

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
XALQ TA'LIMI VAZIRLIGI**

**ABDULLA QODIRIY NOMIDAGI  
JIZZAX DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI**

**R.N.BEKMIRZAYEV,  
Q. OLIMOV,  
B.S. SULTONOV**

# **KVANT FIZIKASIDAN AMALIY MASHG'ULOTLAR**

*(amaliy qo'llanma)*

**JIZZAX-2005**

R.N.Bekmirzayev, B.S.Sultonov, K.Olimov.  
Kvant fizikasidan amaliy qo'llanma  
Jizzax: JDPI nashri 2005 yil, 48 bet.

Ushbu o'quv qo'llanmaga xozirgi zamon yadro va elementar zarralar fizikasi yutuqlariini uzida aks ettiruvchi amaliy mashgulotlar kiritilgan.

O'quv qo'llanma oliy o'quv yurtlari fizika yo'nalishi bo'yicha ta'lim oluvchi talabalar, magistrantlar hamda ilmiy izlanuvchilar uchun mo'ljallangan.

Taqrizchilar:

prof. Yo'ldoshev U.Y.  
dots. Doniyorov Sh.

©  $\frac{011-B15-500}{1,6-2005-48}$  **SANGZOR**

A.Qodiriy nomidagi Jizzax Davlat Pedagogika instituti “Pedagog” kichik bosmahonasi.

## MUNDARIJA

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Soʻz boshi .....                                                                                                               | 4  |
| 1 - laboratoriya ishi. «Nurlanish spektrini oʻrganish.» .....                                                                  | 5  |
| 2 - laboratoriya ishi. «Radiaktiv modda aktivligini aniqlash».....                                                             | 11 |
| 3 - laboratoriya ishi. «Stronsiy-90 izotopidan chiqadigan<br>$\beta$ -zarralarning energiyasini aniqlash».....                 | 16 |
| 4 - laboratoriya ishi. «Schetchikning $\gamma$ - nurlarni qayd qilish<br>effektivligini aniqlash».....                         | 21 |
| 5 - laboratoriya ishi. «Gamma –kvantlarning va rentgen nurlarining<br>moddada yutilish koeffitsientlarini aniqlash» .....      | 25 |
| 6 - laboratoriya ishi. «Chaqnash usulida qayd etuvchi detektor yordamida<br>radioizotopning yemirilish davrini aniqlash» ..... | 29 |
| 7 - laboratoriya ishi. «Elementar zarralar xususiyatlarini EHMlar<br>yordamida oʻrganish» .....                                | 35 |
| Ilova. ....                                                                                                                    | 42 |
| Adabiyotlar .....                                                                                                              | 47 |

## SOʻZ BOSHI

Talabalarining nazariy bilimini amaliyotda sinab ko'rish va uni tashkil qilish oliygoh qarorlari bajarilishining bosh mezoni hisoblanadi.

Respublikamiz oliy ta'limi tizimida magistratura ta'limining paydo bo'lishi oliy ma'lumotli yetuk mutaxassislar tayyorlab yetishtirishning keng imkoniyatini ochib beradi. Agar hozirgi kunda bakalavriat tizimida tahsil ko'rayotgan talabalarga fizika yo'nalishi bo'yicha o'zbek tilida adabiyotlar juda ham kam ekanligi hisobga olinsa, magistratura talabalariga mo'ljallangan maxsus darsliklarning mutlaqo yo'qligiga hech ham shubha tug'ilmaydi. «Magistratura to'g'risidagi Nizom»ga ko'ra magistratura darslari uchun ajratilgan umumiy soatlarning deyarli 80 foizini mustaqil ta'lim egallaydi. Shu sababli, magistratura talabasiga mo'ljallangan maxsus fanlardan har qanday uslubiy ko'rsatmalar, darslik va qo'llanmalarini yaratish hozirgi kunning dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan Oliy ta'lim vazirligining 1999-2004 yillar ichida chop etilishi lozim bo'lgan darsliklarning istiqbolli rejasi har qanday maqtovgaga sazovordir.

Ushbu amaliy qo'llanma fizikaning «Kvant fizikasi» bo'limiga bag'ishlangan bo'lib, nurlanish qonunlari, atom, yadro va elementar zarralar fizikasi qismlariga bag'ishlangan amaliy ishlarni o'z ichiga olgan. Qo'llanma bakalavriat va magistratura yo'nalishidagi talabalarga mo'ljallangan bo'lib, sakkizta laboratoriya ishini o'z ichiga olgan. Ushbu qo'llanma talabalar uchun kvant fizikasidan amaliy mashg'ulotlarni konkret ishlarda o'rganish imkoniyatini yaratadi deb umid qilamiz.

**Mualliflar**

## **1-laboratoriya ishi**

### **NURLANISH SPEKTRINI O'RGANISH**

### **Ishning maqsadi:**

1. Turli moddalarning nurlanish spektrini o'rganish.
2. Spektroskop va spektrograf tuzilishini o'rganish.
3. Nurlanish spektrlarining turlarini o'rganish.

### **Atomning chiziqli spektrlaridagi qonuniyatlar**

Agar biror hajmdagi gaz va metal bug'larining yakka lashtirilgan atomlariga termik yoki elektr o'yg'otish vositalari bilan ta'sir etsak, ular guruh-guruhli bo'lgan chiziqli spektrlar chiqaradi yoki yo'tadi. Chiziqli spektr guruhlari chiziqli seriyalar deb ataladi. Spektr chiziqlarini va ular tashkil etgan seriyalarning eng oddiy atom – vodorod atomi spektrida ko'rishimiz mumkin. Bu metodning mohiyati quyidagicha (1-rasm).

Past bosimli T shisha trubkadagi bir atomli vodorod gazlarini kuchlanish ta'siridagi elektr razryadli spektrlar manbai hisoblanadi. Ushbu spektrlar prizmani spektrograf yordamida analiz qilinsa, ekran vazifasini bajarayotgan fotoplastinada chiziqli spektrlar hosil bo'ladiki, u bir atomli vodorod atomining spektri bo'lib, u qisqa to'lqinlar sari ma'lum qonuniyat buyicha zichlashgan. Bu qonuniyatning miqdoriy ko'rinishdagi ifodasini shvetsariyalik fizik olim Balmer (1885 yilda) aniqlagan. U birinchi bo'lib, chiziqlarning to'lqin uzunliklari o'rtasidagi bog'lanish

$$\lambda = B \frac{n^2}{n^2 - m^2} A^0 \quad (1)$$

formula bilan aniq ifodalanishini ko'rsatdi. Bu yerda  $V$  – o'zgarmas son,  $m, n$  – butun o'zgaruvchi sonlar,  $m=2$  bo'lganda,  $n=3,4,5$ . Bu seriyaga keyinchalik Balmer seriyasi deb nom berilgan.

1888 yilda K. Runge (1) formuladagi to'lqin uzunlik o'rniga chastotani kiritdi. 1890 yilda esa Ridberg vodorodning (1) seriya formulasiga hozirgi zamonda umum qabul qilingan universal ko'rinish berdi:

$$\nu = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (2)$$

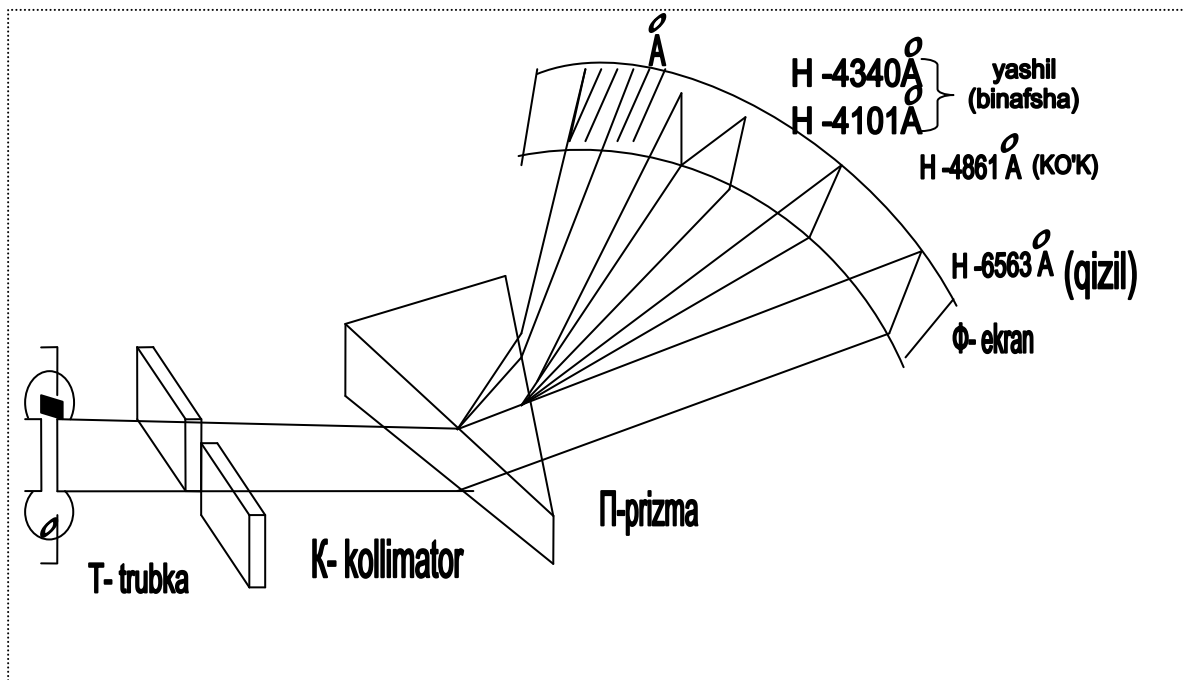
R-Ridberg doimiysi deb ataladi va quyidagi qiymatga teng:

$$R = 109677,58 \text{ sm}^{-1} = 1,097 \cdot 10^{-3} \text{ \AA}^{-1}$$

1-jadval

Vodorod atomi spektrining seriyalari

| Seriyalar | Spektr oblasti   | Seriya formulasi                                                         | Seriya chegarasi     |
|-----------|------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Layman    | Ultrabinafsha    | $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2})_{n=2,3,4,\dots}$   | $911,27 \text{ \AA}$ |
| Balmer    | Ko'rinuvchi soha | $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2})_{n=3,4,5,\dots}$   | $3645,6 \text{ \AA}$ |
| Pashen    | Infraqizil       | $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2})_{n=4,5,6,\dots}$   | $8201,4 \text{ \AA}$ |
| Breket    | Infraqizil       | $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2})_{n=5,6,7,\dots}$   | $14580 \text{ \AA}$  |
| Pfund     | Infraqizil       | $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2})_{n=6,7,8,9,\dots}$ | $22782 \text{ \AA}$  |



**1-rasm . Vodorod atomini nurlanish spektrini o'rganuvchi elektrograf sxemasi.**

Spektrlarni o'rganish natijasida vodorod atomi spektrida Balmer seriyasidan tashqarida yana bir qancha seriyalar mavjudligi aniqlanadi (1-rasm).

Xuddi shuningdek, Mendeleyev davriy sistemasidagi barcha ximiyaviy elementlarni ham nurlanish spektrlari o'rganilib, atlaslar tuzilgan, bu atlaslar yordamida modda tarkibida mavjud bo'lgan ximiyaviy elementlarni sifatini analiz qilish mumkin.

## Vodorod atomi uchun Bor nazariyasi

Rezerford o'z modelini olg'a surganda uning shogirdi N. Bor hech qanday shubhasiz, uning yadrosi juda ham og'ir zarralardan va yadro atrofida harakatlanuvchi elektronlardan tashkil topgan degan fikrga ega edi. Shu sababli u o'z modelini asoslash uchun bir necha pastulotlarni ilgari surdi.

Borning modeli hozirgi kunda Geyzenberg, Shredenger, Dirak va boshqalarning kvanto mexanik modellari bilan almashtirilgan bo'lsa-da, hozirgi kunda ham atomlarning barqaror (statsionar) holatlarini tushuntirishda eng yaxshi model sifatida qo'llaniladi. Uning modelini keyinchalik Zommerfeld, Vilson va boshqalar o'rganib ba'zi qo'shimchalar kiritdilar.

Spektroskopiya sohasidagi yangi kashfiyotlar yangi fizik nazariyaning yaratilishini talab qilar edi. Nihoyat, 1924-1926 yillarda atomning kvanto-mexanik modeli yaratildi.

Planetar modelining kamchiliklarini tuzatish uchun Bor vodorodga o'xshash atomning modelini kashf etdi, u quyidagi pastulotlardan iborat:

1. Elektron atomda faqat ma'lum radiusga ega bo'lgan orbitada harakat qilishi mumkin. Statsionar yoki turg'un deb ataluvchi bu orbitalarda elektronning impuls momenti  $h/(2\pi)$  ga karrali bo'ladi:

$$mvr = nh/(2\pi) = n\hbar \quad (n=1,2,3,\dots) \quad (3)$$

bunda  $h$ - Plank doimiysi:  $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ,  $m$ - elektronning massasi,  $r$ -ruhsat etilgan orbita radiusi.

2. Elektronlar statsionar orbitalar bo'ylab harakat qilganda energiya chiqarmaydi ham, yutmaydi ham.

3. Ruhsat etilgan orbitada elektron harakatlanayotgan bo'lsa, atom nurlanmaydi.

4. Elektron  $w_i$  energiyaga ega bo'lgan orbitadan  $w_f$  energiyali orbitaga o'tganda o'zidan  $\nu$  chastotali foton chiqaradi:

$$\nu = \frac{w_f - w_i}{h} \quad (4)$$

Misol. Agar elektron  $n=5$  orbitadan  $n=4$  orbitaga o'tsa, nurlanadigan foton chastotasi 2-rasmda ko'rsatilgan (AV o'tishda)  $h\nu = w_5 - w_4$  ga teng. Bu yorug'lik nurlanishning diskretligini tushuntira oladi. Agar  $h\nu = w_5 - w_4$  energiyali foton atomiga tushsa, u atom tomonidan yutilishi mumkin. Shunda elektron  $n=4$  orbitadan  $n=5$  ga o'tadi. Bu yutilish spektrini ifodalaydi (2-rasmda SD o'tish).

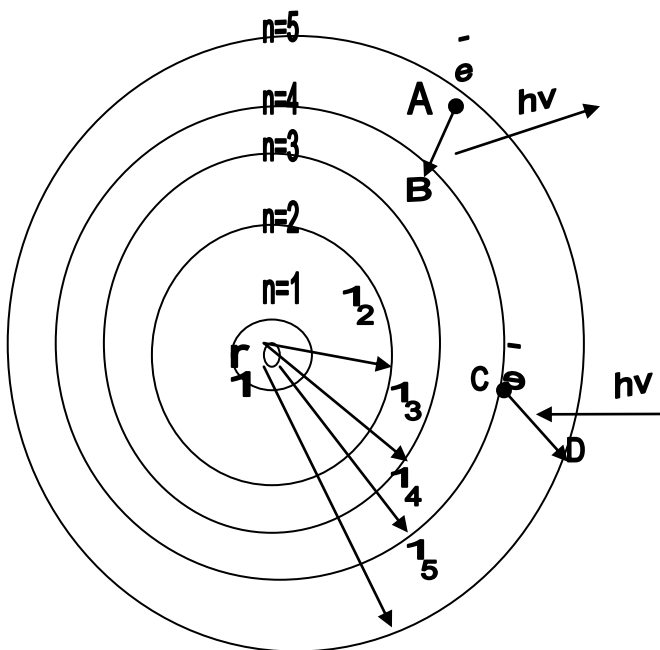
Energetik holatlarini va boshqa qator fizik tushunchalarni Bor modeli mexanik model sifatida tushuntiradi.

