiz ishlab turishi

lozim, yoki, spektroskopiya kamerasining ventili vakuum hosil bo'lgandan bir necha minutdan keyin yopib qo'yilishi va nasos o'chirilib qo'yilishi lozim. Rezina trubka vakuum nasosdan moy vakuum kameraga qayta kirib ketmasligi uchun kirish ventili yordamida mahkamlab qo'yilishi lozim.




Rasm-1. Tajriba qurilmasining tashqi ko'rinishi.

ISHNI BAJARISH TARTIBI:

1. Alfa spektroskopiya kamerasini ochib unga Ra-226 radioaktiv elementini o'rnatib(kameraning nasos quvuri ulangan tomoniga) kamerani ichi vacuum qilinadi.

ESLATMA: Rezina trubka vakuum nasosdan moy vakuum kameraga qayta kirib ketmasligi uchun kirish ventili yordamida mahkamlab qo'yilishi lozim.

2. MCA karobkaning regulyatorini to spektr barcha kanallarni qoplab olguncha o'zgarturung. Tipik holda bu regulyatorning “-3 “ qiymatida yuz beradi.

3. Kompyuterdan CASSY lab -2 ni ishga tushuramiz  start tugmachasini bosish orqali ishga tushuramiz.

4. Kamera ichidagi detector Ra-226 dan chiqayotgan alfa zarrachlar soni qayd qiladi

5. Kompyuter ekranida ordinate o'qida zarrachalar soni abtssisa o'qida esa energiya joylashgan koordinatalar sistemasida energetik spektr tasviri hosil bo'ladi.

(**izoh:** Uni energetik spektrga aylantirish uchun energetik kalibrovka amalga oshiriladi)

6. 100 parchalanishlarda, 5486 keV energiyali 84α zarracha va 5443 keV energiyali 13α zarracha chiqarilganini tekshiring.

Texnika xavfsizligi bo'yicha yo'riqnoma.

Radiaktiv moddalar bilan ishlashda “Radiatsiyadan himoyalaniş tartibi” qoidalariga qo'shimcha ravishda har bir mamlakatda, ta'lim muassasi tomonidan qabul qilingan talablar va qoidalarga amal qilinishi zarur. Xususan O'zbekiston Respublikasida radiatsion hafsizlik to'g'risidagi qonun va ta'limda texnika xavfsizligi qoidalari shular jumlasidandir. Bu tajribada foydalaniladigan preparatlarga foydalanishga ruxsat berilgan. Shuning uchun qo'shimcha tekshiruvdan holi deyish mumkin. Foydalanilayotgan preparatlar ionlashtiruvchi nurlanish chiqargani uchun quyidagi texnika xavfsizligi qoidalariga amal qilish lozim:

- Begona kishilar qo'liga tushmasligini ta'minlang.
- Foydalanishdan oldin idishning butunligini tekshiring.
- Preparatni himoyalovchi konteynerda saqlang.
- Ekspozitsiya vaqti mumkin qadar kichik va aktivligi mimkin qadar past bo'lishi uchun preparatni konteynerdan faqat tajribani o'tkazish paytidagina oling.
- Preparatgacha bo'lgan masofani uzoqroq bo'lishini ta'minlash uchun namunani faqat metal tutgichning yuqorigi uchida tuting.

SINOV SAVOLLARI:

1. Tabiiy va suniy radioaktivlik nima?
2. alfa, betta, gamma yemrilish
3. Radioaktiv yemrilish qonuni.
3. Yarim yemrilish davri nimalarga bog'liq?
4. yemrilish doimiysi nima?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Р.Бекжонов. Элементар ядро физикаси. «Ўқитувчи». Т. 1982
2. Р.Бекжонов. Ядро физикаси. «Ўқитувчи». Т. 1975
3. Р.Бекжонов, Б.Ахмадхўжаев, Атом физикаси, «Ўқитувчи». Т. 1979
4. Е.В.Шполский. Атом физикаси. 1 том. «Ўқитувчи». Т. 1970
- 5.Физикадан практикум. «Наука» М. 1978, проф. Иверонова тахрири остида.

LABORATORIYA № 5

MAVZU: β -NURINING ALYUMINIY FOLGADA YUTILISHINI O'RGANSIH

ISHNING MAQSADI:

1. Beta-zarralar moddadan o'tganda uni ionlashtirish jarayonini o'rganish.
2. Beta-zarralarni modda qalinlikligiga bog'liqligini o'rganish.
3. Beta-zarralarning qayd qiluvchi uskunalari bilan tanishish.

KERAKLI ASBOB VA USKUNALAR:

1. Radioaktiv manbalar to'plami.....	3559835
2. Sanagich trubkasi kabeli bilan.....	559 01
3. S sanagich.....	575 471
4. Prujinali kichik kontakt qisgich.....	590 02
5. Katta prujinali shtift.....	591 21
6. Ulash shatunlari.....	532 16
7. Ulash uyasi.....	300 11
8. Metall lineyka 0,5 m.....	460 97
9. Alyuminiy folgalar to'plami.....	

QISQACHA NAZARIYA

Bizga ma'lumki, radioaktiv elementlar α, β, γ -nurlar chiqarib yemiriladi. Bu jarayon atom yadrosi bir energetik sathdan boshqasiga o'tganda sodir bo'ladi. Berilgan atom yadrosi uchun γ -nurlanishlar chastotalarining diskret to'plami mavjud, u atom yadrosidagi energetik sathlari to'plamiga qarab aniqlanadi. Hozirgacha ma'lum ayrim radioizotoplarning nurlanishi qo'llanmaning oxirida keltirilgan.

Radioizotoplar β -zarralar nurlaydigan holda ularning nurlanish spektri diskret bo'lmaydi, aksincha tutash spektrlardan iborat bo'ladi, yani noldan maksimal qiymatgacha ega bo'lgan turli energiyali elektronlar chiqadi.

Atom yadrosi qat'iy aniq diskret energiya sathlariga ega bo'lgani sababli, tutash energiya spektrlari bilan β -zarralar chiqish uzoq vaqt tushunarsiz bo'lib keldi.

Bu jarayonni Pauli quyidagicha tushuntirdi. U shunday tasavvo'rni ilgari surdi: yadrodan chiqadigan elektron o'zi bilan bir vaqtda energiyaning bir qismini olib ketadigan boshqa zarra ham uchib chiqadi. Elektron va bu zarralar energiyalarining yig'indisi elektronlarning maksimal energiyasiga teng, yani α -yemirilishdagi kabi berilgan yadro uchun doimiy kattalikdir. Biroq elektron bilan usha zarra orasidagi energiya taqsimoti tasodifiy, yani statistik qonunlarga buysunadi. Bu zarra neytrino deb ataladi. U zaryadga va tinch holatdagi massaga ega emas. Lekin u $\frac{1}{2}$ spinga, yani elektronning spiniga teng spinga ega. Bu zarra haqidagi tasavvurlar to'g'ri bo'lib chiqdi. β -yemirilishda hamma saqlanish

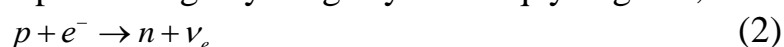
qonunlari: energiyaning, massaning, zaryadning, harakat miqdori momentining saqlanish qonunlari bajarilar ekan.

Zaryadlangan zarralar chiqarish bilan bir qatorda radiaktiv aylanishning radiaktiv zarralar chiqarish emas, aksincha zaryadlangan zarralarni tutib qolishdan iborat bo'lgan yana bir o'ziga xos holat kuzatiladi. Bu hodisa Q –tutish deb ataladi.

