

**Al-Xorazmiy nomidagi Urganch Davlat universiteti Fizika-texnika
fakulteti «Fizika» yo`nalishi talabalari uchun «Atom fizikasi» fanidan
laboratoriya ishlari**

Sh.Ismailov

Urganch – 2010

1- Laboratoriya ishi

Mavzu: Atom fizikasi laboratoriyasida o'lchash holatlari.

Tajriba natijalarida o'rganilayotgan xodisaning extimollilik xarakteri bilan bog'liq statistic fuluktatsiyalardan chetga chiqishdan tashqari tajriba va uni qayta ishlash paytidagi tasodifiy ta'sirlar xam o'z xossasini ko'shadi. Bu ta'sirlar tajriba natijalarining sochilib ketishga va tajriba natijasida olingan kattalikning o'rtaja qiymatining siljishiga olib keladi.

Tashqi ta'sir xatoliklarining xar biri o'z taqsimotiga bo'ysunadi va ularning yig'indisi Gauss taqsimoti ko'rinishida deb olish mumkin. Amalda natijalarning o'rtacha qiymatdan og'ishi xatolik deb ataladi. Tajriba vaqtda xatoliklardan to'liq qutilishning iloji yo'q chunki tajriba qanchalik toza o'tkazilishiga qaramay unda statistic xatolik xamda vaqt mavjud bo'ladi. Amalda tajribaning o'tkazilishi metodikasiga qarab xatolikning kattaligi xam farq qiladi. Shuning uchun xozirgi vaqtda kattalikning xatoligi ko'rsatiklmasdan , uning uchun ishonchlilik intervoli ko'rsatish qabul qilingan. Ishonchlilik intervoli shu kattalikning ma'lum extimollik bilan shu oraliqda bo'lib qolishini bildiradi. X kattalikning $\bar{x} - \Delta\epsilon_i; \bar{x} + \Delta\epsilon$ ishonchlilik intervoliga (I-d) ishonchlilik extimoliga mos keladi. Tajribada x va G kattaliklarni aniqlash yo'liga to'xtalib o'taylik . Faraz qilaylik tajriba natijasida $\varsigma_1, \varsigma_2, \dots, \varsigma_n$ natijalar olindi. U holda o'rtacha qiymat $\bar{x}$ va G_2 dispersiya sifatida

$$\tilde{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varsigma_i \quad (1)$$

$$\tilde{G}_2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\varsigma_i - \tilde{x})^2 \quad (2)$$

kattaliklar qabul qilingan .

Alohida olingan natijalarning dispersiyasi o'rtacha qiymatning dispersiyasidan n marta katta:

$$G^2_2 = \frac{1}{(n-1)n} \sum_{i=1}^n (\varsigma_i - \tilde{x})^2 \quad (3)$$

(1), (2), (3) larga asosan n kattalik katta bo'lsa tajriba natijasida shunchalik aniq bo'ladi. n ning chegaralanganligini ham hisobga olish kerak. Buning uchun $C_{\alpha\bar{n}}$ Styudent koeffisientlaridan foydalaniladi. Berilgan (I- α) xatolik bilan $\tilde{x}$ to'liqinchani aniqlashda ishonchlilik intervoli quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{x} = \tilde{x} \pm C_{\alpha\bar{n}} \tilde{G}_2 \quad (4)$$

$\bar{x}$ va $\tilde{G}_2$ (1) va (3) formulalar yordamida aniqlanadi. Styudent koeffisientlari quyidagi jadvalda keltirilgan:

Styudent koeffisientlari

O'lchamlar soni	$\alpha=0.3$	$\alpha=0.2$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.05$
2	2.0	3.1	6.3	12.7
3	1.3	1.9	2.9	4.7
4	1.3	1.6	2.4	3.8
5	1.2	1.5	2.1	2.9
6	1.2	1.5	2.0	2.6
7	1.1	1.4	1.9	2.5
8	1.1	1.4	1.9	2.4
9	1.1	1.4	1.9	2.3
10	1.1	1.4	1.8	2.3

Bizning laboratoriya sharoitida o'tkaziladigan tajribaklar uchun $P=0.8-0.7$ deb qabul qilish zarur. Maslan, faraz qilaylik tajriba natijasida $\bar{x}$ kattalik uchun $x=10.5$, $x=10$, $x=9.5$ qiymatlar olinadi. $\bar{x}$ ni va ishonchlilik intervolini topish talab qilinsin. (1) va (3) formulalardan o'rtacha qiymat $\bar{x}=10$ va $\tilde{G}_\alpha=0.29$ gat eng. Agarda $P=0.7$ va $P=0.95$ deb olinsin, u holda $C 0.33=1.3$ va $C 0.01=4.3$ natijada $P=0.7$ u hol uchun $\bar{x}=10 \pm 0.38$ va $P=0.95$ hol uchun $X=10 \pm 1.025$.

Tajriba natijalarini bu usuldan tashqari kichik kvadratlar metodi bilan xam qayta ishlash mumkin.

Bu metod to'g'risida maxsus adabiyotlardan tushunchalar olish mumkin. (1) Ba'zi laboratoriya ishlari uchun xatolikning xisoblashningn maxsus yo'lari ilovada keltirilgan.

Adabiyotlar.

1. Smirnov. N. B. va boshqalar, Texnika amaliyoti uchun matematik statistika extimollar nazariyasi kursi. Nauka. 1969 yil.
2. Antonova I.A. va boshqalar. Yadro fizikasidan praktikum, M. 1988 yil.
3. Ivernova .V .N. Fizikadan praktikum 1954 yil.

Labaratoriya № 2

Tomson usuli bilan elektronning solishtirma zaryadini aniqlash.

Ishdan maqsad: Ishlab chiqilgan maxsus dastur asosida, EXM displeyini «Vil'son qamerasi» sifatida qo'llab elektro'ning elektir va magnit maydonlaridagi xarakat trayektoriyalarini o'rganish, Tomson uslubi bilan elektronning solishtirma zaryadi ($\frac{e}{m}$) ni aniqlash.

Kerakli asbob-uskunalar: Shaxsiy kompyuter(masalan, pentyum risimli) mazkur laboratoriya ishi uchun ishlab chiqilgan EXM dasturi.

Qisqacha nazariy ma'lumot.