Borning ikkinchi postulotida elektronning chiziqli tezligini topish mumkin:

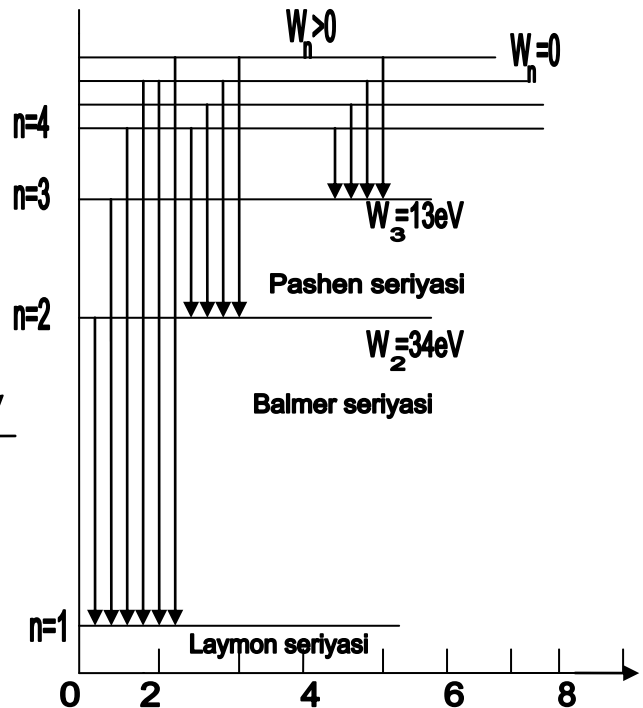
$$\nu = \frac{n\hbar}{mr} \quad (5)$$

Elektronning kinetik energiyasini aniqlash formulasi esa:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r} \quad (6)$$



**2-rasm**  
**Atomning nur chiqarishi**  
**va yutilishini**  
**tushuntiruvchi sxema.**



**3-rasm**  
**Vodorod atomi energetik**  
**sathlarining diagrammasi**

(5) formuladan  $v$  qiymatni (6) formulaga qo'ysak, elektronning kinetik energiyasi quyidagicha bo'ladi:  $\frac{1}{2}m\left(\frac{n\hbar}{mr}\right)^2 = \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r} \quad (6^1)$

(6) formuladan «nurlanmaydigan» orbitalar radiusini aniqlash mumkin:

$$r = r_n = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2 n^2}{me^2} \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (7)$$

Asosiy holat  $n=1$  bo'lgan holat uchun, yani Bor radiusi uchun olingan radius natijasiga to'g'ri keladi. (7) formuladan

$$r_n = n^2 r_1 \quad (7^1)$$

(7<sup>1</sup>) formula kelib chiqadi. (7<sup>1</sup>) formuladan har bir statsionar holat uchun elektronlar harakatlanayotgan orbitalar radiusi ham kvantlangan va  $r, 4r, 9r, \dots$  qiymatlarni qabul qiladi.

Agar (7) formuladan Bor radiusi qiymatini vodorod atomining umumiy energiyasini aniqlash formulasi

$$W = -\frac{1}{8\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r} \quad (8)$$

ga qo'ysak, vodorod atomi energetik sathlarining kvantlanganini aniqlovchi formulaga erishamiz:

$$W = \frac{me^4}{32\pi^2\epsilon_0^2\hbar^2n^2} \quad (8^1)$$

Bu yerda  $m=9.1*10^{-31}$  kg – elektronning massasi,  $e=1.6*10^{-19}$  Kl – elektronning zaryadi, ( $\epsilon_0=8.85*10^{-12}$ F/m – dielektrik singdiruvchanlik, (8) formuladagi  $m, e, \epsilon_0, \hbar$  o'rniga ularning qiymatlarini qo'ysak, vodorod atomi energetik sathlarining kvantlangan qiymatini aniqlaymiz:

$$N=1 \text{ bo'lganda } W_1 = -13,6 \text{ eV}$$

Bor postulatiga asosan  $n_i$  holatda  $W_i$  energiyaga ega bo'ladi, natijada atom  $\Delta w = h\nu$  foton chiqarar edi (2-rasmga qarang).

Bu foton chastotasi Bor formulasida quyidagicha bo'ladi:

$$\nu = \frac{w_f - w_i}{h} = \frac{w_f - w_i}{2\pi\hbar} \quad (9)$$

(8) formuladagi energiyaning qiymatini aniqlashdan foydalanib, (9) ni quyidagi ko'rinishda yozamiz.

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{me^4}{64\pi^3\epsilon_0^2\hbar^3} \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \quad (10)$$

(10) dan foton to'liq uzunligini aniqlovchi formulani keltirib chiqaramiz.

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{me^4}{64\pi^3\epsilon_0^2\hbar^3c} \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \quad (11)$$

Bu formula spektral seriyalarni ifodalovchi formulaga o'xshash ekanligi ko'rinib turibdi. Shu sababli qavs oldidagi o'zgarmas sonlarni R-Ridberg doimiysiga teng desa bo'ladi:

$$R = \frac{me^4}{64\pi^3\epsilon_0^2\hbar^3c}$$

Shu sababli (11) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \quad (12)$$

Statsionar holatlaridan biridan ikkinchisiga o'tishda fotonning energiyasini ifodalovchi formula quyidagicha ko'rinishga ega bo'ladi.:

$$W_i - W_f = 13,6 \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \text{ eV} \quad (13)$$

3-rasmda vodorod atomining nurlanishdagi o'tishlar va bu sathlarga mos keluvchi energetik qiymatlar ham keltirilgan. (13) formula Bor modeli bo'yicha spektr seriyalari o'tishida ajralib chiqadigan fotonlarning energiyasini e'tirof

etish bilan birga Layman, Balmer, Pashen tomonidan aniqlangan natijalarga mos keladi.

### **Kerakli uskunalar**

1. Monoxramator va gaz razryadli trubka.
2. Har xil gazlar solingan trubkalar.
3. Millimetrli qog'oz.

### **Monoxromatorning tuzilishi va ishlashi**

Ushbu mashqda foydalaniladigan prizmalı monoxramatorning printsiptial sxemasi 4- rasmda tasvirlangan. K kollimator trubasining bir uchida s tirqish, ikkinchi uchida esa  $L_1$  axromatik kollimator ob'ektivi bor tirqish o'rnatilgan. M ko'rish trubasi esa  $L_2$  linza va O okulyardan iborat. Aylanadigan stolchaga o'zgarmas og'dirish burchakli prizma deb ataluvchi maxsus dispersiyali P prizma o'rnatilgan.

Monoxramatorning kirish tirqishiga ST spektral trubkadan tushayotgan oq yorug'lik dastasini prizma spektrlarga ajratadi. Monoxramatorning chiqish tirqishidan spektral trubkadan tarqalayotgan dastlabki ko'zga ko'rinuvchi spektrining faqat biror tor intervallarigina chiqadi. Asbob o'rtasidagi stolchaga o'rnatilgan monoxramator prizmasini aylantirib uning chiqish tirqishiga spektrning turli uchastkalarini yo'naltirish mumkin.

Yorug'likni spektrlarga ajratuvchi prizmalı stolchani aylantiradigan B baraban graduslarga darajalangan. Barabandagi gradusli bo'limlarni to'lqin uzunligi qiymatlariga atomlarning nurlanishida aylantirib o'qish uchun uni nurlanishda aniq qiymatlarga ega bo'lgan to'lqin uzunliklarga taqqoslab kolibrlash kerak. Neon atomining nurlanish spektrining ko'zga ko'rinuvchi sohasidagi to'lqin uzunligining qiymatlari jadvaldan olinadi. To'lqin uzunligining ushbu qiymatlarga mos keluvchi baraban ko'rsatkichlari yozib olinadi va abtsissalar o'qiga to'lqin uzunligi, ordinatalar o'qiga esa, ularga mos baraban ko'rsatkichlarning kattaliklarini qo'yib, kolibrlangan grafik chiziladi. Ushbu grafik asosida istalgan atomning ko'zga ko'rinuvchi sohasidagi nurlanish spektrining to'lqin uzunliklarining qiymatini aniqlash mumkin bo'ladi.

### **O'lchashlar**

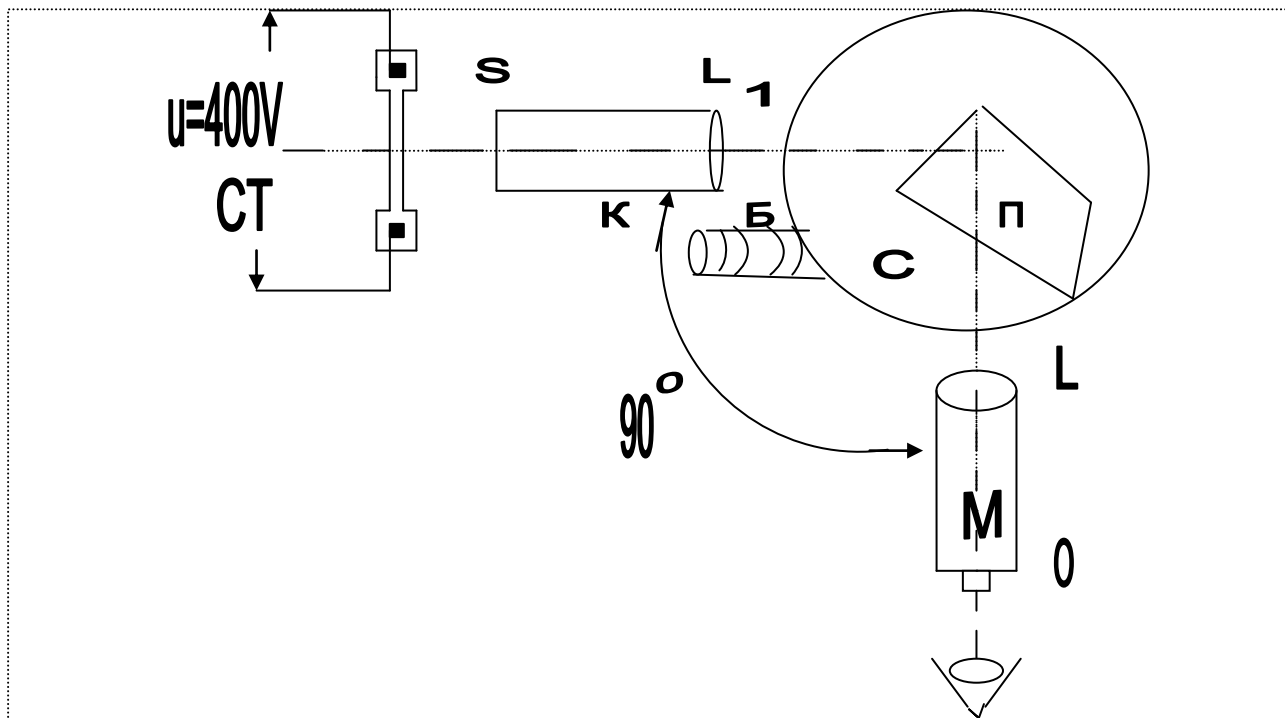
1. Ushbu mashq tavsifini to'liq o'rganib chiqqach, kafedraning katta sinovchisi yordamida spektroskop yuqorida aytilgandek qilib o'rnatiladi.

2. Neon gazli spektral trubkasini elektr manbaiga ulanadi va uni monoxromator kollimatorining tirqishiga yaqin qo'yiladi.

3. Okulyar trubadan qarab jadvaldagi spektral chiziqlarning vaziyati birma-bir belgilanadi va barabandagi ko'rsatkich yozib olinadi.

4. Abtsissa o'qiga jadvaldagi to'lqin uzunligi, ordinata o'qiga baraban ko'rsatkichlarining kattaligini qo'yib kolibrlangan grafik chiziladi.

5. Noma'lum atomlarning Balmer seriyasiga oid bo'lgan spektrining birorta chizig'iga to'g'ri keluvchi to'lqin uzunlik qiymatini 5 marta aniqlab tajribada olingan to'lqin uzunlik qiymatini absolyut va nisbiy xatosi aniqlanadi.



**4-rasm. Monoxromatorning printsipl sxemasi.**  
*P-prizma, K-kollimator, O-okulyar, B-baraban, ST-spektral trubka.*

## 2-laboratoriya ishi

### Mavzu: RADIATIV MODDA AKTIVLIGINI ANIQLASH

#### Ishning maqsadi:

1. Radiativ modda. Kimyoviy element. Radiativ 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 radiativ kimyoviy elementning aktivligini aniqlash.

Radiativ kimyoviy elementning yig'indisidan tashkil topgan birikmaga radiativ modda deyiladi. Bu birikmaning agregat holatidan, ya'ni gaz, suyuq kristall, plazma bo'lishidan qat'iy nazar bu modda o'zining radiativlik xossasini saqlaydi va radiativlik qonuniga muvofiq yemiriladi. Har qanday agregat holatdagi radiativ 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.

$\gamma$  –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  $E_\beta$  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 ( $m_n = 1840 m_e$   $m_p = 1836 m_e$ ) 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  $\lambda$  -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,  $\lambda$  -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  $\alpha, \beta, n, p$  -zarrachalari va  $\gamma$  -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 ( $N_\phi$ ) 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 impulslar 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 impulslar soni,  $K_e$ -hisoblash asbobining ajrata olish qobiliyatiga kritiladigan tuzatma,  $N_\phi$ -hisoblash asbobining fan hisobiga hosil bo'lgan impulslar 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.

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

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

### Kerakli asboblari:

1. Asosiy moslama stsintilyatsion detektor bo'lib, u NaI kristali, fotokatod, FEK fotoelektron kuchaytirgich, KT-katod takrorlagichdan iborat.
2. «Bu-2» markali signallarni kuchaytirgich
3. «BD-2» markali diskrementator.
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. Radiativ 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 tanishgach 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 radiativ moddani detektor ustiga qo'ying.

4. «BD-2» diskriminator qulog'ini 0-100v oralig'ida o'zgartirib bir xil vaqtga mos keluvchi impulsar sonining eng ko'pini «PP9-2m» jamg'aruvchining 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. Radiativ moddani detektor ustidan olib qo'yib «Shovqinini» ya'ni 100 sekundga to'g'ri keluvchi impulsning sonini 5 marta o'lchab, o'rtachasi topiladi.

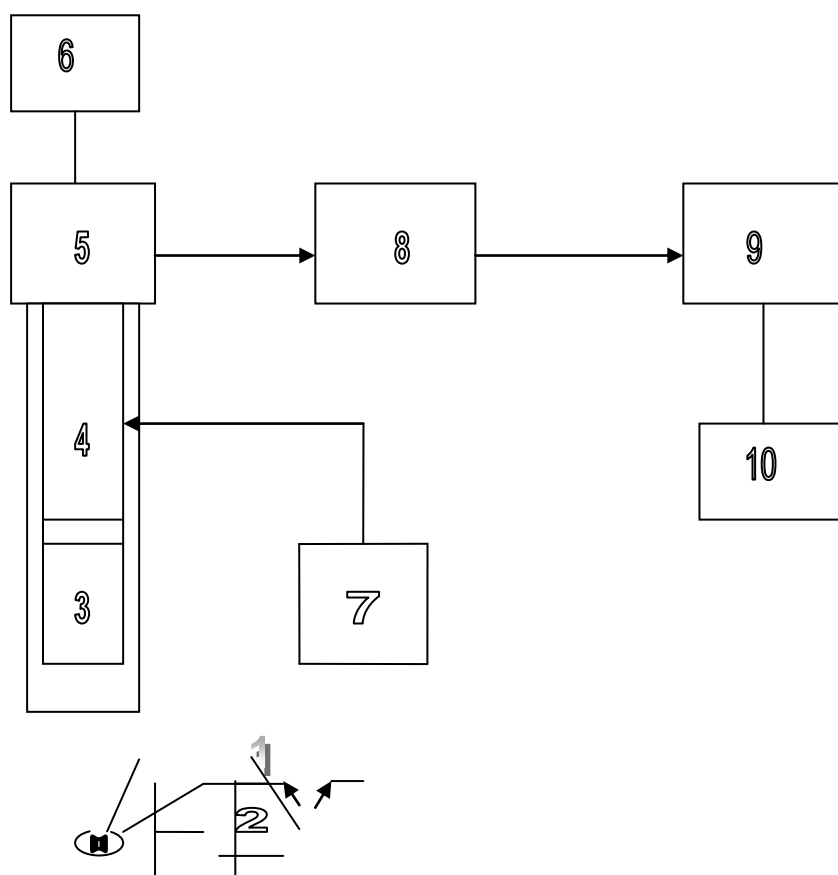
6. Aktivligi o'lchanishi kerak bo'lgan moddani detektor ustiga qo'yib, uning aktivligi A topiladi:  $A(\mu\text{m}/c) = N - N_{\phi}$

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 radiativ modda aktivliklari A va  $A_0$  ning «PP9-2m» jamg'aruvchi ko'rsatkichidagi  $N_{\phi}$  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. Radiaktiv 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: STRONTSIY-90 IZOTOPIDAN CHIQADIGAN $\beta$ -ZARRALAR ENERGIYASINI ANIQLASH**

##### **Ishning maqsadi**

1. Beta-zarralar moddadan o'tganda uni ionlashtirish jarayonini o'rganish.
2. Beta-zarralar energiyasining ularning biror modda qalinligidagi chopish yo'li hisobiga qarab aniqlashni o'rganish.
3. Beta-zarralarning qayd qiluvchi uskunalari bilan tanishish.