Radiaktiv aylanishda elektronlar chiqish neytronning quyidagi sxemasi bo'yicha elektron va neytrino chiqarish bilan protonga aylanish jarayoni sifatida qaraladi:



bunda n va p – neytron va proton simvollarini; e- elektron, $\bar{\nu}_e$ –antineytrino, $\bar{\nu}_e$ –dagi e indeks elektron antineytrinosini bildiradi. Q – tutishda aylanish boshqacha sxema buyicha sodir bo'ladi, chunonchi protonning neytronga aylanishi quyidagicha;



bunda $\bar{\nu}_e$ -neytrino.

Eslatib o'tish kerakki, bu reaksiya bilan protonlar chiqarish reaksiyasi



raqobatlashadi.

Elektronlarni atom elektronlari bilan ta'sirlashuvi

Zarralar atom elektroniga ta'sir etganda u o'zining energiyasini uzatadi, natijada atomdan elektron urib chiqariladi. Enqi atom yuqori uyg'ongan holatga o'tadi. Zarralarning moddaga ta'sirida sodir bo'layotgan jarayonlarini umumlashtirib, energiyani ionlashtirishga kamayishi deb yuritiladi. Ushbu jarayon nazariyasini Byote kashf etgan. U elektronlarning moddani ionlashtirishga yuqotgan energiyasini quyidagi formula yordamida aniqlagan:

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi n e^4 Z^2}{m_0 v^2} \ln \frac{2m_0 v^2}{I} \quad (1)$$

bu yerda v- tushayotgan elektronning tezligi, m va e- uning massasi va zaryadi, Z – yadroning zaryadi, n – moddaning 1 sm³ hajmda atomlar soni, I –atomni uyg'otuvchi o'rtacha energiya, E – tushayotgan zarraning kinetik energiyasi. Elektron moddaga ta'siri uning energiyasiga bog'liq holda har xil xarakterli bo'ladi. Agar elektronning energiyasi katta bo'lsa, ko'proq energiya nurlanishiga sarflansa, kichik energiyali elektronlar esa energiyasini atomlarni uyg'otish va ionlashtirishga sarflaydi.

Yutilish koeffitsienti to'g'risida ma'lumot

Gamma-kvant va rentgen nurlarining yutilish yoki absorbttsiya 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:

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

bu yerda

J -qatlama tushayotgan dastaning intensivligi,
 μ -kuchsizlanishni harakterlaydigan koeffitsient.

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

$$J = J_0 e^{-\mu d} \quad (2)$$

J_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 koeffitsienti ikkita koeffitsientning: haqiqiy yutilish koeffitsienti τ va sochilish koeffitsienti δ yig'indisidan iborat bo'ladi.

τ va δ koeffitsientlar binobarin, μ ham moddaning massasiga proporsional bo'ladi. Shu tufayli «massali koeffitsientlar» deb ataluvchi koeffitsientlardan, 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 1sm^2 va qalinligi d bo'lgan modda ustunining massasi, $\frac{\mu}{\rho}$ ning o'lchamligi 2^{-1}sm^2 .

Agar $\rho d = 1$ bo'lca, 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 koeffitsientlar deb ataluvchi μ_a, τ_a, δ_a koeffitsientlardan foydalanish qulayroq. Bu koeffitsientlar 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 koeffitsientlarining o'lchamligi (sm^2) ekanligiga ishonch hosil qilish oson. Shuning uchun bu koeffitsientlarni atomning mos ravishda rentgen nurlarini kuchsizlantirish, yutish yoki sochishdagi effektiv kesimlari deb qarash mumkin.

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

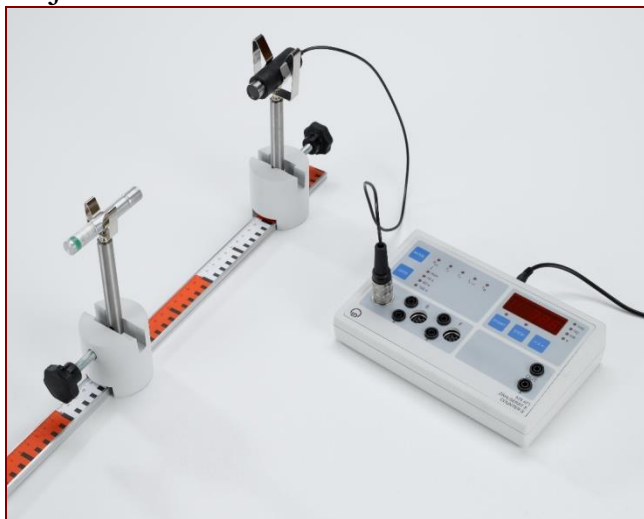
$$\tau_a = c \cdot Z^4 \lambda^3$$

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

Yuqoridagi belgilashlardan foydalanib yutilishning massali koeffitsienti ifodasini topamiz:

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

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



1-rasm. Tajriba qurilmasining tashqi ko'rinishi.

ISHNI BAJARISH TARTIBI:

1. Tajribani bajarishdan oldin texnika xafsizligi yo'riqnomasi bilan tarnishing.
2. Tajriba qurilmasi 1-rasmda ko'rsatilhandek qilib yig'ing.
3. Shatunlarga katta va kichik prujinalli qisqichlarga mahkamlang.
4. Shatunlarni tagliklarga mahkamlab metal lineykada ko'rsatilgan joyga o'rning.
5. Sanagich trubkasini katta prujinali qisqichga o'rning
6. Sanagich trubka qabelini "S" sanagichning «A» portiga (chapda) ulang.
7. Nuranish bo'lmaganidagi sanash tezligini o'lchang: radioaktiv manba bo'lmagan holda 100 s oraliq bilan 5 marta o'lchang va o'lchashlarning o'rtacha qiymatini hisoblang. Buning uchun o'lchash vaqti oralig'ini o'rnatish uchun o'lchagichdagi «GATE» tugmasini bosib, kerakli o'lchash vaqti oralig'ini tanlang.
8. Sanagich trubkasi darchasini va radioaktiv manba namunasi orasidagi masofani 0 sm qilib o'rning, sanagich trubkasi darchasi va radioaktiv manba namuna bir chiziqda bo'lishi kerak. Diqqat: sanagich trubkasi darchasi mexanik ta'sirlarga juda sezgir. Radioaktiv manba namunasiga teginmang!
9. Shu holda tanlangan o'rnatmalarda o'lchashlarni 3 martadan 10 s da o'lchashlar o'tkazing. Buning uchun o'lchash vaqti oralig'ini o'rnatish uchun o'lchagichdagi «GATE» tugmasini bosib, kerakli o'lchash vaqti oralig'ini tanlang.

10. Keyinchalik navbat bilan filtrlar radioaktiv modda yo‘liga qo‘yilib, 8 – 9 punktdagi shartlar bajariladi

11. Alyuminiy plastinkada beta nurining yutilish koeffitsiyentini quyidagi formuladan topiladi:

$$\mu = \frac{\ln J_0 - \ln J}{d}$$

12. Aniq bitta materialning filtrlarini ketma-ket qo‘yib beta 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 beta nurlanishining energiyasini ham aniqlanadi.

Texnika xavfsizligi bo‘yicha yo‘riqnom.