Bir jinisli magnit maydonida ixtiyoriy yo'nalishda harakatlanayotgan “ q ” nuqtaviy elektir zaryadiga Lorens kuchi ta'sir qiladi:

$$F = q [\mathbf{v} \cdot \vec{B}] \quad (1)$$

bunda $\mathbf{v}$ -nuqtaviy zaryad xarakat tezligi, $\vec{B}$ -magnit maydon induksiya vektori. Bunda zaryadga ta'sir qiluvchi kuch ($\vec{F}$) vector kattalik bo'lib uning yo'nalishi chap qo'l qoidasidan aniqlanadi: agar ochilgan chap qo'l kafti unga magnit induksiya vektori ($\vec{B}$) tik kiradigan qilib joylashtirilsa, to'rtta barmoq yo'nalishi zarra tezligi ($\vec{v}$) yo'nalishida bo'lsa, u holda bosh barmoq yo'nalishi zaryadli zarraga magnit maydon tamonidan ta'sir qiluvchi kuchni ko'rsatadi. Zaryad ishorasiga qarab kuch yo'nalishi qarama-qarshi tamonga o'zgarishi mumkin. Lorens kuchi moduli:

$$F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

bunda α -zaryad tezligi ($\vec{v}$) va magnit induksiya vektori ($\vec{B}$) orasidagi burchak (1) va (2) ifodadan ayonki maydon elektir maydondan farqli ravishda, xarakatsiz zaryadga mutlaqo ta'sir qilmaydi. Bundan tashqari (2) ifodadan ko'rinib turibdiki $\alpha = 0$ bo'lganda xam magnit maydon elektir zaryadga ta'sir qilmaydi, ya'ni $\vec{B}$ yo'nalishda tekis harakatlanayotgan zaryadga magnit maydon hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi.

Agarda elektir zaryadga ta'sir qilayotgan bo'lsa, u xolda zarraga ta'sir qiluvchi natijaviy kuch

$$\vec{F} = q\vec{E} + [\vec{v} \cdot \vec{B}] \quad (3)$$

bo'ladi. Bu ifoda Lorens fo'rmulasi deyiladi.

Aytaylik , $\vec{E}=0$ va elektr zaryadi magnit maydonga perpendikulyar yo'nalgan. Bunday xolda Lorens kuchi zaryadli zarraga moduli o'zgarmas, yo'nalishi esa zarra trayektoryasiga doimiy ravishda normal bo'lgan kuch bilan ta'sir qilib turadi. Tabiiyki bunday kuch ta'sirida zaryadli zarra “ r ” radiusli aylana bo'ylab harakat qiladi. Aylana radiusi markazdan qochma kuch va Lorens kuchlari tengligi shartidan topiladi.

$\alpha = \frac{\pi}{2}$ bo'lganligi sababli

$$F_A = q \cdot \mathcal{G} \cdot B \quad (4)$$

$$q \cdot \mathcal{G} \cdot B = \frac{m\mathcal{G}^2}{r} \quad (5)$$

bunda m -elektron massasi.

$$r = \frac{m\mathcal{G}}{qB} \quad (6)$$

zarraning bir marta to'liq aylanishi uchun ketgan vaqt davri (T) deyiladi:

$$T = \frac{2\pi}{B} \cdot \frac{1}{q/m} \quad (7)$$

Ko'rinib turibdiki, zaryadli zarraning bir jinisli magnit maydonda aylanish davri faqat magnit induktsiyasi (B) ga va solishtirma zaryad ($\frac{q}{m}$) qiymatlari bilan aniqlanar ekan. Aylanish davri (T) zaryadning tezligiga bog'liq emas ekan.

Zaryadli zarralar tsiklik tezlatkichlarini (tsiklatron) ishlab chiqarish va ko'rishdaaynan shu xususiyati keng foydalaniladi.

Ko'rinib turibdiki, yuqoridagi ifodalarni bir jinisli elektr va magnit maydonda xarakatlanuvchi, nuqtaviy deb ko'rish mumkin bo'lgan har qanday zarralar (istalgan malequla yoki atom ionlari) uchun ham yozish mumkin. Ularning elektir va magnit maydondagi xarakatining solishtirma zaryadga ($\frac{q}{m}$) bog'likligidan foydalanib esa, zaryadni bilgan xolda zarra massasini va demak, u qanday element ekanligini aniqlash mumkin. Mass –psektrograf, kabi zamonaviy qurilmalar ish prinspi aynan shunday xodisalariga asoslangan.

Biz ushbu laboratoriya ishida manfiy zaryadli elektr zaryadi xisoblanmish elektronning solishtirma zaryadini ($\frac{e'}{m}$) aniqlashgaqaratilgan va fizikaning klassik tajribalaridan biri xisoblangan Tomson tajribasini imitatsion komp'yuter modeli yordamida o'tkazish uslubi bilan tanishamiz. Shuni takidlash lozimki, jarayonning imitatsion komp'yuter modeli real fizik jarayonni va fizik qonuniyatlarni to'liq aks ettirish bilan bir qatorda o'quvchiga tajriba jarayonida uning parametrlarini o'zgartirib borish, xisob-kitob qilish va natijalarni har xil ilmiy uslublar bilan aniqlangan ($\frac{q}{m}$) kattalik zamonaviy qiymatlariga solishtirib ko'rish imkoniyatini beradi.

Bizga ma'lumki Tomson tajribasi haqiqatdan real sharoitda laboratoriyada amalgam oshirilsa elektronning elektr va magnit maydonda harakat traektoriyasini ko'rish haqida gap ham bo'lishi mumkin emas. Bunda barcha hulosalar, shu jumladan, traektoriya bo'yicha chiqariladigan xulosalar ham electron traektoriyasini boshlanishi va oxirgi nuqtalarini qayt qilgan xolda faqat xisob-kitoblargagina asoslangan bo'lar edi. Imitatsion komp'yuter modelidagi ko'rgazmalilik esa o'quvchida tajribaga, va demak, jarayonda amal qilinayotgan qonuniyat bilishiga jonli qiziqishni kuchaytiradi.

Ishni bajarish tartibi:

1. EXMni elektr tarmoqqa ulang va ishga tushiring.
2. Qbasic.exe fayilini ochib, magnit.bas dasturini ishga tushuring.
3. shift+ F₃ ni bosib.
4. ekranda mashhiqlar ketma-ketligi (menyu)paydo bo'ladi.
5. Menyuda bajarilishi zarur mashhiq tartib raqami tanlanib bosiladi.