4. Beta-yemirilish sodir bo'lganda ximiyaviy elementlarning biridan ikkinchisiga o'zgarishini aniqlash.

Bizga ma'lumki, radiaktiv elementlar  $\alpha, \beta, \gamma$ -nurlar chiqarib yemiriladi. Bu jarayon atom yadrosi bir energetik sathdan boshqasiga o'tganda sodir bo'ladi. Berilgan atom yadrosi uchun  $\gamma$ -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.

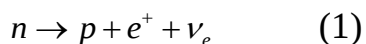
Radioizotoplar  $\beta$ -zarralar nurlaydigan holda ularning nurlanish spektri diskret bo'lmaydi, aksincha tutash spektrlardan iborat bo'ladi, yani noldan maksimal qiymatgacha ega bo'lgan turli energiyali elektronlar chiqadi.

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

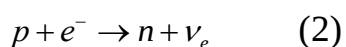
Bu jarayonni Pauli quyidagicha tushuntirdi. U shunday tasavvo'rni ilgari surdi: yadrodan chiqadigan elektron o'zi bilan bir vaqtda energiyaning bir qismini olib ketadigan boshqa zarra ham uchib chiqadi. Elektron va bu zarralar energiyalarining yig'indisi elektronlarning maksimal energiyasiga teng, yani  $\alpha$ -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.  $\beta$ -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 simvollar;  $e^{-}$  – elektron,  $\nu_e$  – antineytron,  $\nu_e$  – dagi e indeks elektron antineytrinosini bildiradi. Q – tutishda aylanish boshqacha sxema buyicha sodir bo'ladi, chunonchi protonning neytronga aylanishi quyidagicha;



bunda  $\nu_e$ -neytrino.

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

$$p \rightarrow n + e^+ + \nu_e \quad (3)$$

raqobatlashadi.

Q – tutish reaksiyalarini 1988 yilda L.Alvarets ochgan edi. Bu jarayon tartib nomeri dastlabki elementdan bitta kam bo'lgan elementlarni hosil bo'lishiga olib kelgan. Hosil bo'lgan yangi element atomining Q elektron qobig'ida bo'sh sath paydo bo'ladi, buning natijasida yangi element rentgen spektrining Q,L va boshqa seriyali harakteristik nurlanishi mumkin bo'ladi. Bu haqiqatdan ham kuzatiladi.

### **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 sm<sup>3</sup> 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.

### **β-zarralar energiyasini moddada yutilishi asosida aniqlash (qattiq jismlarda)**

Elektron yutilish energiyasini Byote formulasi yordamida aniqlash qulay bo'lmagani uchun biz «yugurish yo'li – energiya» usulidan foydalanamiz.

#### **Ishni bajarish tartibi**

Ushbu usulni amalga oshirish uchun 1-rasmdagi sxema asosida moslama yig'ish kerak. Ushbu moslamani ishlatishdan oldin qalinligi juda katta aniqlikda o'lchangan Al, Ni plastinkalarni tayyorlab qo'yish kerak. Bu sxema asosida yig'ilgan qurilmani ishlatishdan avval kichik kuchlanishli, keyin yuqori kuchlanishli tok manbalari ulanadi.

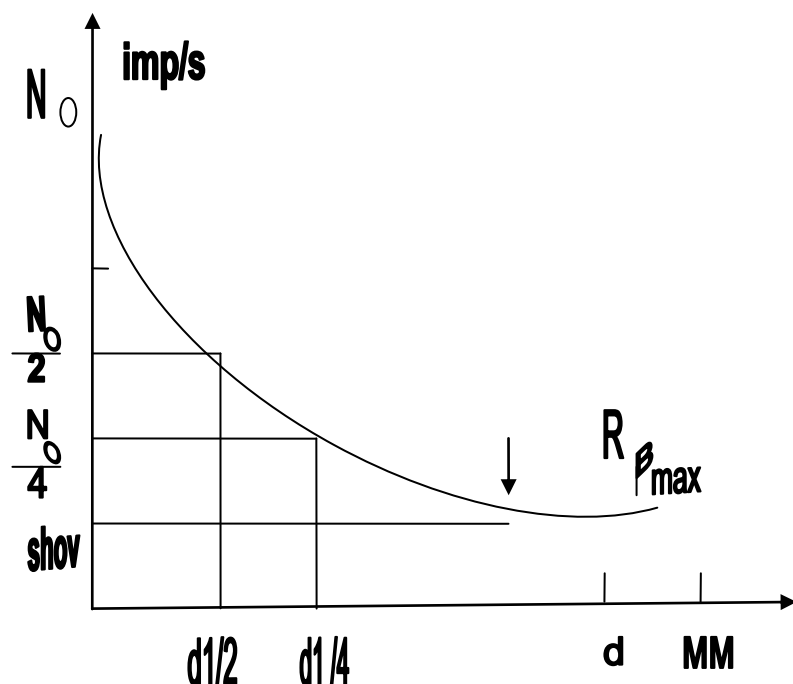
Katod takrorlagichdagi impulsli signal hosil qilingach, maxsus uzatgich (kabel) yordamida PP9 hisoblovchi moslamaga (schetchikka) ulanadi. O'z

navbatida hisoblovchi moslamaning zarur bo'lgan vaqt ichida qilish uchun undagi vaqt  $t$  kerakli vaqt 102 s oralig'iga qo'yiladi. Zarur bo'lgan vaqtda (stop), (sbros) tugmachasi bosilgandan keyin impulslarni sanash uchun (pusk) tugmachasini bosib ishga tushiriladi. Radiativ preparat qurilmasidan schetchik shovqini o'lchanadi. Sungra manbadan chiqayotgan zarralar intensivligining Al plastinkalarda ketma-ket kamayish grafigi olinadi. Bu grafik ikkinchi sxemadagi kabi bo'lishi mumkin. Bu sxemadan  $\beta$ -zarralar qancha qalinlikdagi materialdan o'tganligi ma'lum bo'ladi. Ushbu grafik yordamida zarraning chopib o'tish qalinligini aniqlashda shovqin e'tiborga olinishi kerak. 2-rasmdan  $\beta$ -zarralar yutilish qalinligi ma'lum bo'lgach, 3-rasmdagi zarraning ushbu qalinligiga mos keluvchi energiyasini aniqlash mumkin.

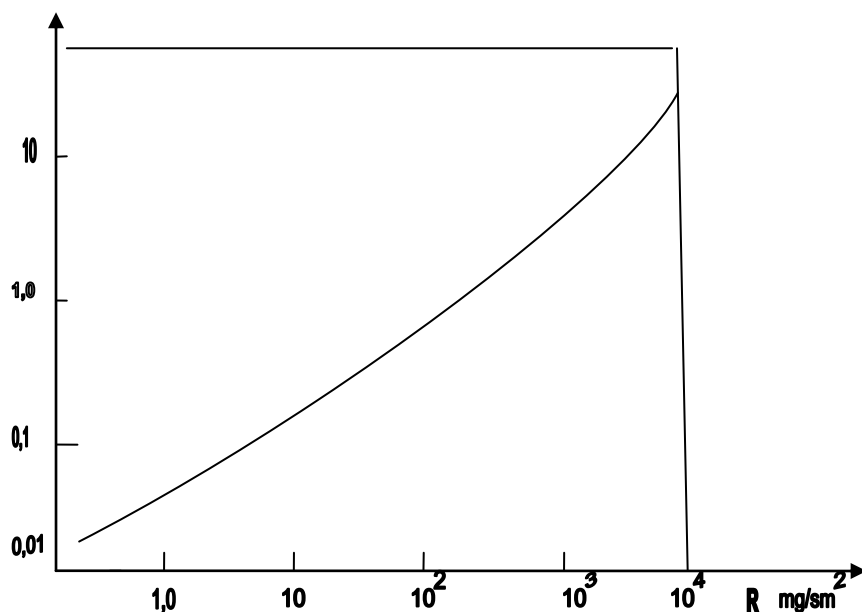
Agar  $\beta$ -zarrani alyuminiyda yutilish qalinligini  $R^1$  sm yoki mm larda aniqlangan bo'lsa, ushbu kattalikdan  $\text{mg}/\text{sm}^2$  ga o'tish uchun quyidagi munosabatdan foydalaniladi:

$$R = R^1 \rho$$

bu yerda  $R$  –  $\text{mg}/\text{sm}^2$  o'lchamlikdagi qalinlik.

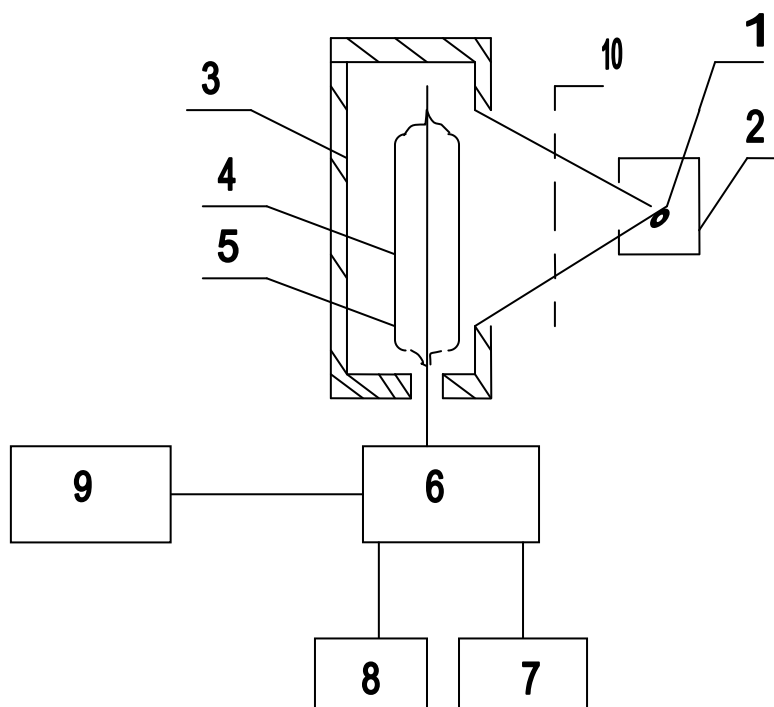


**2-rasm. Beta zarra energiyasining eng katta qiymatini plastinka qalinligiga qarab aniqlash grafigi**



**3-rasm. Beta zarra energiyasi bilan eng katta erkin yugurish yo'li o'rtasidagi bog'lanish grafigi.**

Tajribaning xatosini aniqlash uchun  $R$  va  $E$  ning qiymati 3,4,5 marta topiladi va monoxromatik  $\beta$  - zarraning energiyasi nisbiy va absolyut xatolari aniqlanadi.



**1-rasm. "B" tipidagi qurilmaning sxemasi.**

1. Radiaktiv preparat. 2. Radiaktiv manba qo'yilgan kollimatorli qo'rg'oshin g'ilof. 3. Qo'rg'oshin quticha. 4,5. Tez sunuvchi schetchikning katodi va anodi. 6. Katod takrorlagich. 7,8. UIM-2 markali past va yuqori kuchlanishli tok manbai. 9. PP9-2m markali jamg'aruvchi mashina. 10. Filtr.

#### 4-laboratoriya ishi

### Mavzu: SCHETCHIKNING $\gamma$ - NURLARNI QAYD QILISH EFFEKTIVLIGINI ANIQLASH

#### Ishning maqsadi:

1. Rentgen va gamma nurlar ta'sirida tez sunuvchi schetchiklarda fotoeffekt, kompton effekt va elektron-pozitron juftlarining hosil bo'lishini o'rganish.
2. Schetchik yordamida rentgen va gamma nurlarni qayd qilish va uning effektivligini o'rganish.
3. Schetchiklarning turlari bilan tanishish va ular yordamida rentgen va gamma nurlarni qayd qilishni o'rganish.

#### Ish to'g'risida tushuncha

$\gamma$ -nurlar  $\alpha$ - nurlarga qaraganda modda bilan o'zaro kuchsiz ta'sir qilishadi.  $\gamma$ -nurlarning modda bilan o'zaro ta'siri fotoeffekt, kompton effekti va juftlik (elektron-pozitron) hosil bo'lishi orqali nomoyon bo'ladi.

#### Fotoeffekt

Fotoeffekt hodisasi shundan iboratki,  $\gamma$ -nurlar moddadan o'tayotgan atomlar orbitasidan elektronni urib chiqaradi.  $\gamma$ -nurlar o'z energiyasini tamomila bu elektronga berib, o'zi yutiladi.

#### Kompton effekti

$\gamma$ - nurlar atomlar yadrosi bilan kuchhsiz o'zaro ta'sirlashib, ularga energiyasining bir qismini beradi va boshlang'ich yo'nalishdan bir oz og'ib sochiladi.