Radiaktiv moddalar bilan ishlashda “Radiatsiyadan himoyalaniish tartibi” qoidalariga qo‘shimcha ravishda har bir mamlakatda, ta’lim muassasi tomonidan qabul qilingan talablar va qoidalarga amal qilinishi zarur. Xususan O‘zbekiston Respublikasida radiatsion hafsizlik to‘g‘risidagi qonun va ta’limda texnika xavfsizligi qoidalari shular jumlasidandir. Bu tajribada foydalaniladigan preparatlarga foydalanishga ruxsat berilgan. Shuning uchun qo‘shimcha tekshiruvdan holi deyish mumkin. Foydalanilayotgan preparatlar ionlashtiruvchi nurlanish chiqargani uchun quyidagi texnika xavfsizligi qoidalariga amal qilish lozim:

- Begona kishilar qo‘liga tushmasligini ta’minlang.
- Foydalanishdan oldin idishning butunligini tekshiring.
- Preparatni himoyalovchi konteynerda saqlang.
- Ekspozitsiya vaqti mumkin qadar kichik va aktivligi mimkin qadar past bo‘lishi uchun preparatni konteynerdan faqat tajribani o‘tkazish paytidagina oling.
- Preparatgacha bo‘lgan masofani uzoqroq bo‘lishini ta’minlash uchun namunani faqat metal tutgichning yuqorigi uchida tuting.

SINOV SAVOLLARI:

1. Tabiiy va suniy radioaktivlik nima?
2. alfa, betta, gamma yemrilish
3. Radioaktiv yemrilish qonuni.
3. Yarim yemrilish davri nimalarga bog`liq?
4. yemrilish doimiysi nima?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Р.Бекжонов. Элементар ядро физикаси. «Ўқитувчи». Т. 1982
2. Р.Бекжонов. Ядро физикаси. «Ўқитувчи». Т. 1975
3. Р.Бекжонов, Б.Ахмадхўжаев, Атом физикаси, «Ўқитувчи». Т. 1979
4. Е.В.Шполский. Атом физикаси. 1 том. «Ўқитувчи». Т. 1970
- 5.Физикадан практикум. «Наука» М. 1978, проф. Иверонова тахрири остида.

LABORATORIYA № 6

MAVZU: POLISTIREN, GLITSERIN VA TEFLONDA YADRO MAGNIT REZONANS

ISHDAN MAQSAD: Suyuq va qattiq namunalar proton va fluorinlarida Yadro Magnit Rezonansi. Fluorin rezonans chiziqlarining kengligini aniqlash.

KERAKLI ASBOB VA USKUNALAR:

1.YMR-namuna yacheykasi.....	514 606
2.YMR-manba	514 602
3.U-simon o‘zak	562 11
4.G‘altaklar, 10 A, 480 o‘ram.....	562 131
5.DC-energiya manbai 0...16 V, 0...5 A	521 545
6.Analog Ossilloskop HM 303	575211
7. BNC kabellar, 1m	501 02
8. Sensor CASSY USB	524010
9. CASSY Lab.....	524 200
10. Ekranli kabellar BNC/4mm.....	575 24
11. Xavfsiz ulash simi, 50 cm qizil	500 621
12. Xavfsiz ulash simi, 100 cm qizil	500 641
13. Xavfsiz ulash simi, 100 cm ko‘k	500 642

Yadro Magnit Rezonansi (YMR) 1945 yilda **Blox** va **Parsellar** tomonidan kashf etilgan. YMR spektroskopiyasi hozirgi kunda kimyoda va biologiyada muhim standart metod hisoblanadi. Medisinada qo‘llanishi bo‘yicha YMR magnit rezonans tasvirlash (MRT) deb nomlangan va u klinik diagnoslash uchun rentgen nurlari va ultratovush yordamida skanerlash texnikasiga qo‘shimcha ravishdagi tasvirlash metodi sifatida qo‘llaniladi. Bu tajriba suyuq va qattiq namunalarda YMRning bazaviy hodisa ekanligini namoyish qiladi, va kimyo, biologiyada spektroskopik qo‘llanishning birinchi qadamini beradi.

Har qanday atom yadrosi o‘z o‘qi atrofida to‘xtovsiz aylanib turadi, undagi proton elektr zaryadiga ega bo‘lgani uchun xarakteristik natijasida magnit maydoni hosil qiladi va ma’lum magnit momentiga ega bo‘ladi. Odam organizmiga atom va yadrolar ko‘p bo‘lganligi sababli, ulardagi protonlarning magnit maydonlari va xarakteristik yo‘nalishlari turlicha bo‘ladi. Tashqaridan ularga ma’lum chastotali qo‘zg‘aluvchi elektromagnit maydoni bilan ta’sir etilsa, ularning aylanish o‘qlari yo‘nalishini o‘zgartirish va boshqarish mumkin. Bunda magnit momentining aylanishi protsessiya va dastlabki xolatga qaytish vaqti relaksatsiya vaqti deyiladi. Protsessiyani qayd etish uchun tashqaridan berilayotgan elektromagnit nurlanishni o‘lchash zarur bo‘ladi. Bu qayd etilgan kattalik erkin induksiyaning kamayishi deyiladi. Yadrolar aylanish o‘qining og‘ishiga sabab bo‘ladigan elektromagnit maydon chastotasi rezonans chastotasi deyiladi.

Xar bir yadro turi uchun rezonans chastotasining aniq qiymati mavjud, buni $\omega = \nu H$ formula yordamida aniqlash mumkin.

Bu erda:

ω – rezonans chastotasi;

ν – yadroning giromagnit nisbati deb nomlanadigan xar bir yadro turiga bog‘liq doimiy koeffitsent;

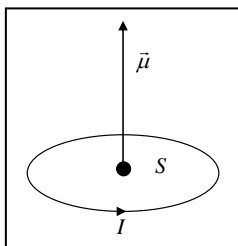
H- doimiy magnit maydonining kuchlanganligi.

Vodorod yadrosi yadro magnit rezonansiga juda sezgir bo‘ladi. Odam tanasining 75 % dan ortig‘i suv molekulalaridan iborat va ularning xar birida 2 tadan proton mavjud. Proton uchun 0,25 magnit maydondan kuchlanganligida rezonans chastotasi 10 mGs dan sal ortiqroq xisoblanadi.

YMR-yadro magnit rezonansi. Ma‘lumki, yadro nuklonlardan iborat. Nuklonlarning spini bor, $+\frac{1}{2}$ va $-\frac{1}{2}$ qiymatga ega bo‘ladi. Agar yadroda nuklonlar soni juft (C^{12} , O^{16} , S^{32}) bo‘lsa, umumiy spin kvant soni nolga teng bo‘ladi. Agar ularning soni toq (F^{19} , C^{13}) bo‘lsa, umumiy spin $+\frac{1}{2}$ yoki $-\frac{1}{2}$ qiymatga ega bo‘ladi. Shularga qarab, yadroda musbat zard ham turlicha taqsimlanadi. Zaryadli yadro o‘qi atrofida aylanganda, paramagnit moddalar singari, magnit momentiga ega bo‘ladi. Radionurlanish berilganda energiya yutib, bir magnit energetik pog‘onadan ikkinchi magnit energetik pog‘onaga o‘tdi. Bunda ham EPR dagi hodisa kuzatiladi.

YaMR metodi eng qulay metodlardan biri bo‘lib, moddalarning umumiy va hatto nozik tuzilishini ham o‘rganishga yordam beradi.