1- mashhiq

1. Bunda ekranda ixtiyoriy o'zgaras " ϑ " tezlik bilan harakat qilayotgan electron traektoriyasi kuzatiladi ($B=const$, $E=const$).
2. Klavyaturadagi ixtiyoriy tugmani bosib asosiy menyuga o'ting.
3. 2-mashhiqqa o'tish uchun 2raqamini bosib.

2- mashhiq

1. Tezliklar qiymatlari berilgan jadvaldan (magnit maydon o'zgaras bo'lgan xol uchun) ixtiyoriy tezlikni tanlang.
2. Bunda EXM manitorida doimiy magnit maydon induksiya vektori ($\vec{B}$) ga tik yo'nalishda ma'lum bir tezlik bilan tushayotgan elektronning xarakat traektoriyasi (aylana) kuzatiladi
3. Boshlang'ich tezliklar xar xil qiymatlar berib traektoriya radiusining o'zgarishini kuzating.
4. Radius qiymatlarini manitorda koordinata o'klaridan foydalanib toping.

3- mashhiq

Asosiy menyuda 3 raqamini bosib 3-mashhiqqa o'ting

- 1.O'zgaras boshlang'ich tezlikda ($\vartheta=const$)traektoriya radiusining o'zgarishining magnit maydon induksiya vektori ($\vec{B}$) bog'liqligini aniqlang.Traektoriya radiusini aniqlang.

4- mashhiq

- 1,2,3-mashhiqlardan aylana radiusi eng katta, magnit maydon induksiya eng kichik bo'lgan xolni(traecktoriya tanlang)
- 2.Magnit induksiya vektori (B)ni va boshlang'ich tezlik (ϑ) ni doimiy saqlagan xolda elektr maydon kuchlanganligini (E) oshirib borib traektoriya o'zgarishini kuzating.
- 3.Ekranda to'g'ri chiziqli traektoriyaning paydo bo'lishi elektronga ta'sir qiluvchi kuchlar tenglashganida darak beradi.

$$e \cdot E = e \cdot B \cdot \vartheta \quad \text{bundan} \quad E = \vartheta \cdot B \quad \text{ekan.}$$

4. $E = \vartheta \cdot B$ tenglikdan " ϑ " ni topib (6) tenglamaga qo'yilsa ($\frac{e}{m}$)ni topish uchun

ishchi formula xosil bo'ladi: $\frac{e}{m} = \frac{E}{RB^2}$

5. Ishchi formulaga ekrandan o'lchab olingan $E = 6.24 \cdot 10^4 \frac{V}{m}$ xamda 2- va 3- mashqlardan aniqlangan electron radiusining ($57 \cdot 10^{-3}$), magnit induksiya vektorining ($2.5 \cdot 10^{-3} Tl$) qiymatlarini qo'yib elektronning solishtirma zaryadi ($\frac{e}{m}$)ni toping va uni adabiyotlarda ma'lum bo'lga qiymati bilan solishtiring .

Nazorat savollari.

1. Solishtirma zaryad nima.
2. Zaryadning elementar qiymati deganda nimani tushunasiz.
3. Zaryadning saqlanish qonuni nima.
4. Bir jinsli elektron maydonda elektronga qanday kuch tasir qiladi.
5. YAssi elektr kandesator maydoniga $\vec{g}$ tezlik bilan gorizantal kiritilgan elektronga qanday kuchlar ta'sir qiladi. Bunda harakat traektoriyasi qanday bo'ladi.
6. Bir jinsli magnit maydonga maydonda harakatsiz zaryadga qanday kuch ta'sir qiladi.
7. Bir jinsli magnit maydonga maydon induksiyasi yo'nalishida $\vec{g}$ tezlik bilan kiritilgan elektronga qanday kuch ta'sir qiladi.
8. Bir jinsli magnit maydonga maydon induksiya (B) yo'nalishiga tik holda $\vec{g}$ tezlik bilan kiritilgan elektronga qanday kuch ta'sir qiladi.

Adabiyotlar:

1. E.V.Shpolskiy. Atomnaya fizika.T.1,2.Nauka,M.1983.
2. A.N. Matveev. Atomnaya fizika.Vysshaya shkola.M.1989
3. R. Bekjanov . Atom fizikasi. T. Ukituvchi, 1989
4. B. Milantev. Atomnaya fizika.M1999

3-laboratoriya ishi

Spektroskopni darajalash, darajalangan egri chiziq bo'yicha vodorod spektrini o'rganish

Ishdan maqsad: dispersiya xodisasi bilan tajribada tanishish. Spektroskopni darajalashni urganish. Turli gazlar spektral chiziqlarining to'lqin uzunliklarini aniqlash. Spektroskop yordamida nurlanish spektrlarini kuzatish.

Kerakli asboblari: mikrometrik vintli spektroskop, spektral trubkalar, spektral trubkalarni yondirish asbobi, chiqishidagi kuchlanish 6 V ga yaqin bo'lgan to'g'rilagich, ulovchi simlar, kalit, uchiga paxta o'rab taglikka o'rnatilgan sim, spirtli kolba, gugurt, osh tuzi, millimetrli qog'oz.

Ishdan kutiladigan natijalar: talabalar nurlanish turlarini, ularning qo'llanish sohalarini, yorug'likning nurlanish qonunlarini bilib oladilar.

Nazariy qism.

Moddalarning optik hossalari. Moddaning optik hossalari nurlarni qaytarish, sindirish va yutishi bilan xarakterlanadi. Bu hodisalar sindirish ko'rsatkichi, yutilish ko'effitsientlari orqali ifodalanadilar. Optik muhitlarning nochiziqlik xususiyatini bu erda ko'rmaymiz, sindirish ko'rsatkichi va yutilish ko'effitsientlarini nurlanish quvvatiga bog'liq emas, deb hisoblaymiz. Muhitda X o'qi bo'yicha tarqalayotgan ω chastotali yassi monoxromatik to'lqinning elektr maydoni kuchlanganligi:

$$E(x) = E(0)e^{-i\omega(t - \frac{x}{v})} \quad (1)$$

qonun bo'yicha o'zgaradi, bu erda $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$ to'lqinning muhitdagi tarqalish tezligi. s – yorug'lik vakuumdagi tezligi,

$$\epsilon' = \epsilon + iG \quad (2)$$

ϵ, G - mos ravishda muhitning dielektrik sindiruvchanligi va elektr o'tkazuvchanligi, ϵ' - kattalik, n - sindirish ko'rsatkichi va κ - yutilish ko'effitsienti bilan quyidagicha bog'langan.

$$\sqrt{\epsilon} = n' = n + i\kappa; \quad (3)$$

Biz monoxromatik, ya'ni bitta rangga ega bo'lgan yorug'likni nazarda tutdik. Agar to'lqinlar chastotalar gruppasi ko'rinishida mavjud bo'lsa unda umumiy hol yuz beradi. Masalan, oq yorug'lik taxminan 4000 Å dan to 7600 Å gacha bo'lgan tutash spektrga ega bo'ladi.