#### Juftlar hosil bo'lishi

Energiyasi 1,02 MeV dan yuqori bo'lgan  $\gamma$ -nurlar atom yadrolari yaqinidan o'tganda bu yadrolarning maydonida elektron va pozitronga aylanadi. Bu jarayon natijasida  $\gamma$ - kvant butunlay yo'qoladi yoki o'z energiyasining bir qisminigina yo'qotadi. Yuqorida aytilgan jarayon tezligi katta bo'lganda ikkilamchi elektronlarni urib chiqaradi. Shunday qilib,  $\gamma$ - nurlar schetchikning devoridan ikkilamchi elektronlarni urib chiqaradi. Bu elektronlar schetchik ichidagi gazni ionlashtiradi. Schetchik o'ziga tushgan  $\gamma$ -nurlarni qayd qiladi. Lekin schetchikka tushgan hamma  $\gamma$ - kvantlar ham uning devoridan elektronlarni urib chiqaravermaydi. Ikkilamchi elektronlarning hammasi ham impuls hosil qilavermaydi. Shuning uchun ham Geyger-Myuller schetchigi o'ziga tushgan  $\gamma$ -kvantlarning juda oz qismini qayd qiladi. Schyotchik qayd qilgan fatonlar soni  $N_1$  ning  $N_0$  ra nisbatan schetchikning effektivligi deyiladi. Effektivlikni  $E$  bilan belgilasak, u bunday yoziladi:

$$E = \frac{N_1}{N_0} \quad (1)$$

Schetchikning effektivligi schetchik devorining qalinligiga va u qanday materialdan yasalganiga, hamda tushgan  $\gamma$ -fotonning energiyasiga bog'liqdir. n sanash tezligining schetchik devorining qalinligiga bog'lanish egri chizig'i 1-rasmda ko'rsatilgan. Devori yupqa bo'lgan schetchikning effektivligi katta bo'lmaydi, chunki bunday devorlarga tushayotgan fotonlarning oz qismi devor atomlari bilan uzaro ta'sirlashadi. Schetchikning devori qanchalik qalin bo'lsa, uning effektivligi ham shunchalik katta bo'ladi. Grafikda buning egri chizig'i OA qismida tasvirlangan. Devor yanada qalin bo'lgani bilan schetchikning effektivligi juda sekin oshadi va nihoyat V nuqtada effektivlik oshmay quyadi, buni egri chiziqning AV qismidan ko'rish mumkin. Devorning gaz hajmidan uzoqdagi qatlamlarda hosil bo'lgan ikkilamchi elektronlarning schetchik devorida yutilishi va sochilishi oqibatida shunday bo'ladi. Schetchik devori qalinligining bundan keyingi ortishida schetchikning effektivligi kamaya boradi. Buni grafikning VS qismida ko'rish mumkin. Shuning uchun ham  $\gamma$ -kvantlarini qayd qilish uchun devorning qalinligi elektronlarning erkin chopish masofasi miqdoridagi schetchiklar qo'llaniladi. Bunday schetchiklarning effektivligi katodning qanday moddadan yasalganligiga va tushgan  $\gamma$ -fotonning energiyasiga ham bog'liqdir. Bu bog'lanish 2-rasmda ko'rsatilgan. Koordinatalar sistemasining abstsissalar o'qiga schetchikka tushgan fotonlarning MeV hisobidagi energiyasi, ordinatalar o'qiga esa schetchik effektivligining foiz hisobidagi qiymatlari qo'yiladi. Izotoplar bilan ishlaganda bizni schetchikni vaqt birligi ichida qayd qilgan impulsar soni qiziqtiradi. Ravshanqi, impulsar soni schetchikka tushgan fotonlarning soni bilan schetchikning effektivligiga to'g'ri proporsional, o'z navbatida A-aktivligi bilan har bir yadro yemirilishida undan chiqqan fotonlarning soniga to'g'ri proporsionaldir. Shunday qilib,

$$n = \alpha AqE \quad (2)$$

Bu yerda  $\alpha$ -proporsionallik koeffitsienti bo'lib, u nuqtaviy manbadan schetchik ko'rinib turgan fazoviy burchakning  $4\pi$  fazoviy burchakka nisbatidir:

$$\alpha = \frac{w}{4\pi} \quad (3)$$

(3) ga asosan (2) ni quyidagicha yozamiz:

$$n = \frac{w}{4\pi} AqE \quad (4)$$

Schetchik  $\gamma$ -nurlar manbaidan r masofada joylashgan deb faraz qilaylik. Bunday fazoviy burchak

$$w = \frac{ld}{r^2} \quad (5)$$

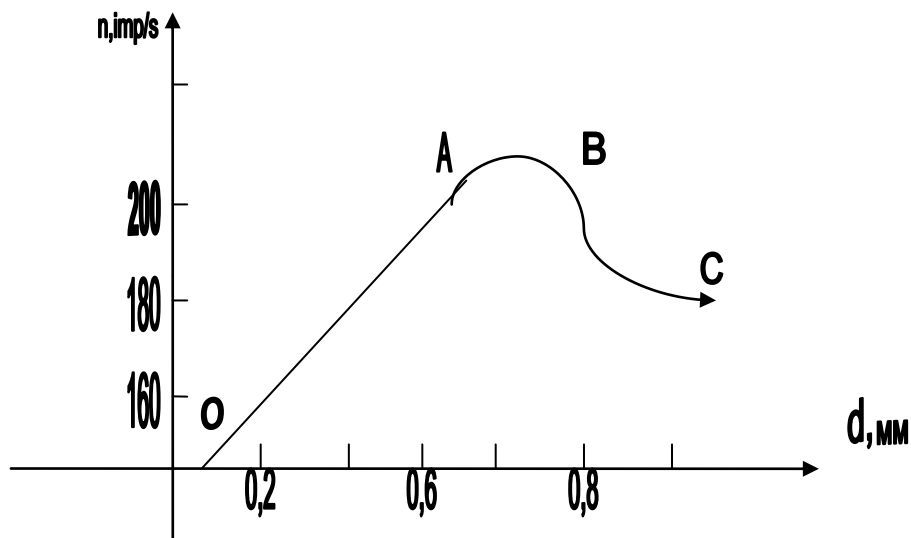
ning (5) ifodasini (4) ga qo'yamiz.

$$n = \frac{ld}{4\pi r^2} AqE \quad (6)$$

Agar yadrodan bitta yemirilish energiyasi  $h\nu_1, h\nu_2$  bo'lgan bir necha foton chiqsa va schetchikning bu energiyalariga oid effektivligi har xil bo'lsa,

schetchikning vaqt birligida qayd qilingan impulsar soni  $n_\gamma$  quyidagicha yoziladi:

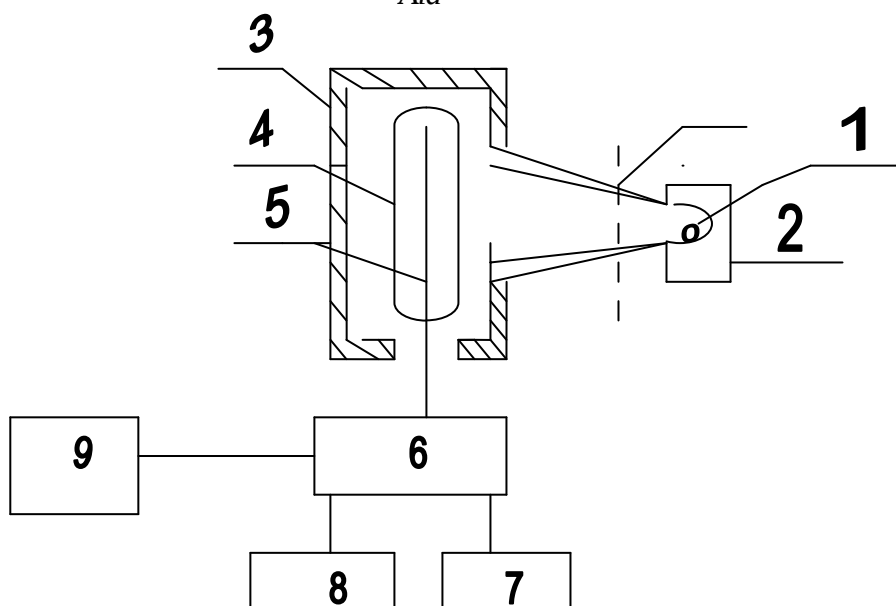
$$n_\gamma = \frac{ld}{4\pi r^2} (nE_{\gamma_1} + n_2E_{\gamma_2} + \dots) \quad (7)$$



**1-rasm**

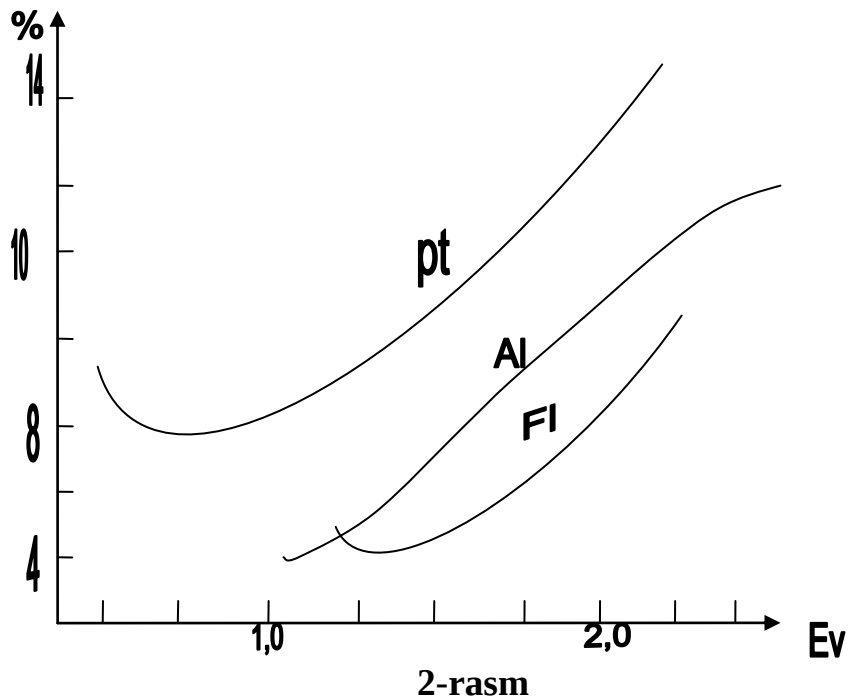
Bu ishda  $\gamma$  - kvantlar manbai sifatida  $^{60}\text{Co}$  ishlatiladi. Uning har bir yadrosi yemirilganda undan energiyalari 1,17 MeV va 1,33 MeV bo'lgan ikkita foton chiqadi.  $^{60}\text{Co}$  chiqqan kvantlarning energiyalari bir-biridan oz farq qilganligi uchun ularga to'g'ri kelgan  $E_{\gamma_1}$  va  $E_{\gamma_2}$  effektlarni ham amalda teng deb olish mumkin.  $^{60}\text{Co}$  uchun  $q=2$  bo'lganligi uchun (6) tenglama bunday yoziladi:

$$E = \frac{2\pi r^2 n}{Ald} \quad (8)$$



**3-rasm. «B» tipdagi qurilma sxemasi.**

1. Radiaktiv manba. 2. Radiaktiv pereparat qo'yiladigan qo'rg'oshin g'ilof. 3. Qo'rg'oshin quticha. 4. Katod. 5. Anod. 6. Katod takrorlagich. 7-8. Past va yuqori kuchlanishli tok manbai. 9. PP9-2m markali schetchik.



### Ishni bajarish tartibi.

Geyger-Myuller va tez sunuvchi schetchiklarni rentgen va gamma nurlarning qayd qilish effektivligini o'rganish. «B» qurilmasini tokka ulab, uning ishi tekshiriladi. Schetchikning foni (shovqini) o'lchanadi. Buning uchun imrulsar 10 minut davomida qayd qilinadi. Sungra aktivligi  $A$  bo'lgan  $^{60}\text{Co}$  tutqichning gilzasiga o'rnatiladi. Tutqich schetchikdan  $r=200$  sm masofada o'rnatiladi, manba chiqargan nurlanish hosil qilgan impuls larni sanash tezligi aniqlanadi. Bulardan kamida 1000 impuls qayd qilinadi. Sungra schetchikning buylama qesim yuzi  $ld$  topiladi. Buning uchun schetchikning diametri  $d$  shtangentsirqul bilan, katodning uzunligi  $l$  smli chizg'ich yordamida o'lchanadi.

Schetchikning ulik vaqtini hisobga olib, uning sanash tezligiga tuzatma kiritish uchun quyidagi ifodadan foydalanish kerak.

$$n = \frac{n^1}{1 - n^1 \tau} \quad (9)$$

$\gamma$ -nurlarni qayd qiladigan oddiy Geyger-Myuller schetchiklari uchun ulik vaqti  $\tau = 3 \cdot 10^{-6}$  min. Tajriba uchun tanlab olingan sharoitda masofalar uchun  $r^2(n-n_f)$  miqdor taxminan bir xil chiqadi. Schetchikning effektivligini topish uchun tajribada olingan  $r^2(n-n_f)$  miqdorni, o'lchab topilgan  $ld$  va manbaning  $A$  aktivligini (8) ga qo'yish kerak. 200 sm, 150 sm va 100 sm masofalarga oid  $E_1, E_2$  va  $E_3$  effektivlardan ularning o'rtacha qiymati topiladi. Aniqlangan natijalarning nisbiy va absolyut xatosi aniqlangach, talaba hisobot tayyorlaydi.

## 5-laboratoriya ishi

### Mavzu: GAMMA –KVANTLAR VA RENTGEN NURLARINING MODDADA YUTILISH KOEFFITSIENTLARINI ANIQLASH

#### Ishning maqsadi.

1. Rentgen va  $\gamma$ -nurlarining moddadan o'tishi, sochilishi va yutilishi to'g'risida ma'lumot berish.
2. Rentgen va  $\gamma$ -nurlarining moddaga ta'sirida sodir bo'layotgan effektlar to'g'risida tasavvur hosil qilish.
3. Turli xil moddalarda rentgen va  $\gamma$ -nurlar yutilish koeffitsientini aniqlash va natijalarni taqqoslash.
4. Rentgen va  $\gamma$ -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,  
 $\mu$ -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  $\mu$  ning o'lchamligi  $\text{sm}^{-1}$  bo'ladi, chunki daraja ko'rsatkichi  $\mu d$  o'lchovsiz kattalik bo'lishi kerak.

Dasta haqiqiy yutilish hisobiga ham, sochilish hisobiga ham kuchsizlanishi uchun kuchsizlanish koeffitsienti ikkita koeffitsientning: haqiqiy yutilish koeffitsienti  $\tau$  va sochilish koeffitsienti  $\delta$  yig'indisidan iborat bo'ladi.

$\tau$  va  $\delta$  koeffitsientlar binobarin,  $\mu$  ham moddaning massasiga proporsional bo'ladi. Shu tufayli «massali koeffitsientlar» deb ataluvchi koeffitsientlardan, yani  $\frac{\mu}{\rho}, \frac{\tau}{\rho}$  va  $\frac{\delta}{\rho}$  nisbatlardan foydalanish qulaydir: bu yerda

$\rho$  moddaning zichligi. Ravshanki, ikkinchi formulani quyidagi ko'rinishda

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

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

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 koeffitsientlar deb ataluvchi  $\mu_a, \tau_a, \delta_a$  koeffitsientlardan foydalanish qulayroq. Bu koeffitsientlar ma'lum bir element uchun  $\frac{\mu}{\rho}, \frac{\phi}{\rho}, \frac{\delta}{\rho}$  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,  $\mu_a$  kattalik  $\text{sm}^2$  yuzada 1 atom bo'lgan qatlamdagi kuchsizlanishini xarakterlaydi. Yana shuni ham qayd qilish kerakki  $\mu_a, \tau_a, \delta_a$  atom koeffitsientlarining o'lchamligi ( $\text{sm}^2$ ) 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,  $\lambda$ -to'lqin o'zunlik.

Yuqoridagi belgilashlardan foydalanib yutilishning massali koeffitsienti ifodasini topamiz:

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

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 ASBOBLAR

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 asboblarni tokka ulagandan keyin 10-15 minut qizdiring.

4. Radioaktiv manbani qo’ymasdan detektorning «shovqinini», y’ani 100 sekundga to’g’ri keluvchi impulslar sonini besh marta o’lchab o’rtacha qiymatini aniqlang.

5. Rentgen yoki  $\gamma$ -nurlanishga ega radiaktiv manbani qo’rg’oshin g’ilofga qo’yib uning aktivligi  $J_0$  aniqlanadi.