Bilamizki, hamma atomlar proton, neytron va elektronlardan tuzilgan. Proton va neytronlar atomning markazida turuvchi yadro ichida bo‘ladi, elektronlar esa bulut ko‘rinishida yadroni ma‘lum orbitalarida o‘rab turadi. Atomlar bir – biridan ular tarkibidagi proton, neytron va elektronlar soni bilan farq qilib turadilar va ana shu farq atomlar xossalari xilmaxil bo‘lishiga olib keladi.



Elementar zarralarda massa, elektr zaryad, magnetizm va xususiy harakat miqdori momenti bo‘ladi. Bu zarrachalarning magnit xususiyatlari ularning magnit momentlariga bog‘liq. Bu kattalik vektor kattalikdir, chunki uning tashqi magnit maydoni bilan o‘zaro ta’siri uning orientatsiyasiga bog‘liq. Zaryad esa magnit xususiyatiga ega emas. Kulon qonuni ikki zaryad o‘rtasidagi ta’sir kuchni beradi:

$$\frac{e_1 e_2}{r^2}$$

e_1 va e_2 – ikki zaryad miqdori, r – ular o‘rtasidagi masofa. Bu formulada orientatsiyaga bog‘liq narsa yo‘q.

Endi magnit momentlar o‘rtasidagi ta’sir kuchini yozamiz:

$$F \sim \frac{\mu_1 \mu_2 \cos \varphi}{r^2}$$

φ – ikki magnet momentlari μ_1 va μ_2 lar yo‘nalishlari o‘rtasidagi burchak. Bilamizki, elektr toki o‘tayotgan berk kontur magnet momentiga ega:

$$\vec{\mu} = IS\vec{n}$$

I – konturdagi tok kuchi, S – kontur yuzasi, \vec{n} – konturga qo‘yilgan perpendikulyar. Formuladagi $\cos\varphi$ ning borligi orientatsiyaning magnet momentlari o‘rtasidagi o‘zaro ta‘sirida katta rol o‘ynashini ko‘rsatadi.

Atom yadrolarining magnet momentlari proton va neytronlar magnet momentlarining oddiy arifmetik yig‘indisiga teng emasligi aniqlandi. Masalan, uglerod (C^{12}), kislorod (O^{16}) va kremniy (Si^{28}) yadrolarida 6; 8 va 14 tadan proton va neytronlar bor, lekin bu yadrolarning natijaviy magnet momenti nolga teng, bu fakt ham magnet momentlarining vektor qiymatiga ega ekanligini bildiradi.

Elementar zarralarda magnet xususiyatlari qaerdan paydo bo‘ladi? Hozirgi zamon fani buni elementar zarralarning xususiy harakat miqdori momenti borligi bilan bog‘laydi. Bu momentga “*spin*” deb nom berilgan, u ingliz tilida (*spin*) “*aylanmoq, aylantirmoq*” degan so‘zga yaqin ma‘noni bildiradi. Demak, har bir elementar zarracha ichida qandaydir harakat bor, u qisman aylanma tabiatga ega bo‘lishi mumkin, boshqacha aytganda elektron o‘z o‘qi atrofida aylanadi, bu aylanish kichik razmerli tok o‘tayotgan konturni tashkil qiladi va natijada magnet momenti hosil bo‘ladi.

Ma‘lum bo‘ldiki, elementar zarralar – elektron, proton, neytron – bir xil spinga ega ekanlar:

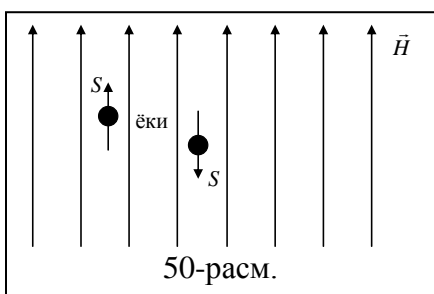
$$S = \frac{1}{2}\hbar \quad \left(\hbar = \frac{h}{2\pi} \right), \quad h - \text{Plank doimiysi.}$$

Umumiy holda spin $I\hbar$ deb yoziladi, bu erda I – spin kvant soni. Elektron, proton va neytron uchun $I = \frac{1}{2}$, yadrolarda I bundan kattaroq bo‘lishi mumkin, masalan

vannadiy yadrosining (V^{51}) spini $\frac{7}{2}$ ga, marganets yadrosining (Mn^{55}) spini $\frac{5}{2}$

ga, azot yadrosining (N^{14}) spini 1 ga teng.

Oddiy magnet strelkasi bilan elektron magnet momenti o‘rtasida qanday farq



bor? Kompasning strelkasi magnet maydonda faqat bitta yo‘nalishga ega bo‘ladi – u maydon yo‘nalishi bo‘yicha joylashishga intiladi. Lekin elektronning magnet momenti ikki holatda bo‘lishi mumkin – maydon yo‘nalishi bo‘yicha va unga qarshi yo‘nalishda (50-rasmga qarang).

Elektronning ana shu xususiyatida uning kvant xususiyati namoyon bo‘ladi. Elementar zarrachalar magnet momentlarining magnet maydonda har xil diskret burchaklarda joylashishi **fazoviy kvantlash** deb ataladi.

Atomlarning magnet hossalari ularning tarkibidagi elementar zarralarning magnet xususiyati bilan belgilanadi. Pauli printsipiga binoan, bitta orbitada ko‘pi

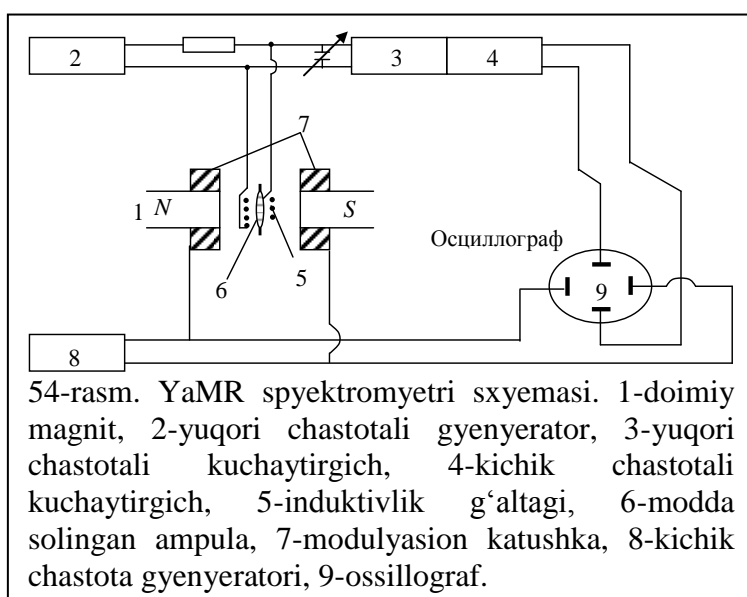
bilan ikkita elektron bo‘lishi mumkin, shunda ham ularning spinlari qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan bo‘ladi va natijaviy magnit momenti nolga teng bo‘ladi. Bunday elektronlarga “*juftlashgan*” *elektronlar* deb aytiladi. Agar orbitada bitta “juftlashmagan” elektron bo‘lsa, u o‘zining magnit momentini saqlaydi. Davriy tablitsadagi atomlarning bir qismida juft son elektronlar, qolgan qismida toq son elektron bo‘ladi. Toq son elektronlarning bo‘lishi jismda paramagnit xossalarini hosil qiladi: bu jism magnit maydoniga tortiladi. Juft son elektronlar bo‘lsa, ular uchun ikki hol bo‘lish mumkin:

1. Hamma elektronlar juftlashgan, jism diamagnit.
2. Ikkita yoki bir nechta elektronlar harxil orbitalarda turadilar va bir tarafga yo‘nalgan spinlarga egalar – magnit momentlari yig‘indisi noldan katta va jism paramagnit.