Xususiy holni ya'ni ikkita bir xil amplitudali, lekin bir-birlaridan kichik farq qiluvchi ω_1 va ω_2 chastotali to'lqinlarning qo'shilishini ko'rib chiqaylik. (1) formulaning haqiqiy qismidagi elektr maydon kuchlanganligining o'zgarishlarini

$$E_{1x} = E_0 \cos(\omega_1 t - k_1 x) \quad \text{va} \quad E_{2x} = E_0 \cos(\omega_2 t - k_2 x) \quad (4)$$

formulalar orqali ifodalaymiz. Amplitudalarini qo'shib:

$$E = E_{1x} + E_{2x} = 2E_0 \cos\left[\frac{(\omega_1 - \omega_2)}{2}t - \frac{(k_1 - k_2)}{2}x\right] \times \cos\left[\frac{(\omega_1 + \omega_2)}{2}t - \frac{(k_1 + k_2)}{2}x\right] \quad (5)$$

ifodani hosil qilamiz. $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ ifoda chastotalari bir-biridan kam farq qilganligi uchun u (4) ifodaning istagan birini chastotasiga yaqin bo'lgan to'lqinni ifodalaydi. To'lqinning amplitudasi kattaligi $2E_0$ bo'ladi. U $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ chastota va $\frac{k_1 + k_2}{2}$ to'lqin sonining o'zgarishiga qarab juda ham sekin o'zgaradi. Ko'pchilik moddalarda keng diapozondagi chastotaga ega bo'lgan oq yorug'lik to'lqinlari amalda susaymasdan tarqaladi. Misol tariqasida ko'zga ko'rinadigan yorug'likni shisha, havo, suv va boshqa shaffof gaz va suyuqliklardan o'tishini keltirishimiz mumkin. Natijada bunday yorug'likni yutmaydigan muhitlarning dielektrik singdiruvchanligi $\varepsilon(\omega)$ qaralayotgan chastotalar uchun haqiqiy va musbat bo'ladi. U holda vektori haqiqiy va moduli bo'yicha

$$\kappa = \frac{\omega}{c} \sqrt{\varepsilon'(\omega)} = \frac{\omega}{c} n(\omega) \quad (6)$$

ga teng, bu erda n – muhitning sindirish ko'rsatkichi. $n(\omega)$ – moddalarning optik xossasining juda muhim xarakteristikasi. Sindirish ko'rsatkichi orqali to'lqinning fazoviy tezligi ham ifodalanadi.

$$v_{\phi} = \frac{\omega}{k} = \frac{c}{n(\omega)}; \quad (7)$$

Fazaviy tezlik chastotaga bog'liq bo'lishi hodisasi *dispersiya* deb ataladi. Dispersiyaning mavjud bo'lishi, eksperimentda tutash spektrning monoxromatik tashkil etuvchilarini ajratish imkonini beradi, chunki prizma qirrasiga biror burchak ostida yorug'lik tushayotganida sinib o'tgan spektrda bu tashkil etuvchilar turli yo'nalishlarda tarqaladilar. Ana shu printsiptda prizmalı spektral asbob (stilaskop, spektrograflar va monoxramatorlar) ishlatiladi.

YUqorida ko'rilgan monoxromatik to'lqinlarda turli fazaviy tezliklar bor.

$$\frac{\omega_1}{k_1} \neq \frac{\omega_2}{k_2};$$

To'lqin amplitudasi maksimumining tezligi, ya'ni gruppaviy tezligi

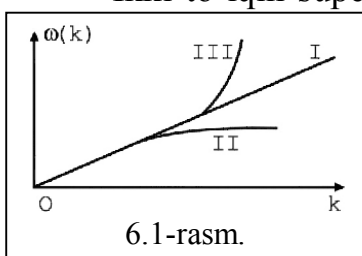
$$\frac{\omega_1 - \omega_2}{k_1 - k_2} = \frac{\Delta\omega}{\Delta k}; \quad (8)$$

ifoda bilan aniqlanadi

Ikki to'lqin superpozitsiyasining ko'rinishi turg'un saqlanmaydi va paket profili vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi. Agar to'lqinlar gruppasi bir-biridan kam farq chastotalardan tashkil topgan bo'lsa, u holda gruppaviy tezlik uchun ifoda:

$$\frac{\Delta\omega}{\Delta k} = \frac{d\omega}{dk} \quad (9)$$

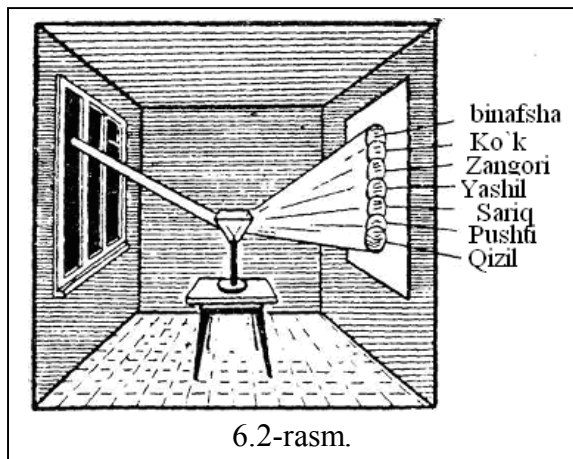
ko'rinishida yoziladi. Gruppaviy tezlik paket amplitudasining



maksimal tezligidir. SHuning uchun bu tezlik paket energiyasining tarqalish tezligi hisoblanadi. Gruppaviy va fazaviy tezliklar orasidagi bog'lanish

$$v_{gp} = \frac{d\omega}{dk} = \frac{d}{dk}(k \times v_{\phi}) = v_{\phi} + k \frac{dv}{dk} = v_{\phi} - \lambda \frac{dv}{d\lambda} \quad (10)$$

ga teng bo'ladi. Bunda $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, odatda $\frac{dv}{d\lambda} > 0$ hosil musbat, chunki $v_r < v_f$ bo'ladi. Bu hol *normal dispersiyani* ifodalaydi. Biroq, anomal dispersiya ham yuz berishi mumkin.