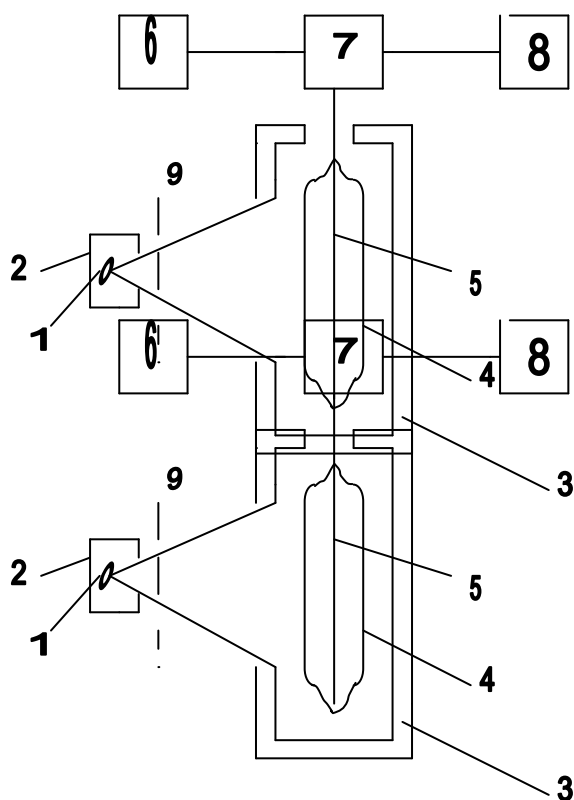
6. Keyinchalik navbat bilan filtrlar radioaktiv modda yo’liga qo’yilib rentgen yoki  $\gamma$  nurlanishning yutilish koeffitsienti quyidagi formula yordamida aniqlanadi va o’zaro taqqoslanadi:

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

7. Detektor va filtr oralig’i shunday tanlanadiki, filtrdan sochiladigan fotonlar qayd etilmasligi kerak.

8. Yutilish koeffitsienti 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  $\gamma$ -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  $\gamma$  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 oralik.

## 6- laboratoriya ishi

### **Mavzu: CHAQNASH USULIDA QAYD ETUVCHI DETEKTOR YORDAMIDA RADIOIZOTOPNING YEMIRILISH DAVRINI ANIQLASH**

#### **Ishning maqsadi:**

1. «USS»-tipdagi uskunaning tuzilishi va uning ishlash printsipi bilan tanishish.
2. NaJ(Tl)-kristallarining yorug'lik chiqarish xususiyatlarini o'rganish.
3. Radiopreparatlarning yarim yemirilish davrini aniqlash.

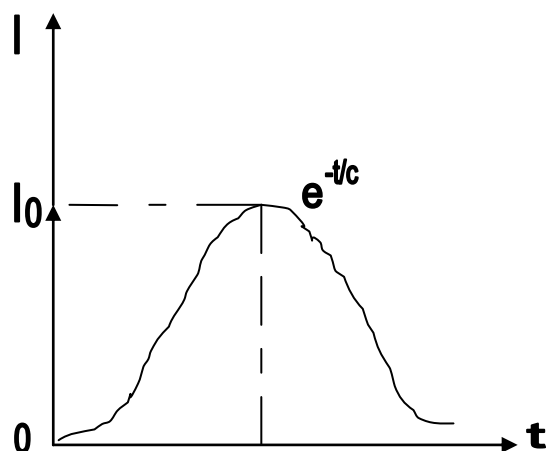
Lyuminitseitsiyalanish xususiyatiga ega bo'lgan muhitdan zarra o'tganda qisqa muddatli kuchsiz yorug'lik nuri paydo bo'ladi. Bu yorug'lik nuri stsintilyatsion schyotchikda qayd qilinadi. Bu usulni 1903 yilda Vilyam Kruks taklif qilgan. Gaz to'ldirilgan detektorda asosiy rol ni yadro nurlanishi tasirida vujudga keladigan elektr zaryadlari o'ynasa, stsintilyatsiya schyotchigida nurlanishni qayd qilish o'tgan zarra yo'lidagi atom va molekulalarning uyg'onishiga asoslanadi. Uyg'ongan atomlar juda qisqa vaqt  $10^{-6} - 10^{-8}$  s yashaydi, elektromagnit nur chiqarib, asosiy holatga qaytadi. Fosforda bu nurlanish chastotasi spektrning bir qismi yorug'lik sohasiga to'g'ri keladi. Shuning uchun zaryadlangan zarra bu muhitdan o'tganda kuchsiz yorug'lik nuri tarqaladi. Shular asosida stsintilyatsiya schyotchiklari yasaladi.

1934 yili L. A. Kubetskiy tomonidan yaratilgan fotoelektron ko'paytirgich FEKning mazkur schyotchiklardan afzalligi ortib ketdi. Stsintilyatsiya schyotchiklarining sifati va qo'llanilish sohasi ko'p jihatdan unda ishlatiladigan kristallarning muayyan xossalari ga chunonchi, konvertsiya xususiyatiga, boshqacha aytganda yutilgan zarra energiyasining bir qismini yorug'lik energiyasiga aylantira olish xususiyatiga bog'liq. Fosforning kristall yutilgan zarra energiyasining bir qismini yorug'lik energiyasiga aylantirsa, NaJ(Tl) kristallning bu xususiyati kuchliroq, u yutilgan energiyaning undan bir qismini yorug'lik energiyasiga aylantiradi.

Kristallar yorug'lik chiqarish darajasining yutilgan har xil zarralar energiyasiga bog'liqligiga katta ahamiyatga ega. Ko'pchilik kristallar yutilgan energiyaga proporsional ravishda yorug'lik energiyasi chiqaradi. Ammo bunday proporsionallikning og'ir zarrachalarga daxli yo'q. Masalan:  $\alpha$ -zarra uchun bunday bog'lanish chiziqli bo'lmagan qonunga buysunadi. Fosforning yorug'lik intentsivligi I vaqtga bog'liq (1-rasm).

Fosfor kristaliga zarra tushgan sari uyg'ongan atomlar yig'ila boradi. Zarra kristall ichida batamom to'xtamasdanoq atomlarning bir qismi fotonlar chiqarib asosiy holatga qaytadi. Zarra sekinlashgan sari uyg'ongan atomlar soni va fosforning nurlanish intentsivligi tobora ortadi. Taxminan  $t_0 = 10^{-12}$  s dan

keyin yorug'lik intensivligi eng yuqori darajaga etadi. Bu vaqt ichida zarba batamom to'xtaydi. Uyg'ongan atomlar sonining kamayishi yorug'lik intensivligining nisbatan sekin pasayishiga olib keladi. Bu jarayon  $t > t_0$  vaqtga to'g'ri keladi.



**1-rasm. Fosforning chaqnash ehtimolligi.**

(1-rasmga qaralsin). Umuman intensivlik quyidagicha ifodalanadi:

$$J = J_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1)$$

bu yerda  $t$  ma'lum  $t_0$  momentdan so'ng boshlanadigan vaqt;

$\tau$  -uyg'ongan atomlarning o'rtacha yashash vaqti u fosforning yorug'lik tarqatib bo'lish vaqti deyiladi.  $\tau$  ning qiymati qanchalik kichik bo'lsa, fotoelektron ko'paytirgichda hosil bo'ladigan impuls shunchalik qisqa binobarin, schyotchikning axtarish qobiliyati shunchalik yaxshi bo'ladi. Fosforning qayd qilish effektivligi har xil zarra uchun har xil. Masalan: zichligi va atom nomeri katta bo'lgan fosfor  $\gamma$ -nurlarini yaxshi qayd qiladi, u tez neytronlar uchun yaramaydi.

Stsintillyatsion schyotchiklarda ishlatiladigan organik va organik bo'lmagan kristallarning xillari juda ko'p. Ulardan asosiylari quyidagi jadvallarda berilgan.

**Organik kristallar jadvali.**

| Kristall    | Zichligi/ $\text{sm}^3$ | Chiqariladigan yorug'likning o'rtacha to'lqin o'zunligi, $\text{\AA}^0$ | Yorug'likning chiqarish vaqti,s |
|-------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Antratsen   | 1,25                    | 4400                                                                    | $2,7 \times 10^{-8}$            |
| Stelben     | 1,25                    | 4100                                                                    | $(3-7) \times 10^{-8}$ s        |
| Teofenel    | -                       |                                                                         |                                 |
| a) ksilolda | -                       | 4500                                                                    | -                               |
| b) polistda | 1,1                     | 3900-4300                                                               | $5 \times 10^{-9}$              |
|             | 3,67                    | 4100                                                                    | $2,5 \times 10^{-7}$ s          |
|             | 4,1                     | 4500                                                                    | $1 \times 10^{-5}$ s            |

### Organik bo'lmagan kristallar jadvali

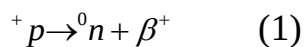
| Kristall       | Zichligi, $\text{g/cm}^3$ | Chiqariladigan yorug'likning o'rtacha to'lqin o'zunligi, $\text{\AA}$ | Yorug'lik chiqarish vaqti, s        |
|----------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>NaJ(Tl)</i> | 3,67                      | 4100                                                                  | $500 \times 10^{-9} \text{s}$       |
| <i>CsJ(Tl)</i> | 4,51                      | 5600                                                                  | $(400-700) \times 10^{-9} \text{s}$ |
| <i>JnS(Ag)</i> | 4,09                      | 4500                                                                  |                                     |
| <i>Cas(Ag)</i> | 4,80                      | 7600                                                                  | $200 \times 10^{-9} \text{s}$       |

Kristallar yorug'likni tok impulsiga aylantirishi uchun fotoelektron kuchaytirgichdan foydalaniladi. FEK elektrovakuum asboblardan bo'lib, elektronlar oqimini fotoeffektga asoslangan holda kuchaytiradi. Fotokatod va turli kuchlanish ostida bu bir qancha elektrod yordamida dastlabki elektronlar tezlashtiriladi. Natijada ular dinoblar yuzasidan urib chiqarilgan ikkilamchi, uchlamchi va hokazo elektronlar bilan birgalikda kuchli elektronlar oqimi hosil qiladi. Hosil bo'lgan barcha elektronlar FEK ning oxirgi elektrod (anod)ida to'planib tok impulsini hosil qiladi. FEK da elektronlar sonining ortishi kuchaytirish koeffitsienti bilan ifodalaniladi. To'la kuchaytirish koeffitsienti  $R = R_1 \cdot R_2 \cdots R_n$  bo'ladi. Bu yerda  $R_1$  birinchi,  $R_2$  ikkincha va hokazo ketma-ket kuchaytirish koeffitsientlaridir.

### Annigilyatsion $\gamma$ -kvantlarni qayd etishning mohiyati.

Ilovada keltirilgan (5-jadvalda) radioaktiv yadrolarning yemirilish imkoniyatlariga e'tibor bersangiz  $\alpha, \beta, \gamma$ -yemirilish qatorida  $\beta^+$ -yemirilishga ega bo'lgan izotoplar ham ko'pligiga ishonch hosil qilasiz.

Radioaktiv yadrolar  $\beta^+$ -yemirilishga ega bo'lishi uchun yadro tarkibidagi protonlar soni neytronlar sonidan ko'p bo'lishi kerak. Shunda yadrodagi protonlar quyidagi  $\beta^+$ -yemirilish hisobiga neytronlarga aylanadi, y'ani:



Ushbu reaksiyadan ko'rinib turibdiki, tenglikni har ikkala tomonidan zaryadlar saqlanish qonuni e'tirof etilgan.

Pozitronlar modda ta'sirida annigilyatsion  $\gamma$ -kvantlarni hosil qilinishini Anderson tomonidan kashf etilgan edi.

Hozirgi vaqtda pozitronlarni moddaga ta'sirida ikkita  $B=511 \text{ keV}$  energiyali  $\gamma$ -kvanilarni qayd etish natijasida yadro reaksiyalarini ko'ndalang kesimini, radioizotoplarining yashash davri va hokazo kabi kattaliklar aniqlangan. Shu sababli hozir ham annigilyatsion  $\gamma$ -kvantlarini qayd etishga qiziqish kattadir.

### Kerakli asboblari:

1. “USS” tipdagi uskuna
2. NaJ kristali asosida ishlaydigan ikkita detektor
3. Radioaktiv preparat
4. Jez plastinkalar
5. “GG9-2m” markali hisoblagich
6. Logorifmik qog’oz
7. Ulash simlari.

### **Ishning bajarilishi**

1. Ishni bajarishdan oldin universal signallarni uchrashtiruvchi “BSS” qurilmasining qo’llanmasi bilan tanishib chiqish shart.

2. Signallarni uchrashtiruvchi universal qurilmada annigilyatsion  $\gamma$ -kvantlarini qayd qilish sxemasi 2-rasmda keltirilgan. Ushbu sxema asosida ishlaydigan moslama kafedra mutaxassisi ishtirokida ulanadi.

3. Radioaktivligi o’lchanishi kerak bo’lgan modda detektorlar o’rtasida joylashtirilgan (2) 3 mm li ikki jez plastinkalari o’rtasiga joylashtiriladi. Jez plastinkalarning asosiy vazifasi: o’ziga tushayotgan bir necha MeV energiyali  $\beta^+$ -zarralarni tormozlash va uni o’zining elektronlari bilan uchrashtirib qarama-qarshi yo’nalishda harakatlanuvchi 2 ta annigilyatsion  $\gamma$ -kvantni hosil qilishdan iborat.

4. Energiyasi  $E_\gamma = 0.511MeB$  bo’lgan annigilyatsion kvantlar qarama-qarshi turgan detektorlarga barobar vaqt ichida tushsa ularni uchrashtiruvchi moslama “BSS” ga o’z vaqtida etib keladi va qayd etadi. Ushbu moslamalarni vaqt bo’yicha sezgirligi sekundning milliondan bir ulushi kabidir, yani hosil bo’lgan annigilyatsion  $\gamma$ -kvantlar asosida paydo bo’lgan impulslarning biri ikkinchisiga nisbatan  $10^{-6}$  sekundga kechikib kelsa, ular uchrashtiruvchi “BSS” moslamasi tomonidan qayd etilmaydi.

5. Albatta FEKda hosil bo’lgan signallar impulsi katod qaytargichlar, signallarni kuchaytirgichlar hamda signallarni qirqib formaga soluvchi diskridinatorlardan o’tishlari shart.

6.  $N_a$  J(Tl)–kristalida bo’ladigan jarayon moslama to’g’risidagi malumotda keltirilgan.

7. Signallar “BSS” moslamada uchrashtirilgach yig’indi signallar impulsi to’g’risidagi axborot hisoblash moslamasi “PP9-2m” da qayd etiladi. Ushbu moslamani ishlatish uchun uning ishlatilishiga doir qo’llanmadan foydalanish kerak yoki uni ishlatishdan oldin uning yonida joylashgan impulslar beruvchi generator yordamida sinab ko’rish kerak. Shuning uchun impulsni qabul qiluvchi blok tumblerini generatorga, vaqtni avtomatik ravishda o’lchovli blok tumblerini 10 sekundga qo’yib va signalni boshqaruvchi blokda tumblerlar “stop” va “sbros” ni birin ketin bosganda keyin impulsni qayd etuvchi tumbler “pusk” bosiladi va hisoblovchi moslama ekranida signallar sonining jamlanishi kuzatiladi.

8. Hisoblash moslamasining signallarni qabul qilishi tekshirib ko’rilgach, uning impulslarini qabul qiluvchi tumbleri tashqi signalini qabul qilish

vaziyatiga o'tkaziladi va tajriba uchun qulay bo'lgan vaqt  $1, 10^1, 10^2, 10^3$  sekundlarning biriga vaqt tumblerini burab qo'yib, ketma-ket bir necha marta impulsar soni kuzatiladi hamda o'lchangan vaqtdagi qiymatlar sinov daftariga yozib olinadi.