Misol uchun, vodorod, kaliy, natriy, litiy v x.k.lar toq son elektronlarga ega va ularning bittasi juftlashmagan. Berilliy, uglerod, geliy, magniy....., ularda juft son elektronlar bor va ularning hammasi juftlashgan. Lekin kislorod atomida juft son elektron bo‘lsa ham, ularning ikkitasi juftlashmagan. Kimyoviy birikmalarga kelsak, ularning ozchiligida toq son elektron bo‘ladi. Sababi – mustaxkam kimyoviy bog‘ bo‘lishida 2 ta elektron qatnashishi kerak. Masalan, vodorod molekulasida vodorod atomlarining 2 ta juftlashmagan elektronlari juftlashib kimyoviy bog‘lanish hosil qiladilar: $H \uparrow + H \uparrow \rightarrow H \downarrow \uparrow H$. Natijada diamagnit xususiyatli vodorod molekulasida hosil bo‘ladi. Elektronlarning bunday juftlashishi deyarli hamma birikmalarda yuz beradi.

Aytish kerakki, elektronning yana bitta magnit momenti bor. U elektronning orbita bo‘ylab qiladigan harakati bilan bog‘liq. Uni orbital *magnit moment* deb ataladi.

Atomning magnit xossalariga hammadan ko‘p juftlashmagan elektronlar ta’sir ko‘rsatadi. Yadroning magnit momenti kichik bo‘ladi: protonning magnit momenti elektronnikidan 650 marta kichik.



qatnashadi.

YaMR texnikasi.

Elektromagnit to‘lqin energiyasini faqat pastki energetik holatda turgan zarrachalar yutishi mumkin, yutilish darajasi esa pastki va yuqori holatlardagi zarrachalar sonlari farqiga bog‘liq, lekin bu farq juda kam. Magnit maydon $H = 10000$ ersted bo‘lganda protonlar uchun $\frac{n_1}{n_2} \approx 10^{-6}$ ga teng, demak, protonlarning yuz mingdan biri yutishda

1936 yilda Gorter litiy yadrolarida paramagnit rezonansni topishga harakat qildi, lekin urinish foyda bermadi. 1944 yilda E.K.Zavoyskiy $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ tuzlarida yuqori chastotali elektromagnit maydonning yutilishini topdi. Ana shundan keyin YaMR va EPR lar bo'yicha ishlar qizishib ketdi. YaMR bo'yicha birinchi muvaffaqiyatli eksperimentlarni 1945 yilda Persel, Tori va Paundlar qattiq parafinda o'tkazdilar. Blox, Xansen va Pakkard birinchi bo'lib suv protonlarida rezonansni topdilar. 1945 yildan boshlab YaMR texnikasi jadal sur'atlar bilan rivojlanib ketdi va shu asosda fizikaviy kimyoning katta bir bo'lagi – **radiospektroskopiya** paydo bo'ldi. Radiospektroskopiya radioto'lqinlarning modda bilan ta'sirlashuvini tekshirsa, spektroskopiya esa yorug'lik to'lqinlarining modda bilan ta'sirlashuvini tekshiradi. Demak, radiospektroskopiyani undan kengroq bo'lgan yo'nalishning – spektroskopiyaning bir bo'lagi deyish mumkin.

Paramagnit yutilishni o'lchaydigan priborlarga **magnit radiospektrometrlari** deb ataladi. Albatta, YaMR va EPR ni kuzatishga mo'ljallangan priborlarning tuzilish printsiplari deyarli birxil bo'lishi kerak. Ularda kerakli kuchlanishga ega bo'lgan magnit maydonini hosil qiluvchi elektromagnit, kerakli chastotali elektromagnit to'lqinni generatsiya qiluvchi manba va tekshiriluvchi modda qo'yiladigan yacheyka bo'lishi shart. Yacheykaga elektromagnit to'lqin yo'naltiriladi va u yutiladi. Demak, yana bu yutilishni o'lchaydigan qurilma kerak. Radiospektrometrning sxemasi 53-rasmda keltirilgan.

Ana endi YaMR spektrometrini yaqindan o'rganib chiqamiz. YaMR sharti $h\nu_0 = \frac{\mu H_0}{I}$ chastota bilan o'zgarmas magnit maydon kuchlanganligi H_0 ni o'zaro bog'laydi. Hisoblashlar bo'yicha protonlar uchun bu bog'lanish quyidagicha bo'ladi:

$$\nu_0 = 4,257 \cdot 10^{+3} H_0$$

Agar radiotexnikada keng qo'llaniladigan 30 MGts (λ q10 m) chastotali to'lqinni olsak, magnit maydon kuchlanganligi H_0 q7047 Ersted bo'lishligini ko'rsatishimiz mumkin. Bunday magnit maydonini hosil qilish, umuman olganda, qiyin emas. Shuning uchun YaMR qurilmasi radiotexnika priborlaridan yasaladi (54-rasmga qarang).

Induktivlik g'altagi (5) rezonans chastotasiga sozlangan tebranish konturi tarkibiga kiradi, quvvati katta generator 2 g'altakda elektromagnit tebranishlarni keltirib chiqaradi, natijada g'altakning o'qiga parallel yo'nalgan magnit maydoni hosil bo'ladi. G'altak shunday joylashadiki, uning o'qi o'zgarmas maydon H_0 ga perpendikulyar bo'ladi. O'zgarmas magnit maydon o'ramlaridan o'zgarmas tok oqayotgan elektromagnit yordamida hosil qilinadi. Tok kuchini o'zgartirilsa, H_0 ham o'zgaradi.

Yadro rezonansi qanday yuz berishi va radiospektrometr qanday ishlashini bilish uchun ikki holni ko'rib chiqamiz.

1-hol. H_0 va ν_0 shunday qiymatga egaki, rezonans kuzatilmaydi, boshqacha aytganda $h\nu_0 \neq \frac{\mu H_0}{I}$. Demak, elektromagnit energiyani ampuladagi

modda yutmaydi, generator 2 dan chiqayotgan energiyaning hammasi kuchaytirgich 3 ga keladi va 4 kichik chastotali kuchaytirgich orqali ostsillografda registratsiya qilinadi, bunda signal katta bo'ladi.

2-hol. ν_0 va H_0 larning qiymati shundayki, ular rezonans shartini qanoatlantiradi: $h\nu_0 = \frac{\mu H_0}{I}$. Bu holda yadrolar elektromagnit to'liqin energiyasini yutaboshlaydilar (protonlar pastki holatdan yuqori holatga o'ta boshlaydilar). Demak, yuqori chastotali kuchaytirgichga kelayotgan to'liqin energiyasi kamayadi, natijada signal pasayadi.

Ikkinchi hol kengligi cheksiz kichik bo'lgan rezonans chizig'iga tegishlidir, boshqacha aytganda rezonans chastotaning faqat bitta ν_0 qiymatida yuz beradi. Lekin amalda unday emas, yutilish chastotaning ν_0 ga teng bo'lmagan qiymatlarida ham bo'ladi, faqat kamroq, boshqacha aytganda, yutilish chizig'i ma'lum kenglikka ega.