Bu hol $\frac{dv}{d\lambda} < 0$ – manfiy va $v_r > v_f$ bo'lganda yuz beradi.

YOrug'likni yutmaydigan muhitlar asosan dielektrik hisoblanadi. Ular uchun normal dispersiya yuz beradi, faqat dielektrikni tashkil etuvchi atomlarning xususiy rezonans chastotalaridan uzoq spektral sohalardagina normal dispersiya yuz beradi. 6.1-rasmda uchta egri chiziq, keltirilgan bo'lib, ular:

I. Dispersiya yuz bermaydigan muhit

uchun o'zgaras va $v_r = v_f$ (bunda masalan vakuum)

II. Normal dispersiya sohasi, bunda - $v_r < v_f$

III. Anomal dispersiya sohasi, bunda - $v_r > v_f$

Buyuk ingliz fizigi I.Nyuton 1666 yilda oq yorug'likni uchburchakli shaffof prizma orqali o'tkazib, uni tarkibiy qismlarga ajratishga muvaffaq bo'ldi (6.2-rasm). Nyuton bunda ettita rangni: qizil, pushti, sariq, yashil, zangori, ko'k, binafsha ranglarni ajratdi. U bu ranglardan iborat polosani *spektr* deb atadi. Nyutonning tajribalaridan quyidagi xulosa kelib chiqadi: muhitning sindirish ko'rsatkichi yorug'likning rangiga bog'liq. Bu xodisa yorug'likning *dispersiyasi* deyiladi. Ana shu xodisaga asoslanib spektrlarni o'rganuvchi asbob *spektroskop* deyiladi. Ranglari bilan farq qiluvchi nurlar to'liq uzunliklari bilan farq qiladi. Prizma orqali o'tayotgan yorug'lik nurlari sindirishi natijasida tashkil qiluvchi qismlar har xil rangli polosalar (yo'llar) ga ajraladi.

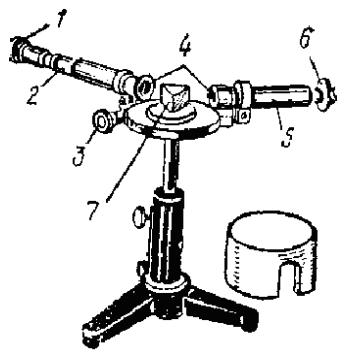
Qizil yorug'lik to'liqining uzunligi $\lambda_q = 7,6 \cdot 10^{-5}$ sm, binafsha yorug'lik to'liqining uzunligi $\lambda_b = 4 \cdot 10^{-5}$ sm.

Spektrdagi boshqa ranglarga to'g'ri keladigan to'liqlarning uzunliklari qizil bilan binafsha nurlarning to'liq uzunliklari oralig'ida bo'ladi.

Spektrni o'rganish uchun spektroskopdan foydalaniladi. Spektroskopning optik tuzilishi va unda nurlarning yo'li 6.4-rasmda ko'rsatilgan.

Umuman olganda jismlarning yorug'lik chiqarishining bir nechta turi bor. SHulardan biri jismlarning issiklik nurlanishidir.

Spektroskopning tuzilishi va ishlashi. Spektroskopning umumiy ko'rinishi 6.3-rasmda ko'rsatilgan. Bunda 1 – okulyar, 2 – ko'rish trubasi, 3 – mikrometrik vint, 4 – ob'ektivlar (O_1 va O_2 linzalar), 5 – kollimator, 6 – tirqish, 7 – prizma.



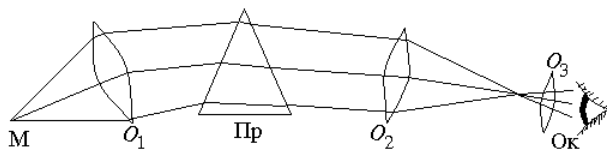
6.3-rasm.

Spektr (va ip) ning haqiqiy tasviriga lupada qaralgandek, okulyar orqali qaralganda spektrning faqat bir qismigina ko'rinadi. Spektrning ayrim qismlarini ko'rish uchun ko'rish trubasini 3 mikrometrik vint yordamida burib kuzatish kerak.

Spektroskop ishini, hamda nurlanish va yutilish spektrlarini ko'rib chiqaylik (6.4-rasm). Spektroskop ikkita trubadan tashkil topgan: kollimator va ko'rish trubalarini ob'ektivlari fokus masofasi – 150 mm , okulyarning fokus masofasi – 32 mm , kollimator va ko'rish trubalari teshigining nisbati $1:6,5$, prizmasining o'rtacha dispersiyasi $0,019$ bo'lib, ko'rish soxasidagi spektrlari ($400 - 760\text{ nm}$) soxasida spektral analiz bo'yicha tajriba o'tkazishga mo'ljallangan.

O_1 ob'ektivning fokal tekisligida tor tirqish joylashgan, tirqish rasm tekisligiga perpendikular xolda o'rnatiladi. Tirqish orqali o'rganilmokchi bo'lgan nur bilan yoritiladi.

Ob'ektivdan chiqayotgan parallell nurlar prizma orqali o'tadi. Prizmadan o'tgan nurlar to'liq uzunliklariga bog'liq xolda har xil: qizil nurlar kichik, binafsha nurlar katta burchaklarga og'adilar, qolgan rangdagi boshqa nurlar ana shu ikki rang oralig'ida joylashgan xolda prizmadan o'tadi.



6.4-rasm.

To'liq uzunligi bir xil bo'lgan nurlar prizmadan parallell xolda chiqadilar va O_2 ob'ektiv ularni S fokus tekislikda 1 nuqtaga yig'adi. Bu tekislikda bir xil rangdagi nurlar S tirqishning tasvirini beradi.