9. Agar aktivligi o'lchanayotgan radioaktiv moddaning yarim yemirilish davri  $T_{\frac{1}{2}}$  aniqlanish kerak bo'lsa, uning besh yarim yemirilish vaqtiga teng

bo'lgan vaqt davomida, o'ndan ortiq o'lchashlar o'tkazib, teng vaqtga mos keluvchi impulsar soni yozib olinadi. Shundan keyin bir tomoni logarifmlangan millimetrli qog'ozga radioaktiv manba aktivligining vaqtga bog'liq bo'lgan grafigi chiziladi.

a) Agar radioaktiv modda faqat bir xil qiymatga, yarim yemirilish davriga ega bo'lgan radioizotopdan tashkil topgan bo'lsa, uning grafigi to'g'ri chiziqli bo'ladi. (3-a rasm).

b) Agar radioaktiv modda ikki va undan ko'p yarim yemirilish davriga ega bo'lsa, uning grafigi eksponentani hosil qiladi. (3-b rasm)

v) Grafikning abtsissa o'qiga yaqin bo'lgan to'g'ri chiziq moslamalar shovqinini ifodalaydi. (3-v rasm)

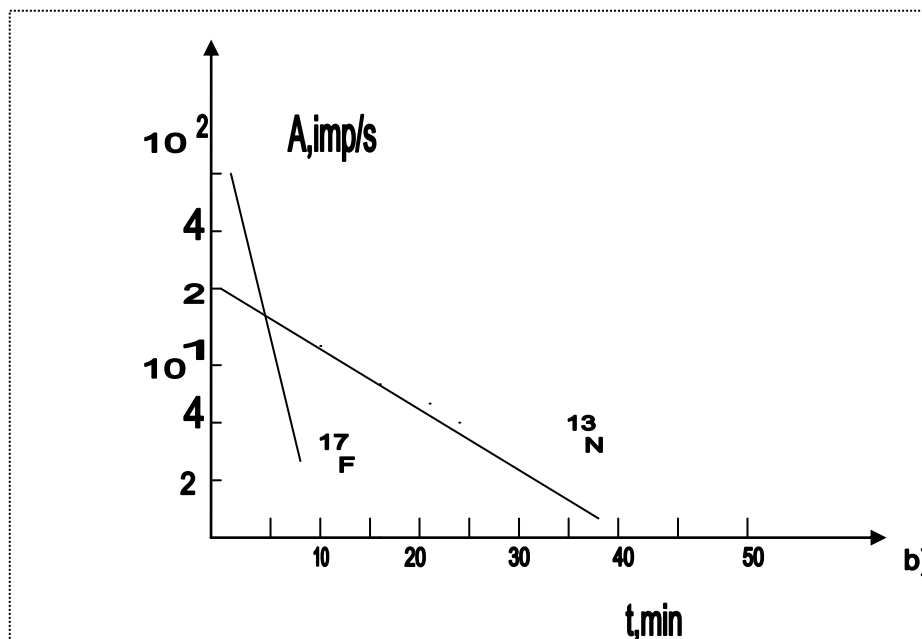
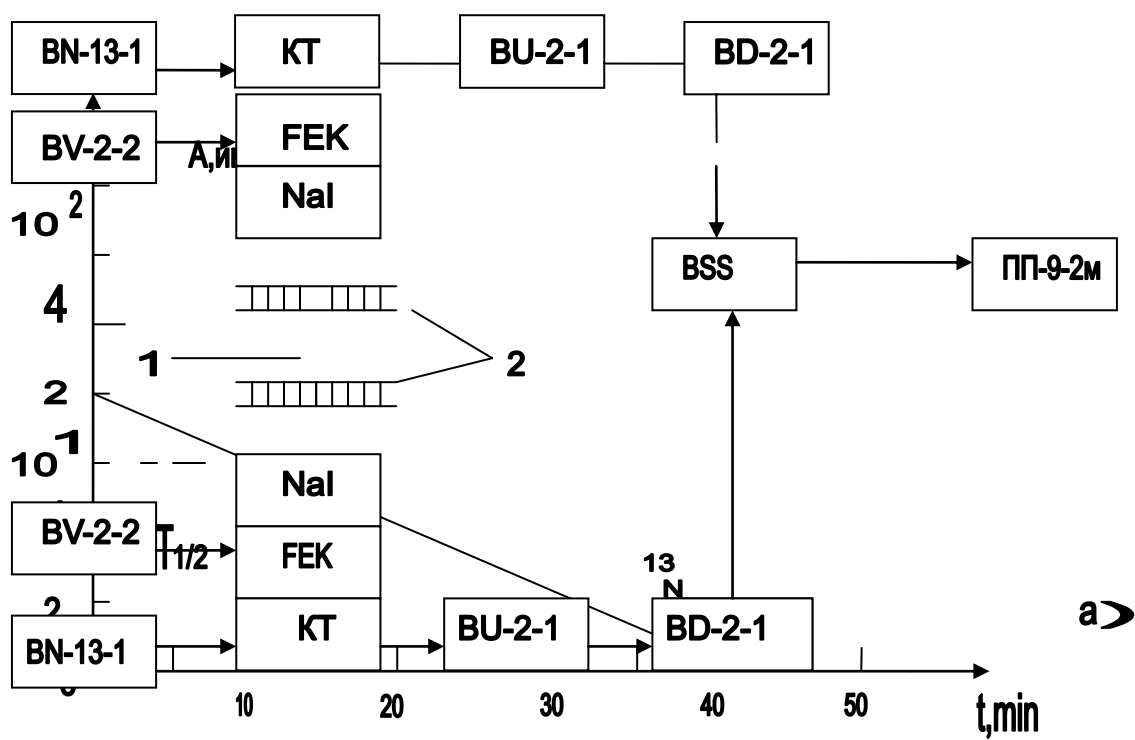
10. 3-rasmdagi grafikdan foydalanib radionukledning yarim yemirilish davri  $T_{\frac{1}{2}}$  (3) formula yordamida aniqlanadi:

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\ln N_1 - \ln N_2} (t_2 - t_1) \quad (3)$$

Bu yerda  $T_{\frac{1}{2}}$  -radionukledning yarim yemirilish davri.  $\ln N_1, \ln N_2$  - grafikdagi  $t_1$  va  $t_2$  vaqtga to'g'ri kelgan aktivlik miqdori.

11. Tajribaning xatosini aniqlash uchun yarim yemirilish davri (3) formula asosida bir necha marta aniqlanadi, keyinchalik absolyut va nisbiy xatolar hisoblanadi

12. Laboratoriya ishini bajarganligi to'g'risida talaba hisobot yozadi.



3(a,b)-rasm . Radioizotoplarning yemirilish grafiklari .

## 7-laboratoriya ishi

### ELEMENTAR ZARRACHALAR XUSUSIYATLARINI EHMLAR YORDAMIDA O'RGANISH

Fundamental fan deb ataluvchi yuqori energiyalar fizikasi fanining asosiy vazifalaridan biri adronlar xususiyatlarini, ular materiyasining tarkibini va hosil bo'lish sababi va qonuniyatlarini o'rganishdan iboratdir. Hozirgi kunda yuqori energiyalar fizikasi sohasi juda katta odimlar bilan rivojlana borishi bu sohada olinayotgan tajriba ma'lumotlarini katta hisoblash tezligiga ega bo'lgan elektron hisoblash mashinalari (EHM) yordamida qayta ishlashni zarur qilib qo'yimoqda.

EHM yordamida qayta ishlanishi zarur bo'lgan ma'lumotlar tajriba qurilmalari yordamida olinadi. Yuqori energiyali adronlar va yadrolarning nishon-yadro bilan to'qnashuvlarini amalga oshirish uchun ular avvalo tezlatgichlarda bir necha GeV va hatto TeV energiyaga qadar tezlashtiriladi. Ma'lum relyativistik energiyaga ega bo'lgan zarralar oqimi yo'liga nishon-yadro joylashtirilgan kameralar qo'yiladi. Bunday kameralar sifatida har xil moddalar bilan to'ldirilgan pufakchali kameralarni, Vilson kamerasini va boshqalarni olish mumkin.

Biz ushbu ishda Dubna (RF) shahridagi Birlashgan yadro tadqiqotlari institutining Yuqori energiyalar laboratoriyasi sinxrofazotronida tezlashtirilgan adronlar va yadrolar oqimi yo'liga qo'yilgan propanli pufakchali kameradagi to'qnashuvlarda hosil bo'lgan ikkilamchi zarrachalar treklarini identifikatsiya qilish va o'lchashdan olingan ma'lumotlarni EHM yordamida qayta ishlash usuli va yo'llari haqida to'xtalib o'tmoqchimiz. Sinxrofazotrandap,  $d$ ,  $\alpha$ ,  $C^{12}$  yadrolari tezlashtirilib, bunda tezlantiriluvchi yadroning har bir nukloniga, kamera tushish paytida 4,2 GeV/s impuls to'g'ri keladi. Kamera suyultirilgan propan  $C_3H_8$  bilan to'ldirilgan, y'ani bunda nishon-yadro uglerod yoki proton bo'lishi mumkin.

Pufakchali kamera bosim ostida qizigan suyuqlik holiga keltiriladi va unga zaryadli yadro kelib tushib muhitdan o'tayotgan vaqtda qaynash hodisasi yuz berib, zarracha o'z izini qoldiradi. Tushayotgan yadrolar propan ( $C_3H_8$ ) bilan to'qnashganda AS va AR to'qnashuvlari hosil bo'ladi va bular maxsus metodika (uslub) orqali bir-biridan ajratiladi. Kamera magnit maydonida joylashtirilgani uchun to'qnashuvdan keyin hosil bo'lgan zarralarning tipi aniqlanadi.

Sodir bo'lgan voqealar (o'zaro to'qnashuvlar) fotoapparatlarda rasmga tushirilib, bir necha marta kattalashtirib beradigan maxsus prosmotr (ko'rish) stollarida qarab chiqiladi. Prosmotr orqali ajratib olingan voqealar maxsus yarim avtomat asboblarda o'lchanib, kelgusida qayta ishlash uchun maxsus disklarga yoziladi. Bu materiallar birga alohida o'rnatilgan bir necha davlatlar fizik guruhlariga yuboriladi.

Zarralar impulsi va burchagini o'lchashdagi yo'l qo'yilgan xatoliklar qiymati quyidagiga teng bo'ladi:

$$\langle \Delta P/P \rangle = (11,5 \pm 0,3) \%$$

$$\langle \Delta \text{tg } \alpha \rangle = (0,003 \pm 0,002) \text{ rad}$$

$$\langle \Delta \beta \rangle = (0,0003 \pm 0,0003) \text{ rad}$$

bu yerda  $\text{tg } \alpha$  - kamera chuqurlik burchagi tangensi,  $\beta$  - ikkilamchi zarralar azimutal burchagi.

JDPI umumiy fizika kafedrası qoshidagi «Relyativistik yadro fizikasi» laboratoriyasida relyativistik adronlar va yadrolarning nuklonlar hamda yadrolar bilan to'qnashuvlarida hosil bo'lgan ikkilamchi zarrachalar to'g'risidagi tajriba ma'lumotlarini EHM da qayta ishlash uchun Fortran-66 va Fortran-77 algoritmik tillaridan foydalanilgan. Hisob-kitoblarni bajarish uchun IBM firmasining PENTIUM-3 va undan so'nggi markalaridan foydalaniladi.

### **Voqealarni EHM xotirasiga kiritish va qayta ishlash**

Kompyuter qattiq diskiga propanli pufakchali kameradan suratga tushirilgan voqealarni analiz qilish, undagi treklarni o'lchash va shunga o'xshash bir qancha ishlardan so'ng olingan tajriba ma'lumotlari to'plab qo'yilgan va binarli ko'rinishda yozilgan DST (Data Summary Tape) deb kengaytirish berilgan fayllar kiritilgan. Masalan: pC.dst, y'ani impulsi 4,2 GeV/s bo'lgan protonlarning uglerod yadrosi bilan to'qnashuvlarini tajribada o'rganishdan olingan ma'lumotlar to'plamidir. Biz bundan so'ng tajribada olingan ma'lumotlar to'plamini DST deb ataymiz.

Shunday qilib, navbatdagi vazifa DST ni o'qishdan iborat. DSTni o'qish uchun Fortran-77 tilida dasturlar tuzish lozim va tuzilgan dasturlarni kompyuter tiliga tarjima qilib beruvchi standart Fortran-Translation dasturlari lozim bo'lgan tartibda kompyuterga joylashtirilgan. Fortran tilida tuzilgan tayyor standart dasturlardan foydalanish uchun ham, albatta, foydalanuvchi kishi Fortran tili operatorlari bilan ma'lum darajada tanish bo'lmog'i lozim.

DST formati quyidagi asosiy parametrlarni o'z ichiga olgan:

#### 1. Zarracha belgisi

| 1P |   | Zarracha turi                   |
|----|---|---------------------------------|
| 2  | - | $\kappa^0$ -mezon               |
| 3  | - | $\Lambda^0$ -giperon            |
| 4  | - | $\bar{\Lambda}^0$ -giperon      |
| 5  | - | $\pi^+$ -mezon                  |
| 6  | - | $\pi^-$ -mezon                  |
| 7  | - | p-proton                        |
| 22 | - | d;t-deytron yoki tritiy va h.k. |

2. PX – impulsning X o'qi bo'yicha tashkil etuvchisi.
3. PY – impulsning Y o'qi bo'yicha tashkil etuvchisi.
4. PZ – impulsning Z o'qi bo'yicha tashkil etuvchisi.
5. W – geometrik vazn

Kamera tushayotgan zarrachaning yo'nalishi Y o'qi yo'nalishi bilan mos tushadi. Shuning uchun to'qnashish jarayonida hosil bo'lgan ikkilamchi zarrachaning fazoviy burchagi quyidagicha topiladi:

$$\Theta = \arccos(PY/P)$$

Bunda  $P = [PX \cdot PX + PY \cdot PY + PZ \cdot PZ]^{1/2}$  - zarrachaning to'la impulsi.

Zarrachaning azimut burchagi  $\phi = \arctan (CX/CZ)$  ifoda orqali hisoblanadi. Bu yerda SX va SZ zarrachaning X va Z o'qlari bo'yicha yo'naltiruvchi kosinuslari deyiladi, y'ani

$$CX = \frac{PX}{P}; \quad CZ = \frac{PZ}{P}$$

Zarrachaning to'la energiyasi

$$E = \sqrt{p^2 + m^2}$$

formula orqali hisoblanadi. Bunda m – zarrachaning tinch holatdagi massasi.

PY kattalik zarrachaning bo'ylama impulsi  $P_{\parallel}$ , PZ zarrachaning ko'ndalang impulsi  $P_{\perp}$  deyiladi.

Xuddi shuningdek, zarrachaning bo'ylama va ko'ndalang tezkorliklari quyidagi formulalar orqali hisoblanadi

$$Y = 0,5 \cdot \ln \frac{E + P_{\parallel}}{E - P_{\parallel}} \qquad Y = 0,5 \cdot \ln \frac{E + P_{\perp}}{E - P_{\perp}}$$

Yuqorida keltirilgan kattaliklarni bilgan holda, foydalanuvchi uchun shu kattaliklar orqali ifodalanishi mumkin bo'lgan boshqa kinematik parametrlarni ham hisoblay bilish imkoniyati saqlanib qoladi.

Laboratoriya sistemasidan antilaboratoriya sistemasiga yoki massalar markazi sistemasiga o'tish kinematik formulalardan foydalanish bilan amalga oshiriladi va dasturga kiritiladi.