H_0 va ν_0 larning har xil qiymatlarida yutilishni o'lchash uchun (yutilish chizig'ini yozish uchun) yoki magnit maydoni H_0 ni, yoki chastotasi ν_0 ni o'zgartirish kerak. Amalda magnit maydonini o'zgartirish qulayroq bo'ladi. Buning uchun magnit qutblariga qo'shimcha g'altak kiydiriladi va uning o'ramlaridan o'zgaruvchan tok o'tkaziladi. Bu g'altak odatda modulyatsion g'altak deb ataladi, chunki undan oqayotgan kichik chastotali tok o'zgaruvchan magnit maydonini hosil qiladi va bu maydon o'zgaruvchan maydon H_0 ni o'zgartiradi yoki modulyatsiya qiladi.

Bitta davr ichida H ikki marta H_0 ga tenglashadi (bir marta undan ortib keyin tenglashadi, keyin kamayib yana tenglashadi). Demak, bitta davr ichida paramagnit yutilishi ikki marta yuz beradi, boshqacha aytganda ostsillografga modulyatsiya chastotasidan ikki marta katta chastota bilan yutilish haqidagi signal boradi.

YaMR metodi birikmalarni identifikatsiya qilishda juda katta rol o'ynaydi. Kimyoviy siljishni va spin – spin o'zaro ta'siri konstantasi \mathfrak{J} ni o'lchash birikmaga kirgan protonlarning tipini aniqlashga, molekulalar ichida atomlar qanday joylashganini bilishga imkon beradi. Proton magnit rezonansi juda ko'p qo'llanadigan metodga aylandi. Oxirgi paytlarda esa uglerod izotopi ^{13}C ning YaMR spektroskopiyasi ham muhim ahamiyatga ega bo'lib qoldi. Bu metod ayniqsa biologiya nuqtai nazardan muhim bo'lgan molekulalarni tekshirishda qo'l kelyapti. Izotop ^{13}C tabiiy uglerodda juda kam uchraydigan bo'lganligi uchun va uning yadrosining magnit momenti kichik bo'lganligi uchun ko'pincha bu izotopning YaMR spektrini o'lchash juda qiyin. Lekin Fure-spektroskopiyaning rivojlanishi YaMR spektroskopiyasining imkonlarini yanada oshirdi.

YMR yadrolarning magnit xossalari asoslangan. \mathbf{I} yadro spiniga ega bo'lgan yadroli atom quyidagi munosabatdan topiladigan μ_n magnit momentiga ega bo'ladi:

$$\mu = -\mu_n g \mathbf{I} \quad (\text{I})$$

μ_n : yadro magnetoni

g : g-faktor

Yadro magnit momenti μ statik magnit maydon B_0 ga nisbatan faqat alohida yo'nalishlarda oriyentatsiyalangan bo'lishi mumkin. Har bir spin oriyentatsiyasi quyidagicha aniqlanadigan xususiy energetik sathga mos keladi:

$$E_k = -g \cdot \mu_n \cdot B_0 \cdot k \quad \text{bu yerda } k = -I, -I + 1, \dots, +I \quad (\text{II})$$

Namuna B_0 statik magnit maydonga joylashtirilganda yadroning spinlari energetik sathlar bo'yicha Boltsman tenglamasiga asosan taqsimlanadi:

$$\frac{N_k}{N_{k+1}} = \exp\left(\frac{E_{k+1} - E_k}{k_B T}\right)$$

k_B : Boltsman doimiysi N_k : k sathdagi spinlar soni

Namuna B_0 statik maydonga perpendikulyar bo'lgan v yuqori hastotali B_1 magnit maydonga joylashtirilganda, spinlar E_k qo'shni energetik sathlarga o'tish uchun uyg'otilishi mumkin. Shuning uchun chastota v energetik tirqishga aniq mos kelishi lozim. Bu hodisaga rezonans deyiladi ($\Delta k = 1$):

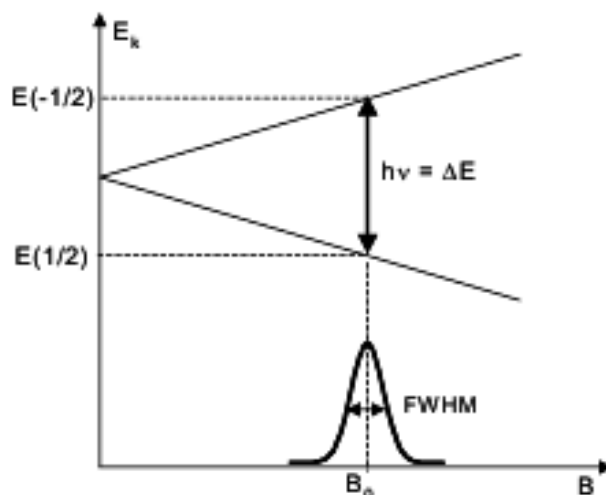
$$h \cdot v = E_{k+1} - E_k = -g \mu_n B_0 \quad (\text{IV})$$

Bu tajribada Vodorod yadrosi (proton) va fluorin yadrosining YMR signallari kuzatiladi. Har ikkala yadro $I=S$ spinga ega, va shuning uchun (II) tenglamaga muvofiq ular B_0 magnit maydonga nisbatan ikki mumkin bo'lgan oriyentatsiyaga ega bo'ladi (Rasm 1). Bu ikki energetik sathlar o'rtasidagi spin o'tishlarni kuzatish uchun, namuna bir jinsli magnit maydin B_0 da joylashgan rf g'altak ichiga joylashtiriladi. Qo'shimcha ravishda B_0 statik magnit maydin ikki modulyatsiyalovchi g'altaklar yordamida doimiy v chastotada modulyatsiyalanadi.

Shunday qilib bu qurilmada rezonans signal magnit maydonidan bog'liq holda kuzatiladi. Har safar rezonans sharti (tenglama IV) bajarilganda, spin o'tishlar tufayli rf g'altakdan energiya yutiladi. YMR signali namunadagi

spinlar soni N ga proporsional bo'ladi. Misol uchun, vodorod yadrosi uchun magnit maydonida rezonans chastota 42.5 MGz lar atrofida qiymatga ega. Aniq qiymat vodorod atomining kimyoviy atrof - muhitidan bog'liq, ya'ni tashqi magnit maydoni B_0 ning qiymatiga qo'shimcha ravishda yaqin atrofdagi lektronlarning va yadrolarning ichki lokal maydoni ham vodorod yadrosiga ta'sir qiladi. Bu hodisaga kimyoviy siljish deyiladi va YMR ni kimyo va biologiya uchun muhim spektroskopik metodga aylantiradi. YMR rezonans chizig'ining kengligi atrofini o'rab turgan elementlarning tabiatidan va temperatura ta'siridan bog'liq bo'ladi. Chiziq kengligini bu faktorlar funksiyasi sifatida tahlil qilish turli namuna komponentlarining kimyoviy va fizikaviy xarakteristikalarini to'g'risida to'la ma'lumot beradi. Yarim maksimumning to'la kengligi (Rasm 1) ba'zi hollarda ralaksatsiya vaqti T_2 uchun o'lchov hisoblanadi:

$$\Delta B \sim \Delta v \sim \frac{1}{T_2} \quad (\text{V})$$

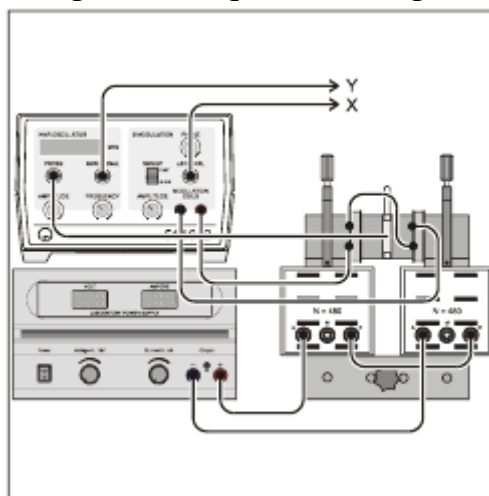


Rasm 1: B_0 magnit maydonda $I = 1/2$ li yadro energiyasining bo‘linishi. YMR spektrida kuzatilgan bir chiziqdan yarim maksimumdagi to‘la kenglik (YMTK) (FWHM) aniqlanishi mumkin