Tekshirilayotgan nurlar dastasiga taalluqli hamma rangdagi nurlarning geometrik o'rni *berilgan nurlanishning prizmatik spektri* deb ataladi. S spektrning tasviri juda kichik o'lchamda hosil bo'lgani uchun, uni lupa kabi kattalashtirish qobiliyatiga ega O_3 okulyar bilan kattaytiriladi.

Kollimator trubka 4 tor tirqishdan tushayotgan nurlar dastasini prizмага yo'naltirish uchun xizmat qiladi. Tor tirqish esa prizmaning sindiruvchi prizmasiga parallell bo'lgan ob'ektiv fokal tekisligiga joylashtirilgan. Tirqishni aniq qilib o'rnatish uchun tirqish o'rnatilgan gardishni vertikal holatga burish mumkin.

Prizma B yorug'likni yoyish uchun xizmat qiladi. Kollimatordan chiqqan yorug'lik dastasi prizmaning oldingi yon qirrasiga tushadi, unda yoyiladi va prizmadan to'liq uzunliklariga mos xolda har-xil rangdagi yorug'liklar parallel dastasi shaklida chiqadi.

6.1-jadval.

№	Chiziqlarning rangi va holati	Toʻlqin uzunligi, <i>nm</i>
1	Binafsha (pastki chegara)	390 – 450
2	Koʻk	450 – 480
3	Havo rang	480 – 510
4	YAshil	510 – 550
5	YAshil-sariq	550 – 570
6	Sariq	570 – 585
7	Zargʻaldoq	580 – 620
8	Qizil (yuqori chegara)	620 – 800

Vintli makrometr 7 rangli polosalarning spektrda bir-biriga nisbatan joylashishini aniqlash uchun zarur. Mikrometrning vinti qadamlari 1 *mm* dan boʻlib, barabanchasiga 50 ta boʻlimga boʻlingan shkala joylashtirilgan

Spektrometrni graduirovka (shkala qiymatlarini aniqlash) lash uchun neon lampasidan foydalaniladi. Bu lampa tor tirqishga toʻgʻirlab qoʻyilishi kerak.

Neon nurlari spektrida spektrning turli soxalarida joylashgan qator yorqin chiziqlar mavjud. Neon yorugʻlikdagi chiziqlar toʻlqin uzunliklari jadvallarda keltiriladi. Neon nuri spektrining toʻlqin uzunliklari boʻyicha tarkibi.

Ana shu chiziqlarning joylashish soni aniqlanib, mikrometrik baraban shkalasida belgilab qoʻyiladi. Toʻgʻri burchakli koordinata sistemasida esa mikrometr uchun darajalash grafigi chiziladi.

Bunda abstsissa oʻqiga baraban shkalasi boʻlimlari qoʻyilsa, ordinata oʻqiga neon yorugʻlik chiziqlarining toʻlqin uzunliklari qoʻyilib, unga mos keluvchi grafiu chiziladi. Bu grafik bizga spektrning xoxlagan chizigʻining toʻlqin uzunligini aniqlashga imkon beradi.

Eslatma: toʻlqin uzunliklari nanometr va angestremlarda oʻlchanadi. 1 *nm* (nanometr) = 10^{-9} m, 1 $\text{\AA}$ (angestrem) = 10^{-10} m.

Ishni bajarish tartibi

1. Tabiiy yorugʻlik manbai tomonga spektroskopning kollimatori toʻgʻirlanib, spektroskopning koʻrish trubasi orqali qaranganda tutash spektr kuzatiladi.
2. Spektroskopning mikrometr barabani vinti harakatga keltirilib, koʻrish trubasi ichidagi vizir ipi spektrning eng chekka qizil chegarasiga keltiriladi.
3. Mikrometr barabani shkalasidagi koʻrsatkichi belgilanib, spektrning navbatdagi rangi – zargʻaldoq rangiga vizir ipi mos keltiriladi va mikrometr barabani koʻrsatkichi yozib olinadi.
4. Qolgan ranglarga ham mos keluvchi mikrometr barabani koʻrsatkichlari shunday tartibda xuddi shunday usul bilan yozib olinadi va jadvalga tushiriladi (6.2-jadval).

6.2-jadval.

№	Chiziqlarning rangi va holati	Toʻlqin uzunligi, nm	Mikrometr barabani koʻrsatkichi
1	Binafsha (pastki chegara)	390 – 450	
2	Koʻk	450 – 480	
3	Havo rang	480 – 510	
4	YAshil	510 – 550	
5	YAshil-sariq	550 – 570	
6	Sariq	570 – 585	
7	Zargʻaldoq	580 – 620	
8	Qizil (yuqori chegara)	620 – 800	

5. Millimetrlı qogʻozga mikrometr barabani koʻrsatkichlari koordinatinaning abstsissa oʻqiga, ranglarning toʻlqin uzunliklari orrdinata oʻqiga joylashtirilib, nuqtalar belgilanadi va tutashtirilib, egri chiziq olinadi.
6. Spektroskopning kollimatori mahsus yoritgichga qaratiladi va undagi spektrning diskret chiziqlari kuzatiladi.
7. Mikrometr barabani harakatga keltirilib, vizir ipi diskret chiziqlarga mos keltiriladi, baraban shkalasidagi koʻrsatkich yozib olinadi.
8. Keyin mikrometrning darajalash grafigi boʻyicha bizni qiziqtirayotgan chiziqlarning mikrometr koʻrsatkichlari darajalash grafigining abstsissa oʻqiga qoʻyiladi va egri chiziq bilan kesishish joyidan ordinata oʻqidan toʻlqin uzunlik qiymati olinadi.
9. SHunday tarzda boshqa yorugʻlik manbalarining ham toʻlqin uzunliklari mikrometrning darajalash grafigi boʻyicha aniqlanadi.

Nazorat uchun savollar:

1. Spektr nima?
2. Dispersiya deb nimaga aytiladi?
3. Dispersiyani soʻzlab bering.
4. Nurlanish spektri qachon hosil boʻladi?
5. Spektrlardan qaysi biri tutash, qaysinisi uzlukli boʻladi?
6. Elektromagnit nurlanishning qanday turlarini bilasiz?

Adabiyotlar.

1. G.S.Landsberg, “Optika”, Toshkent, 1981.
2. I.V.Savelev, «Umumiy fizika kursi», 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F.A.Korolev, Fizika kursi, Toshkent, 1978.