Dastur tuzish orqali foydalanuvchi bir turdagi yoki bir necha turdagi zarrachalarning parametrlarini hisoblab, ular haqida ma'lumotlar olish mumkin. Tushunish oson bo'lishi uchun biz impulsi 4,2 GeV/s bo'lgan protonlarning uglerod yadrosi bilan to'qnashuvlarida hosil bo'luvchi  $\pi^-$ -mezonlarning ko'plamchiligi va impulsini o'rganishga oid bo'lgan sodda dasturhi qarab chiqamiz va dasturhing har bir satriga qisqacha izoh beramiz.

```

!!! Dastur
$debug
    program pCint
    common//hbm(5000)
    integer*2 idata(200),ip,np,length
    logical logvar,hexist
    character*30 outfile,infile,tit
    equivalence(idata,data)
    data infile/id:Dubna\dst\Mds.dst`/
    call hlimit(5000)
    open(7,file=outfile,status='new')
    call houtpu(7)
    call hermes(7)
c-----
    call hbook1(1,'Multiplicity.of  $\pi$ -$,10,1.,
    11.,0.)
    call hbook1(2,'p for pimin with w$,
    40,-.05,3.95,0)
    open(78,file=infile,status='old',
    Form='unformatted')
    call hreset(0,0)
    call hbstat(0)
    call hbarx(0)
    read(78,end=100)length,(idata(i),ik2,length)
    npk=(length-5)/5
    wev=FLOAT(idata(5))/1000
    pri=0
    do 9 i=1,np
    ip=idata(i*5+1)
    if(ip.le.0)go to 9
    if(ip.ne.6) go to 9
    Iwi=Idata(iaddr+5)& W GEOM=FLOAT(IWI/
    100)/100.+1
    W PROT=1.-FLOAT(IWI-(IWI/100)*100.)/400
    WI=WGEOM*WPROT*NEW
    Px=FLOAT(idata(iaddr+2)/1000.
    Py=FLOAT(IDATA(IADDR+3)/1000.
    Pz=FLOAT(IDATA(IADDR+4)/1000.
    P=sqrt(px*px+py*py+pz*pz)
    Npi=npi+1
9    continue
    go to 1
100 continue
    call hprint(0)
    end

```

Dasturdagi har bir satr izohini son tartibida yozamiz:

1. Dasturdagi xatolar haqida xabar beruvchi belgi.
2. Dastur nomi.
3. Masalani bajarish davomida kompyuter uchun ajratilgan xotira.
4. Kiritiluvchi kattalik(parametr)larning butun son ekanligini ta'kidlash.
5. Mantiqiy kattalik(parametr)lar.
6. Tavsifiy kattalik(parametr)lar.
7. Ekvivalent kattalik(parametr)lar.
8. Kirituvchi ma'lumot. Bunda DTS ning nomi va qaysi katalogda joylashganligi aniq ko'rsatilishi lozim.
9. Kompyuter uchun talab qilingan hisob vaqti.
10. Hisob natijalarini yozib qo'yish uchun yangi fayl ochish.
11. Natijalar faylini kompyuter xotirasiga yozish.
12. Xatolar faylini kompyuter xotirasiga yozish.
13. Izoh.

14-15. Olinayotgan kattalik(parametr)lar uchun gistogrammalar o'lchami, tartibi, gistogramma nomi, taqsimotga tushishi lozim bo'lgan nuqtalar soni va kattalik(parametr)ning taqsimotdagi quyi va yuqori chegarasi.

Kompyuterga «SERN kutubxonasi (CERN Librari)» deb ataluvchi dasturlar paketi kiritilgan. Bu dasturlar ro'yhati quyidagicha:

BOOK.LIB  
CERN.LIB  
MYLIB.LIB  
va h.k.

Ro'yhatdagi har bir\*.LIB dastur ma'lum bir vazifani bajaradi. Shulardan BOOK.LIB dasturi qaralayotgan kattalikning shu turdagi zarrachalar soni bilan bog'liqligini ifodalovchi bir o'lchamli taqsimotni yoki bu kattalikning boshqa bir kattalik bilan bog'liqligini ko'rsatuvchi ikki o'lchovli taqsimotni va uning grafik tasvirini olishga imkon beradi. Bundan tashqari, bu va ro'yhatdagi boshqa dasturlardan foydalanib, olinayotgan taqsimot (gistogramma) ning har bir nuqtasiga to'g'ri keluvchi zarrachalar soni, ularning xatoligi, parametrning eng kichik (min) va eng katta (max) qiymatlari, parametrning o'rtacha qiymati olinadi.

16. DST kiritiluvchi eski faylni ochish.

17. Gistogrammaning hamma kanallarini nollashtirish (boshlang'ich holda).

18. Taqsimotni haqiqiy qiymatlar bilan to'ldirish jarayonida o'rtacha qiymat, o'rtacha chetlanish, assimetriya, ekspress hamda ekvivalent voqealarning soni hisoblab boriladi.

19. Bir o'lchamli gistogramma uchun xatolar kompyuter xotirasida saqlanadi va chiqarishda taqsimotga biriktirib yoziladi. Xatolik kattaligi quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$\text{ERROR}(I) = \sqrt{\sum_{J=1}^N W(I, J)}$$

Bunda  $I$  ! binning (oraligining) tartibi,  $N$  –  $I$  binga kirishlar soni,  $W(I, J)$ –  $J$  voqeaning  $I$  bindagi ehtimoliyati.

20. DSTni o'qish.

21. To'qnashuvda hosil bo'lgan zarrachalar sonini aniqlash.

22. Vaznni aniqlash.

23. Zarrachalar sonini nullashtirish.

24. 1 dan to to'qnashuvda hosil bo'lgan zarrachalar soni  $n_p$  ga qadar ishlovchi sikl ochish.

25. Zarracha belgisini aniqlash

26. Zarracha belgisi manfiy bo'lsa, siklni to'xtatish.

27.  $\pi^-$  - mezondan boshqa zarrachani olmaslik.

28-30. Geometrik vaznni hisoblash.

31-33. Zarrachaning koordinatalar bo'yicha impulsini o'qish.

34. Zarrachaning to'la impulsini hisoblash.

35. To'qnashuvda hosil bo'lgan shu turdagi zarrachalar sonini hisoblash.

36. Siklni tugatish.

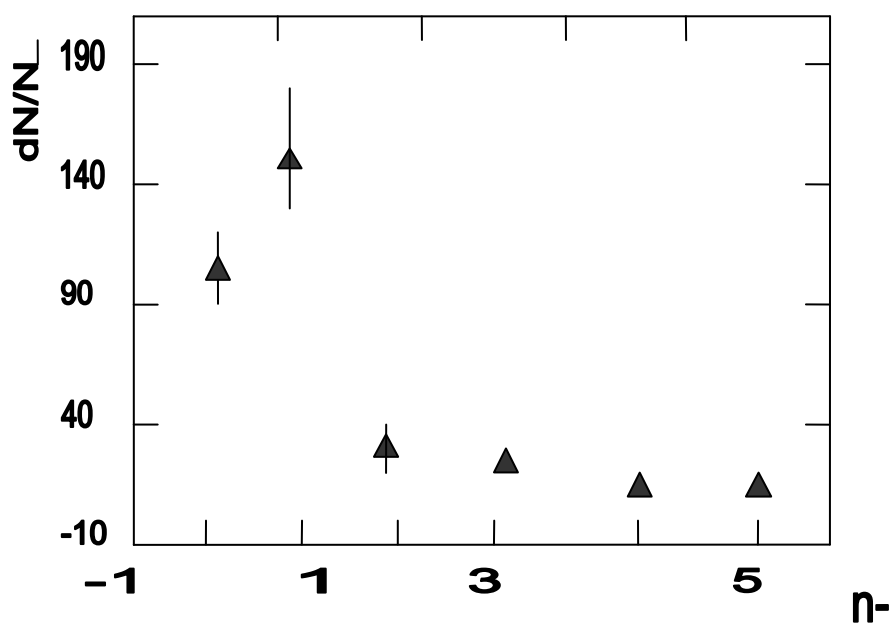
37. DSTdagi navbatdagi voqeani o'qishga o'tish.

38. DST o'qib bo'lingach dasto'rning boshqa operatorlarini bajarish.

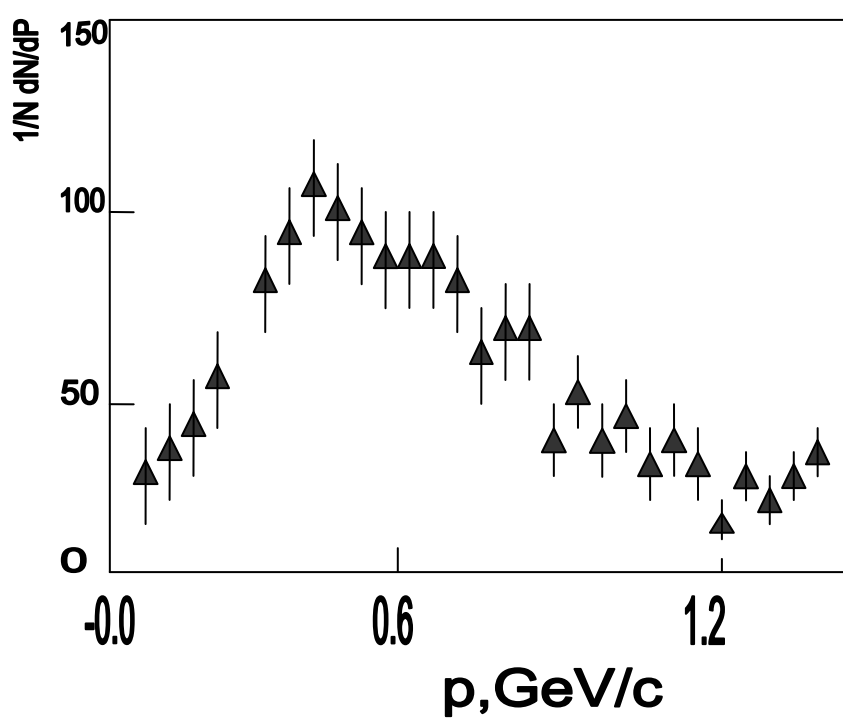
39. Gistogrammalarni pechatga chiqarish.

40. Dasturni bajarilishini tugatish.

Ma'lumki, tajriba o'tkazish davomida hosil bo'lgan ikkilamchi zarrachalarning impulsleri va burchaklarini o'lchashda xatoliklarga yo'l qo'yiladi. Bu xatoliklarni uslubiy yo'llar bilan aniqlab va har xil tuzatmalar kiritilib, zarralarning haqiqiy impulsleri va burchaklari hisoblanadi. Bu to'zatmalar tajriba natijalarini qayta ishlashda asosiy dasto'rning ichida maxsus dastur orqali aniqlanadi. Bunga zarrachalarning «vazni» deyiladi.



*Rasm 1. pC-o'zaro to'qnashuvlarida hosil bo'lgan  $\pi^-$  - mezonlarning o'rtacha ko'pligi.*



*Rasm 2. pC-o'zaro to'qnashuvlarida hosil bo'lgan  $\pi^-$  - mezonlarni impuls bo'yicha taqsimoti.*

## ILOVA

### Fizik kattaliklarni o'lchashdagi chetlanishlar (xatoliklar)

Har qanday fizik kattaliklarni o'lchashda ularning haqiqiy qiymatlarini aniqlash mumkin bo'lmaydi.

O'lchash xatoliklari texnik qiyinchiliklar (o'lchash asboblarning yuqori sifatga ega bo'lmaganligi, ko'p hollarda asboblarning ko'rsatishini qayd qiluvchi inson ko'rish apparati imkoniyatlarining chegaralanganligi va h.k.) va hisobga olish qiyin hamda mumkin bo'lmagan bir qancha faktorlar (havo temperaturasi, tebranishi, o'lchash asboblari yaqinida havo oqimining harakati, o'lchash asbobining laboratoriya stoli bilan birgalikdagi vibratsiyasi va h.k.) tufayli yuz berishi mumkin.

Fizik kattaliklarning haqiqiy va o'lchangan qiymatlari orasidagi farq o'lchash xatoligi (chetlanish) deyiladi.

1. O'lchashdagi uslubiy xatoliklar qo'llanilayotgan o'lchash usulining kamchiliklari, o'lchanayotgan kattalikka taalluqli bo'lgan fizik hodisalar nazariyasining takomillashmaganligi va foydalanilayotgan hisoblashlar formulasining noaniqligi tufayli sodir bo'ladi. Masalan, analitik tarozida jismlarni tortishda uslubiy xatoliklar turli xil og'irliklar va atrof-muhit havosining turli xil kuchlar bilan ta'sir qilishining hisobga olinmasligi tufayli bo'ladi.

Uslubiy xatoliklar o'lchash uslublarini mukammallashtirish va o'zgartirish hamda hisoblash formulalariga tuzatmalar kiritish orqali kamaytirilishi mumkin.

2. O'lchashlarda asboblarning tomonidan yo'l qo'yiladigan xatoliklar (chetlanishlar) o'lchash asboblari tayyorlashdagi noaniqliklar va konstruksiyalarning mukammal emasligidan kelib chiqadi.

Masalan, sekundomer harakati temperatura tebranishining o'zgarishi, sekundomer shkalasi markazining uning aylanish o'qi bilan mos tushmasligi va h.k.

Asboblarning xatoliklarini kamaytirish tajribalarda yangi (shu bilan birga qimmat turuvchi) asboblarni qo'llash orqali erishiladi. Asboblarning tufayli yo'l qo'yiladigan chetlanishlardan to'liq qutulish mumkin emas.

3. Tasodifiy chetlanishlar hisobga olish imkoni bo'lmaydigan ko'pgina omillar (faktorlar) tufayli sodir etiladi. Masalan, sezgirligi yuqori bo'lgan richagli tarozilarning ko'rsatishlariga quyidagilar ta'sir qilishi mumkin: ko'chadan o'tuvchi avtomobillar ta'sirida binoning vibratsiyasi, tarozi pallasida o'tirib qolgan changlar va h.k.

Tasodifiy xatoliklardan butunlay qutulib bo'lmaydi, lekin tajribaviy o'lchashlarni bir necha marta takrorlab, ularni kamaytirish mumkin. Bu vaqtda o'lchash natijalarining ko'payishi va kamayishiga olib keluvchi faktorlar ta'siri kompensatsiya qilinadi.

Qaysidir fizik kattalikning o'lchash natijasi sifatida  $n$  o'lchashlarning o'rtacha arifmetik  $A_{o'rt}$  qiymati qabul qilinadi:

$$A_{o'rt} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n}$$

$A_i$   $i$  – o'lchash natijasining o'rtacha arifmetik qiymatdan chetlanish moduliga berilgan o'lchashning absolyut chetlanishi (xatoligi) deyiladi:

$$\Delta A_i = |A_{o'rt} - A_i|$$

$n$  o'lchashlarning o'rtacha arifmetik xatoligi  $\Delta A_{o'p}$  deb quyidagi kattalikka aytiladi:

$$\Delta A_{o'rt} = \sum_{i=1}^n |\Delta A_i| / n$$

Fizik kattaliklarning o'lchash aniqliklarini solishtirish uchun foizlarda ifoda qilinuvchi nisbiy xatolik  $E$  hisoblanadi:

$$E = \frac{\Delta A_{o'rt}}{A_{o'rt}}$$

Fizik kattaliklarni o'lchashning uzil-kesil natijalari quyidagi ko'rinishda beriladi:

$$A = A_{o'rt} \pm \Delta A$$

Bunday ko'rinishdagi yozuv shuni anglatadiki, o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati  $A_{o'rt} - \Delta A$  dan  $A_{o'rt} + \Delta A$  gacha bo'lgan oraliqda yotadi. Absolyut xatolik  $\Delta A$  sifatida o'rtacha arifmetik va asbob xatoliklaridan eng kattasi qabul qilinadi.

Ko'pchilik o'lchash asboblarning shkalalarida o'lchashning aniqlik darajasi (klass) ko'rsatiladi. Aniqlik darajasining shartli belgisi bo'lib, aylana ichida ko'rsatilgan raqam hisoblanadi.

Aniqlik darajasi berilgan asbob o'lchashi mumkin bo'lgan eng katta qiymatdan foizlarda asbobning absolyut xatoligini aniqlaydi. Masalan, ampermetr 0 dan 5 ampergacha shkalaga ega bo'lib, uning aniqlik darajasi 1,0 ga teng. Bu ampermetr orqali tok kuchini o'lchashning absolyut xatoligi 5 amperning 1 foizini tashkil qiladi, yoki  $\Delta I_{asbob} = \pm 0,05A$ .