Qurilma tuzilishi

- Ikki g‘altakni U-simon o‘zakka o‘rnatish.
- Modulyatsiyalash g‘altaklarini qutbga kiritish va YMR namunasini U-simon o‘zakka tekis o‘rnatish
- Ikki g‘altakni ketma-ket holda DC manbaga Rasm 2. ga muvofiq holda ulang
- Modulyatsiyalash g‘altaklarini YMR manbaining “MODULATION”-chiqishiga ketma-ket ulang
- YMR - namunasini YMR manbaining “PROBE” –kirishiga ulang
- “NMR SIGNAL” chiqishini ostsilloskopning vertikal og‘dirish kanaliga va “ ΔB SIGNAL” chiqishini gorizonttal og‘dirish kanaliga ulang

Rasm 2: YMR tajribasining elektrik qurilmasining sxematik ko‘rinishi



Ishni bajarish tartibi:

- a) Suyuq va qattiq namunalarda proton bilan YMR

- 1) Ostsillokopni XY - rejimga oʻrnatish.
- 2) YMR manbaidan (amplitude tumblerini) modulyatsiya amplitudasini katta qiymatga oʻrnatish
- 3) Chastota qiymatini maksimal qiymatga oʻrnatish
- 4) HF amplitudasini to qizil LED yonguncha va chastota 19 MHz larni korsatguncha sekin orttirish
- 5) Chastota qiymatini taxminan 18.5 MHz gacha kamaytirish
- 6) Glitserin namuna trubkasining O simon halqasini (8 proton) to namuna oʻlchash kamerasining taxminan markazida joylashguncha siljiting
- 7) Namuna trubkasini ehtiyotlik bilan oʻlchash kamerasiga kiritish.
Izoh: agar namuna trubkasi burchak ostida katta kuch bilan kiritilsa rf gʻaltak zararlanadi
- 8) Ostsillokop ekranida YMR signali paydo boʻlgunicha 10 A li gʻaltak orqali oʻtayotgan tokni sekin orttirish
- 9) HF amplitudasini asta oʻzgartirib borib YMR signalini optimallashtirish.
- 10) YMR signalini ostsillokop ekranining markaziga magnit toki yoki chastotani oʻzgartirib siljiting va modulyatsion amplitudani toʻgʻrilang.
- 11) Signal fazasini to yuqori va pastki signal razvertkasi mos tushguncha siljiting *Izoh: Agar siz signallarni yozib olishni xohlasangiz qurilmani Sensor CASSY ga ulang.*
- 12) Tajribani suv namunasi, polistiren namunasi va politetrafluoretilen namunalari uchun takrorlang

b) Qattiq namunalarda Fluorin yadrosi bilan YMR

- 1) Tajribalarni qismlarda takrorlang: a) politetrafluoretilen namuna uchun (PTFE)
- 2) Dastlab ostsillokop ekranida qancha birlik gorizontol ogʻish chastota birligiga mos kelishini aniqlang (x-oʻqining boshqa oʻqqa nisbatan). Buning uchun YMR signalining maksimumini chastota knopkasi bilan shkala belgisiga siljiting (x-oʻqini belgilang) va chastotani belgilang. Keyin signalni navbatdagi shkala belgisiga siljiting va yana chastotani belgilang.
- 3) Rezonans chizigʻining yarim maksimumida chiziq kengligini ostsillokop ekrani birliklarida oʻlchang.

c) Kimyoda qoʻllanishi (YMR Spektroskopiyasi)

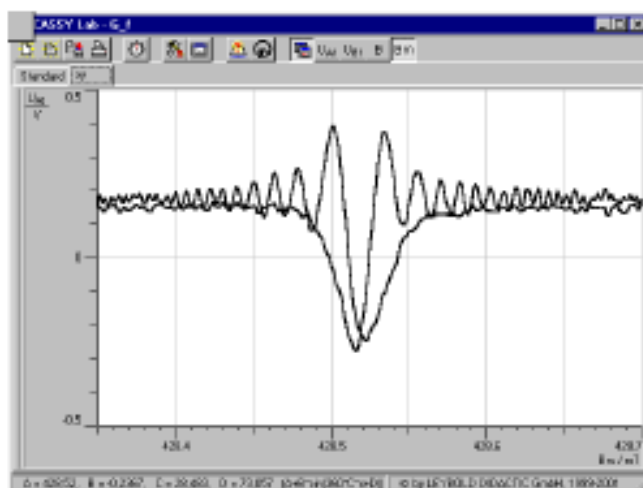
- 1) YMR kimyoda qoʻllanishiga kirish sifatida qoʻl kremining YMR signalini tadqiq etish mumkin. Qoʻl kremi tabiatan koʻp miqdorda glitseringa ega va qoʻl kremining tipidan bogʻliq holda suvga ham ega. Glitserin molekulasining vodorod yadrosining spinlarini glitserin namunasi bilan YMR qurilmasini birinchi optimallashtirish yordamida tajribaning a) qismiga muvofiq detektrlash mumkin, va keyin qoʻl kremining signali bilan taqqoslash mumkin.
- 2) Taxminan 50 mm uzunlikdagi salomka boʻlagini tayyorlang va uning taxminan 10mm dan 15 mm gacha balandlikda qoʻl kremi bilan toʻldiring.

- 3) Salomkani yaxshilab tozalang, xususan, salomkaning pastki qismida qo'l kremi yo'qligiga ishonch hosil qiling, bu o'lchash kamerasing ifloslanmasligi uchun zarur.
- 4) Salomka ustida O-halqani shunday siljitingki, namuna taxminan o'lchash kamerasing o'rtasida joylashsin.
- 5) Keyin YMR qurilmasini glitserin namunasi uchun tajribaning a) qismiga muvofiq optimallashtiring.
- 6) Glitserin namunasini o'lchash kamerasidan ehtiyotlik bilan chiqarib oling, va qo'l kremi namunasi solingan salomkani ehtiyotlik bilan kiriting.
- 7) Agar lozim bo'lsa chastotani sozlang va signalni kuzating. Namunaning miqdoridan bog'liq holda ham chastotani sozlash lozim bo'lishi mumkin.