4 - Laboratoriya ishi

Frank- gers tajribasi.

Kerakli asboblari :

1. Argonli yoki geliyli tiratron – TG 1-2/03 yoki TGZ-01/1,3.
2. 2 ta reostat.
3. 6v, 10v, va 30v ga mo'jallangan voltmترلar.
4. Miqroampermetr va 2 ta kalit.

Nazariy qismi va qurilmani tavsifi.

Atomlarda diskret energetik sathlarning mavjudligini rad qilib bo'lmidigan tajriba dalillari gazlarni ionizatsion va rezanans potentsiallarini o'rganish natijasida olinadi. Atom energiya nurlanishi uchun uni uyg'otgan holatga o'tkazish kerak, ya'ni elektronni quyi o'rbitadan biror bir tashqi o'rbitaga ko'chirish zarur. Bunga atomni uyg'onishi deyiladi. Atomning uyg'ongan holatga turli usullar bilan o'tkazish mumkin : yuqori temperaturagacha qizdirish, erkin elektronlar bilan atomlarni elastikmas toqnashishi natijasida va h.k.

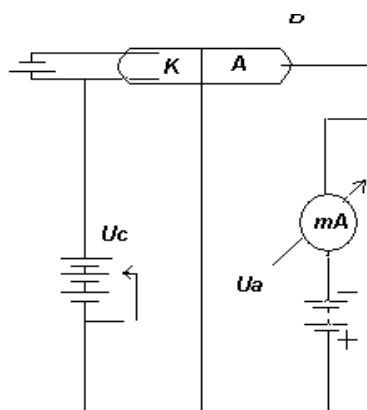
Erkin elektronni gaz orqali o'tish holatini analiz qilaylik. Bunda elektronni gaz atomi bilan to'qnashuvi ikki hil usulda sodir bo'ladi. Birinchi holda elektron energiyasini bir qismi ni atomga berishi, gahol atomdan bir qismini energiya qabul qilishi mumkin : bunda atomni potentsial energiyasi o'zgarmaydi. Bunday to'qnashuvlar elastik toqnashular deyiladi. Ikkinchi hil toqnashuv atomni ionlashtirishga olib keladi , yani elektron atomi bilan toqnashgach, atomni elektroniga shunday miqdorda kinetik energiya beradiki, natijada elektron atomdan uzilishi va ajralishi mumkin. Bunday kinetik energiyaning bir qismi potentsial energiyaga aylanadi.

Noelastik to'qnashish har doim ham atomni ionlashtiravermaydi . Atomdagi elektronni yadrodan ajratib yubormagan holda, uning energiyasini bir oz oshirish mumkin.

Bunday xolatga agar elektron atom ichida biroz yuqoriroq energetik satixga o'tsa sodir bo'ladi.

Bu ishda argon atomining 1-uyg'onish potentsiali topiladi, boshqacha aytganda tez xarakatlanayotgan erkin elektron argon atomi bilan 1-noelastik to'qnashishni yuzaga keltiruvchi eng kichik energiya aniqlanadi.

Qurilma sxemasi 1-rasimda keltirilgan



1-rasm

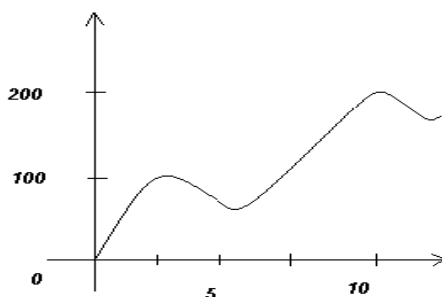
Lampa ballonni B past bosimli gaz (masalan, simob buglari) bilan tuldirilgan da chiqaradi. Anod oldiga elektron C setka urnatilgan, anod va katod orasiga ixtiyoriy potentsiallar farqi beriladi. Anodga setkaga nisbatan kichik manfiy kuchlanish masalan, $0.5U_c$ beriladi. Ballondagi gaz bosimi bosimi va elektrodlar orasidagi masofa shunday tanlanganki bunda setka bilan anod orasidagi tuqnashuv sodir bulmaydi, katoddan chiqqan elektronlar bilan gaz atomlari orasida fasoda sodir buladi. Katoddan chiqqan elektronlar bilan gaz atomlari orasidagi tuqnashuv katod bilan setka orasidagi fazoda sodir bo'ladi. Agar to'qnashuv elastik bo'lsa, elektron o'z energiyasini yoqotmaydi va anodga etib boradi. Elektronlar noelastik to'qnashganlarida o'z energiyalarini yo'qotib o'tiradilar.

Shunday qilib setkaning vazifasi gaz atomlari bilan noelastik to'qnashuv, energiyalarini yoqotgan gaz elektronlarini ushlab qolganidan iborat.

Tajriba quyidagicha bo'lib o'tadi: Setkaga katod potentsiyal beriladi, keyin U_c oshirila boradi, shunga mos katodda chiqqan elektronlar tezlashtiriladi (Kinetik energiyalari osh boradi) va setkaga $\frac{1}{2}mv^2$ energiya bilan etib keladilar.

Setkadan o'tgan elektronlar setka va anod orasidagi fazoga tushadilar. Agar katoddan anodga kelayotgan elektronlarning tezligi o'zgarmasa, unda barcha elektronlar setkadan otadilar va anodga etib keladilar. Setka kuchlanishi U_c ni oshishi anod toki qiymati oshadi. (2-rasm).

Egri chiziqli On qismi termoelektron asboblarning oddiy volt-amper harakteristikasidir. To katod bilan anod orasidagi kuchlanish 4.9 V ga etguncha oshadi.