Agar asbob shkalasida aniqlik darajasi ko'rsatilmagan bo'lsa, asbobning absolyut chetlanishi odatda asbob shkalasi bo'linishi eng kichik qiymatining yarmiga teng deb qabul qilinadi. Masalan, millimetr lineykasi yordamida o'zunlikni o'lchashning absolyut chetlanishi odatda  $\pm 0,05$  ga teng deb qabul qilinadi.

### Ayrim zarralar massalari

| Zarra           | Kg                       | MeV    |
|-----------------|--------------------------|--------|
| <i>Elektron</i> | $9,10953 \cdot 10^{-31}$ | 0,511  |
| <i>Proton</i>   | $1,67265 \cdot 10^{-27}$ | 938,23 |
| <i>Neytron</i>  | $1,6748 \cdot 10^{-27}$  | 938,53 |
| $\alpha$ -zarra | $6,6444 \cdot 10^{-27}$  | 3726,2 |

### 2-jadval

#### Energiya birliklari o'rtasidagi munosabatlar

| Birliklar     | eV                   | Erg                  | Joul                 | Kal                   |
|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| <i>1 eV</i>   | 1                    | $1,6 \cdot 10^{-12}$ | $1,6 \cdot 10^{-19}$ | $3,83 \cdot 10^{-20}$ |
| <i>1 erg</i>  | $6,25 \cdot 10^{11}$ | 1                    | $10^{-7}$            | $2,39 \cdot 10^{-8}$  |
| <i>1 Joul</i> | $6,25 \cdot 10^{18}$ | $10^7$               | 1                    | 0,239                 |
| <i>1 kal</i>  | $2,61 \cdot 10^{19}$ | $4,18 \cdot 10^7$    | 4,18                 | 1                     |

Uzunlik birliklari o'rtasidagi munosabat:

$10^{-3}$  km = 1 m = 10 dm =  $10^2$  sm =  $10^3$  mm =  $10^6$  mkm (mikrometr) =  $10^9$  nm (nanometr) =  $10^{12}$  pm (pikometr).

Vaqt birliklari o'rtasidagi munosabat:

1 sutka = 24 soat = 1440 minut (min) = 86400 sekund (s)

1 soat = 60 min = 3600 s.

### 3-jadval

#### Ayrim moddalarning zichliklari

| Modda            | Zichlik<br>$10^3 \text{kg/m}^3$ | Modda         | Zichlik<br>$10^3 \text{kg/m}^3$ | Modda              | Zichlik<br>$10^3 \text{kg/m}^3$ |
|------------------|---------------------------------|---------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| <i>Alyuminiy</i> | 2,7                             | <i>Oltin</i>  | 19,3                            | <i>Natriy</i>      | 0,97                            |
| <i>Berilliy</i>  | 1,85                            | <i>Indiy</i>  | 7,28                            | <i>Nikel</i>       | 8,9                             |
| <i>Bor</i>       | 2,45                            | <i>Kadmiy</i> | 8,65                            | <i>Kaliy</i>       | 7,4                             |
| <i>Vismut</i>    | 9,8                             | <i>Kaliy</i>  | 0,86                            | <i>Platina</i>     | 21,5                            |
| <i>Havo</i>      | 1,293                           | <i>Kobalt</i> | 8,9                             | <i>Simob</i>       | 13,6                            |
| <i>Volfram</i>   | 1,91                            | <i>Litiy</i>  | 0,53                            | <i>Qo'rg'oshin</i> | 11,3                            |
| <i>Grafit</i>    | 1,6                             | <i>Magniy</i> | 1,74                            | <i>Kumush</i>      | 10,5                            |
| <i>Temir</i>     | 7,8                             | <i>Mis</i>    | 8,9                             | <i>Rux</i>         | 7,0                             |

### 4-jadval

#### Materiallari turlicha antikatod uchun rentgen nurlari

#### K-seriyasining chegarasi ( $10^{-8}$ m da)

|                           |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| <i>Volfram</i> .....0,178 | <i>Platina</i> .....0,158   |
| <i>Oltin</i> .....0,153   | <i>Kumush</i> .....0,484    |
| <i>Mis</i> .....1,38      | <i>Alyuminiy</i> .....7,936 |

### 5-jadval

#### Fundamental fizik kattaliklar (SI birliklar sistemasida)

| O'zgarmas kattaliklar                                               | Belgilanishi                          | Son qiymatlari                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Massaning atom birlig i( $10^{-3}\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ )Na | m.a.b                                 | $1,6605655(86) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$                                                                               |
| Elementar zaryad                                                    | e                                     | $1,6021829(46) \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$                                                                               |
| Elektronning solishtirma zaryadi                                    | E/m                                   | $1,5388047(49) \cdot 10^{11} \text{ Kl}\cdot\text{kg}$                                                                  |
| Neytronning kompton to'liq o'zunligi                                | $\lambda_{c,n} = h/m_n s$             | $1,31955909(22) \cdot 10^{-15} \text{ m}$                                                                               |
| Protonning kompton to'liq o'zunligi                                 | $\lambda_{c,p} = h/m_p s$             | $1,3214099(22) \cdot 10^{-15} \text{ m}$                                                                                |
| Elektronning kompton to'liq o'zunligi                               | $\lambda_c = \alpha^2/2R_\infty$      | $2,4263089(40) \cdot 10^{-12} \text{ m}$                                                                                |
| Bor magnetoni                                                       | $\mu_B = eh/4\pi m_e$                 | $9,274078(36) \cdot 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{G}^{-1}$                                                             |
| Yadro magnetoni                                                     | $\mu_N = eh/4\pi m_p$                 | $5,050824(20) \cdot 10^{-1} \text{ J} \cdot \text{G}$                                                                   |
| Protonning magnit momenti                                           | $\mu_p$                               | $1,4106171(55) \cdot 10^{-26} \text{ J} \cdot \text{G}$                                                                 |
| Myuonning magnit momenti                                            | $\mu_\mu$                             | $4,490474(18) \cdot 10^{-261} \text{ J} \cdot \text{G}$                                                                 |
| Elektronning magnit momenti                                         | $\mu_e$                               | $9,284832(36) \cdot 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{G}^{-1}$                                                             |
| Elektron magnit momentining proton magnit momentiga nisbati         | $\mu_e/\mu_p$                         | 658,2106880(66)                                                                                                         |
| Myuon magnit momentining proton magnit momentiga nisbati            | $\mu_\mu/\mu_p$                       | 3,1833402(72)                                                                                                           |
| Erkin elektronning g-faktori                                        | $g_e = 2(\mu_e/\mu_B)$                | $2 \cdot 1,0011596567(35)$                                                                                              |
| Erkin myuonning g-faktori                                           | $g_\mu$                               | $2 \cdot 1,00116616(31)$                                                                                                |
| Protonning giromagnit nisbati                                       | $\nu_p = g_e/2m_p$                    | $2,6751987(75) \cdot 10^8 \text{ c}^{-1} \text{ T}^{-1}$                                                                |
| Elektronning tinch holatdagi massasi                                | $m_e$                                 | $9,109534(47) \cdot 10^{-31} \text{ kg}$                                                                                |
| Protonning tinch holatdagi massasi                                  | $m_p$                                 | $1,6726485(86) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$<br>$1,007276470(11) \text{ m.a.b.}$                                           |
| Neytronning tinch holatdagi massasi                                 | $m_n$                                 | $1,6749543(86) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$<br>$1,008665012(37) \text{ m.a.b.}$                                           |
| Myuonning tinch holatdagi massasi                                   | $m_\mu$                               | $1,883566(11) \cdot 10^{-2} \text{ kg}$<br>$0,11342920(26) \text{ m.a.b.}$                                              |
| Proton massasining elektron massasiga nisbati                       | $m_p/m_e$                             | 1836,15152(70)                                                                                                          |
| Myuon massasining elektron massasiga nisbati                        | $M_\mu/m_e$                           | 206,768(47)                                                                                                             |
| Vod. atomi mas.g elek. mas.nis.                                     | $M_H/m_e$                             | 1837,5                                                                                                                  |
| Vodorod atomining massasi                                           | $M_H$                                 | $1,6737 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$                                                                                      |
| Atom massalari :m. a. b. da                                         |                                       |                                                                                                                         |
| Vodorod                                                             | $^1\text{H}$                          | 1,007825036(11)                                                                                                         |
| Deyteriy                                                            | $^2\text{H}$                          | 2,014101795(21)                                                                                                         |
| Geliy                                                               | $^4\text{He}$                         | 4,002603267(48)                                                                                                         |
| Avogadro doimiysi                                                   | $N_A$                                 | $6,022045(31) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$                                                                           |
| Loshmidt doimiysi                                                   | $n_0$                                 | $2,687 \cdot 10^{19}$                                                                                                   |
| Faradey doimiysi                                                    | $F = N_A e$                           | $96484,56(27) \text{ Kl} \cdot \text{mol}^{-1}$                                                                         |
| Universal gaz doimiysi                                              | R                                     | $8,31441(26) \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$                                                            |
| Ideal gazning molyar hajmi                                          | $V_m = RT_0/p_0$                      | $22,41383(70) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$                                                               |
| Boltsman doimiysi                                                   | $K = R/N_A$                           | $1,380662(44) \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$                                                             |
| Gravitatsiya doimiysi                                               | G                                     | $6,6720(41) \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$                                             |
| Yorug'likning vakuumdagi tezligi                                    | C                                     | $299792458(1,2) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$                                                                          |
| Elektr doimiysi                                                     | $\epsilon_0 = (\mu_0 c^2)^{-1}$       | $8,85418782(7) \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$                                                            |
| Plank doimiysi                                                      | $h$<br>$h/2\pi$                       | $6,626176(36) \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{Gs}^{-1}$<br>$1,0545887(57) \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ |
| Stafan-Boltsman doimiysi                                            | $\sigma = (\pi^5/60)k^4/h^3 c^2$      | $5,67032(71) \cdot 10^{-8} \text{ Bm} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$                                          |
| Vinning siljish qonuni doimiysi                                     | $b = \lambda_m T$                     | $0,0028978 \text{ m} \cdot \text{K}$                                                                                    |
| Ridberg doimiysi                                                    | $R_\infty = me^4/8\epsilon_1^2 h^3 c$ | $10973731,77 (83) \cdot \text{m}^{-1}$                                                                                  |
| Vodorod uchun                                                       | $R_H$                                 | $10967760 \text{ m}^{-1}$                                                                                               |
| Deyteriy uchun                                                      | $R_D$                                 | $10970742 \text{ m}^{-1}$                                                                                               |
| Ionlashgan geliy uchun                                              | $R_{He}$                              | $1097223 \text{ m}^{-1}$                                                                                                |

|                                 |                                                |                                          |
|---------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Nozik struktura doimiysi        | $\alpha = \mu_0 c e^2 / 2 \hbar \alpha^{-1}$   | $0,0072973506(60)$<br>$137,03604(11)$    |
| Bor radiusi                     | $\alpha_0 = \varepsilon_0 \hbar^2 / \pi m e^2$ | $0,52917706(44) \cdot 10^{-10} \text{m}$ |
| Elektron radiusi mumtoz qiymati | $r_e = e^2 / 4 \pi \varepsilon_0 m c^2$        | $2,8179380(70) \cdot 10^{-15} \text{m}$  |
| Tomson sochilishi kesimi        | $\sigma_T = 8 \pi r_e / 3$                     | $6,65 \cdot 10^{-29} \text{m}^2$         |

## 6-jadval

### Elementlarning ayrim xossalari

| Element  | Belgisi | Atom<br>nomeri | Atom<br>og'irl. | Elektron<br>konfigur.           | Asosiy<br>holat | Ionizatsiya potentsiali<br>(voltlarda) |       |        | Erish<br>t-tura, °C |
|----------|---------|----------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|----------------------------------------|-------|--------|---------------------|
| 1        | 2       | 3              | 4               | 5                               | 6               | 7                                      | 8     | 9      | 10                  |
| Vodorod  | H       | 1              | 1,008           | 1s                              | $^2S_{1/2}$     | 13,595                                 | -     | -      | -259,2              |
| Geliy    | He      | 2              | 4,003           | 1s <sup>2</sup>                 | $^1S_0$         | 24,58                                  | 54,40 | -      | -271,4              |
| Litiy    | Li      | 3              | 6,940           | 2s                              | $^2S_{1/2}$     | 5,39                                   | 75,62 | 122,42 | 180                 |
| Berilliy | Be      | 4              | 9,013           | 2s <sup>2</sup>                 | $^1S_0$         | 9,32                                   | 18,21 | 153,85 | 1280                |
| Bor      | B       | 5              | 10,82           | 2s <sup>2</sup> 2p              | $^2P_{1/2}$     | 8,30                                   | 25,15 | 37,92  | 2030                |
| Uglerod  | C       | 6              | 12,011          | 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup> | $^3P_0$         | 11,26                                  | 24,38 | 47,87  | >3500               |
| Azot     | N       | 7              | 14,008          | 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> | $^4P_{3/2}$     | 14,53                                  | 29,59 | 47,37  | -210                |
| Kislorod | O       | 8              | 16,0            | 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> | $^3P_2$         | 13,61                                  | 35,11 | 54,89  | -218,8              |
| Ftor     | F       | 9              | 19,00           | 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup> | $^2P_{3/2}$     | 17,42                                  | 34,98 | 62,65  | -219,6              |
| Neon     | Ne      | 10             | 20,183          | 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> | $^1S_0$         | 21,56                                  | 41,07 | 63,5   | -248,6              |
| Natriy   | Na      | 11             | 22,991          | 3s                              | $^2S_{1/2}$     | 5,14                                   | 47,29 | 71,65  | 97,8                |
| Magniy   | Mg      | 12             | 24,32           | 3s <sup>2</sup>                 | $^1S_0$         | 7,64                                   | 15,03 | 80,12  | 650                 |

## 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 практикum. «Наука» М. 1978, проф. Иверонова тахрири остида.
6. С.В.Стародубцев. Ядерная физика. «Фан» Т.1970.
7. Ю.Г.Жуковский и др. Практикum по ядерной физике, «Высшая школа», М. 1975.
8. М.М.Мўминов, Х.Хайдаров, Физикадан лаборатория машғулотлари. «Ўқитувчи», Т. 1968.
9. О.Ф.Неметс, Ю.В.Гофман. Справочник по ядерной физике. «Науково думка», Киев, 1975.
10. Б.С.Султонов. Квант физикадан амалий машғулотлар. «Ўқитувчи», Т. 1992.
11. К.Суп. Пузырковая камера. Измерение и обработка данных. М.: Наука, 1970
12. Автоматическая обработка данных с пузырьковых и искровых камер. Сб. статей под ред. Б.С.Розова. –М.: Атомиздат, 1971.
13. С.Пауелл, П.Фаулер, Д.Перкинс. Исследование элементарных частиц фотографическим методом. М.: Атомиздат, 1962.
14. HBOOK User Guide. CTRN COMPUTER CENTRE PROGRAM LIBRARY LONG-UP, 1990.

Ushbu laboratoriya ishlarini bajarish bo'yicha tavsiyanoma Respublika Ta'lim markazi ilmiy-uslubiy Kengashi tomonidan (15.04.2005 y.) oliy o'quv yurtlarining fizika va fizika-matematika fakultetlari talabalari uchun o'quv qo'llanma sifatida chop qilishga ruhsat etilgan.

*amaliy qo'llanma*

**R.N.BEKMIRZAYEV,  
Q. OLIMOV,  
B.S. SULTONOV**

## **KVANT FIZIKASIDAN AMALIY MASHG'ULOTLAR**

Terishga berildi 20.04.05 yil.  
Bosishga ruhsat etildi 28.04.05 yil.  
Qog'oz bichimi 30X42, 1,6 bosma toboq.  
Adadi 500 nusxa. Buyurtma № 38.  
Bahosi shartnoma asosida.