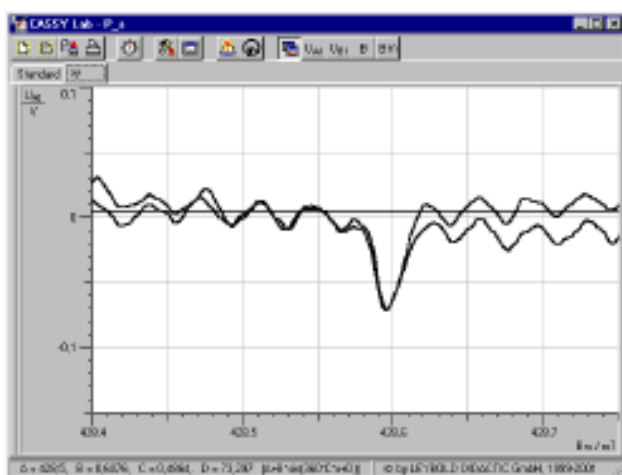
d) Biologiyada qo'llanish (Spektroskopiya)

- 1) YMR biologiyada qo'llanishiga kirish sifatida olma yoki o'simlikning YMR signalini tadqiq etish mumkin. Olmalar, yashil qalampir kabi mevalar tabiatan ko'p suvga ega bo'ladi. Misol uchun, xuddi shunday, gullar ham ko'p suvga ega bo'ladilar. Suv molekulasining vodorod yadrosining spinlarini suv namunasi bilan YMR qurilmasini birinchi optimallashtirish yordamida tajribaning a) qismiga muvofiq detektlash mumkin, va keyin olma yoki o'simlik signali bilan taqqoslash mumkin.
- 2) Taxminan 50 mm uzunlikdagi salomka bo'lagini tayyorlang va uning taxminan 10mm dan 15 mm gacha balandlikda olma mevasi bilan to'ldiring.
- Salomkani yaxshilab tozalang, xususan, salomkaning pastki qismida olma bo'laki yo'qligiga ishonch hosil qiling, bu o'lchash kamerasing ifloslanmasligi uchun zarur.
- 3) Salomka ustida O-halqani shunday siljitingki, namuna taxminan o'lchash kamerasing o'rtasida joylashsin.
- 4) Keyin YMR qurilmasini suv namunasi uchun tajribaning a) qismiga muvofiq optimallashtiring.
- 5) Suv namunasini o'lchash kamerasidan ehtiyotlik bilan chiqarib oling, va olma namunasi solingan salomkani ehtiyotlik bilan kiriting.
- 6) Agar lozim bo'lsa chastotani sozlang va signalni kuzating. Namunaning miqdoridan bog'liq holda ham chastotani sozlash lozim bo'lishi mumkin.
- 7) Xuddi shunday, protonlarning YMR signali osimliklar poyasida ham kuzatilishi mumkin. O'simlik poyasi o'rtacha diametrga ega bo'lishi lozimligiga ahamiyat bering.

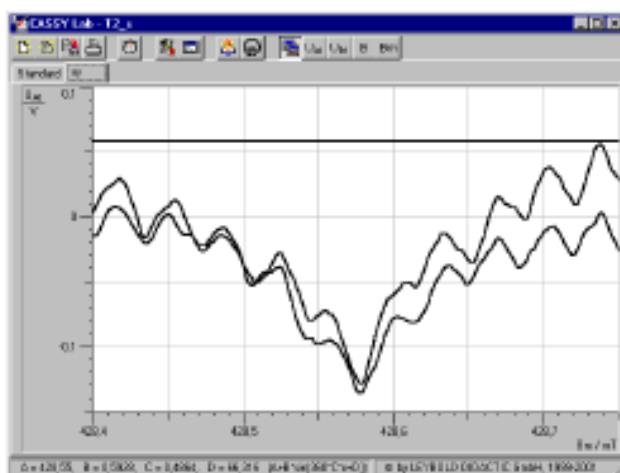
a) Protonli suyuq va qattiq namunalarda YMR



Rasm 4: Giltserin, $\nu = 18.25$ MHz, $I = 3.6$ A, XY-display.



Rasm 5: Polistiren, $\nu = 18.25$ MHz, $I = 3.6$ A, XY-display.



Rasm 6: Politetrafluoretilen, $\nu = 17.17$ MHz, $I = 3.6$ A, XY-display.

b) Qattiq va suyuq namunalarda fluorin bilan YMR chastota birliklarida ostsiloskop birligini Δ :

$\Delta = \nu_1 - \nu_2 = 18.2921 \text{ MGz} - 18.2763 \text{ MGz} = 7.9 \text{ kGz}$ bo'lib FWHM uchun chastota birliklarida $\Delta\nu = 6 \text{ kGz}$ ni beradi

c) Kimyoda qo‘llanishi (YMR Spektroskopiyasi)

Signalning formasi va holati taxminan glitserin namunasidagidek bo‘lib Rasm 4. da ko‘rsatilgan. Intensivlik tadqiq qilingan namunalardagi vodorod yadrolarining miqdoridan bog‘liq bo‘ladi.

d) Biologiyada qo‘llanishi (Spektroskopiya)

Signalning formasi va holati taxminan suv namunasidagidek bo‘ladi. Intensivlik tadqiq qilingan namunalardagi vodorod yadrolarining miqdoridan bog‘liq bo‘ladi. Baholash va natijalar

a) Suyuq va qattiq namunalarda protonlar bilan YMR

Agar namunada vodorod yadrolari mavjud bo‘lsa YMR signalini kuzatish mumkin. Namuna suyuq yoki qattiq (kukun) namuna bo‘lishi mumkin. Ammo, namunaning strukturasi tufayli vodorod yadrosining YMR signali uchun kuzatilgan chiziq kengligida sezilarli farq bo‘lishi mumkin, ya'ni glitserin namunasi (suyuq) polistiren namunasi (qattiq) bilan taqqoslaganda kichikroq chiziq kengligiga ega.

b) Qattiq namunalar fluorin yadrosida YMR

Fluorin rezonans chizig‘ining yarim maksimumida chiziq kengligi quyidagicha aniqlanishi mumkin: $\Delta\nu \approx 6$ KHz.

Chiziq kengligi asosan tartibi 3 kGz (80 μ T) bo‘lgan bir jinsli B0 magnit maydonida aniqlangan.

c) Kimyoda qo‘llanishi (YMR Spektroskopiyasi)

Glitserin va qo‘l kremi uchun YMR signali taxminan bir xil rezonans chastotasida kuzatilishi fakti va magnit maydoni YMR kimyoviy elementlarni tekshirishda foydalanilishi mumkinligini isbotlaydi. Rivojlangan YMR spektroskopiyasi bundan molekularning kimyoviy guruhlarining tipi va sonini aniqlashda foydalanadi.

d) Biologiyada qo‘llanish (Spektroskopiya)

Olma namunasining musaffoligidan (ko‘p vodorod yadrolari) bog‘liq holda intensiv signal kuzatilishi mumkin. Bu esa YMR biologik namunalar uchun ham qo‘llanishi mumkinligini ko‘rsatadi. Bu fakt zamonaviy YMR texnikasining biologik organizm tasvirlarini olishga imkon beradi va shuning uchun rentgen nurlar va ultratovushga qo‘shimcha muhim diagnostik metod bo‘lishiga imkon yaratadi.

SINOV SAVOLLARI:

1. YaMR hodisasini tushuntirib bering.
2. fazoviy kvantlash deb nimaga aytiladi?
3. “juftlashgan” elektronlar deb nimaga aytiladi?
4. “spin” deb nimaga aytiladi?
5. Qurilmaning ishlash prinsipini tushuntiring.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Р.Бекжонов. Элементар ядро физикаси. «Ўқитувчи». Т. 1982
2. Р.Бекжонов. Ядро физикаси. «Ўқитувчи». Т. 1975
3. Р.Бекжонов, Б.Аҳмадхўжаев, Атом физикаси, «Ўқитувчи». Т. 1979
4. Е.В.Шполский. Атом физикаси. 1 том. «Ўқитувчи». Т. 1970
- 5.Физикадан практикум. «Наука» М. 1978, проф. Иверонова тахрири остида.