2-rasm

Tezlashtiruvchi potentsiyal U_c 4.9 V ga etishi bilanoq anod toki keskin kamaya boradi. (egri chiziqni a, b qismi). U_c ning keyingi oshishida anod toki uning 9.8 V qiymatiga erishguncha qadar ortadi. (egri chiziqning qismi). Shunday qilib utkir maksimumlardan iborat bulib ular bir-biridan 4.8 V oraliqda buladi. (simob uchun). Egri chiziqning bunday harakteri shuni bildiradiki, toki elektronning energiyasi 4.93 ga etguncha u gaz atomlari bilan elastik to'qnashib, energiyalarning yoqotmaydilar va anodga etib boradilar – anod zanjirida tok oshadi. Kuchlanishning 4.9 V qiymatida elektronlarni, atomlar bilan to'qnashuvi noelastik harakterda buladi va elektron simob atomiga tuqnashib, barcha energiyasini yoqotadi. Energiyani yoqotgan bunday elektronlar setkadan utib kela olmaydi. (U elektronlarning kinetik energiyasidan juda kichik buladi) va anodga etib kelmaydi, natijada tok keskin kamayadi. Agar elektron energiyasi, 4.9 V dan sezilarli katta bo'lsa, u gaz atomi bilan noelastik to'qnashgandan keyin setka potentsiyalini engib utishiga etarli energiyaga ega buladi va anodga etib

boradi. Elektronlarni energiyasi 9.88 ,14.7 V bulganda ular 2 va 3 marta noelastik to'qnashadilar , bunga grafikning ikkinchi va uchinchi maksimumlarga mos keladi. Shunday qilib , simob atomlari uchun 4.9 V energiya muhim ahamiyatga ega. Simob atomlari (4.9 V ga qirrali bulmagan) kichik yoki katta energiyalarni qabul qilmaydilar, yani simob atomi ixtiyoriy energiya zapasiga ega bula olmaydi, balki tanlangan energiya zapasiga ega buladi, chiziqning bu harakteri atomlari ,diskret energetik sathlarga ega ekanligini isbotlaydi. Agar „uygongan“ simob atomining energiya zapasi E_1 bulsa, atomning keyingi mumkin bulgan energiya qiymati $E_1 - 4.9$ eV buladi. Tezlashtiruvchi 4.9 v potentsiyaliga „birinchi uygonish potentsiyali“ deyiladi. Tajribalarning ko'rsatishicha noelastik tuqnashuvda gaz yoki metall parlari yoruglana boshlaydi va shu gaz uchun mansub chastotali spektral chiziq nurlaydi. Bu spektral chiziq energiyasi elektron energiyasi E bilan va uygonish potentsiyali bilan quyidagicha munosabat boglangan:

$$W = h\nu = E_u = E$$

Simob atomi uchun birinchi uygonish potentsiyali - 4.9 V

Bu potentsiyalga mos va simob spektrida ko'rinuvchi chiziqning to'liq uzunlikka mos keluvchi kvantning energiyasi

$$h\nu = h \frac{c}{\lambda} = 7.9 \cdot 10^{-11}$$

Ishning bajarilish tartibi:

1. Qurilmani elektr zanjiriga ulang.
2. Katod nakaliga 6,2 V qizdirish kuchlanishi bering.
3. Anodga setkaga nisbatan kichik manfiy kuchlanish masalan, 0.5Uc bering.
4. Setka kuchlanishi U_c ni oshishi anod toki qiymati o'lchab boring.
5. Tezlashtiruvchi potentsiyal U_c 4.9 V ga etishi bilanoq anod toki keskin kamayishini kuzating.
6. Kuchlanishni oshira borib keyingi maksimumlarni kuzating.
7. O'lchash natijalarini jadvalga kiriting.

Adabiyotlar:

1. E. V. Shpolskiy. Atomnaya fizika. T. 1, 2. Nauka, M. 1983.
2. A. N. Matveev. Atomnaya fizika. Vysshaya shkola. M. 1989
3. R. Bekjanov. Atom fizikasi. Ukituvchi, 1989
4. B. Milantev. Atomnaya fizika. 1999
5. Veyzar "Osnovnie predstavleniie sovremennoy fiziki"
6. Shpolskiy A. V. "Atom fizikasi"
7. Born M. "Atom fizikasi", Mir. M 1970. 318-322 b.

Fotoeffektda elektron chiqish ishini aniqlash.

Ishning maqsadi: diod-bolt-amper harakteristikasi yoramida elektronning chiqishini aniqlash.

Nazariy qismi.

Malumki odatda haroratlarda, metall elektronlari metall ichida ushlab turiladi. Bu metall-vakuum sirtida potensial bar'er borligini ko'rsatadi. Bu potensial bar'er (to'siq) ning paydo bo'lishi quyidagicha tushuntiriladi: elektron o'z metalini tashlab vaqumga chiqqanidan keyin metall-da erkin zaryatlarning qayta taqsimlanishi bo'ladi. Bu qayta taqsimlanish natijasida elektron metallning ener-giyasi etarlicha katta bo'lmasa u qaytib yana metall sirti-ga tushadi. Bundan tashqari metallan vaqtincha chiqqan elektronlar ham o'zidan keyin chiqayotgan elektronlarga karshilik ko'rsatadi. E_β -energiyaga ega bo'lishi kerak. E_β metalining sirtiga bog'liq bo'ladi va elektronning chiqish ishi deyiladi.

Elektronning chiqish energiyasi (ishi) E_β elektronga har hil usillar bilan uzatilishi mumkin : yorug'lik yordamida (fotoeffekt) metallni qizdirish yo'li bilan (Termoeffekt), tez zarralar bilan metallni bombardimon qilish (sovuq emissiya) va boshqalar.

Fotoeffekt elektronning metall sirtidan yorug'lik yordamida chiqishidir. Har bir yorug'lik zarrachasi (foton) o'zi bilan $h\nu$ enerjiya olib keladi. Bu enerjiya kuchi bilan yagona elektronga berilishi mumkin. Bu energiyani yutgan elektron quyidagi tenglama bilan aniqlanuvchi tezlikka ega bo'ladi:

$$\frac{1}{2}mv^2 = Ee = h\nu - E_\beta \quad (1)$$

bu erda v va m elektron tezligi va massasi E_β -chiqish ishi E_e - bu metal sirtidagi elektronni chiqarish uchun zarur bo'lgan enerjiya. Metalning chuqurroq qatlamlarida elektron chikarish uchun ko'proq enerjiya sarflash kerak.

Elektronni metall sirtidan faqat fotonlar bilan emas balki uni qizdirish bilan ham chiqarish mumkin. Haroratning absalyut –noldan yuqori haroratlarda elektronlarning ma'lum bir qismi Fermi chegarasidan yuqorida joylashadi. Metall qizdirilganda elektronning elastik elastik harakati tezlashadi va ularning metaldan chiqish ehtimolligi ortadi.Bu hodisa qizdiriladigan katodin elektron lampalarda keng qo'llaniladi. Ikki elektronli elektron lampadagi Ferme elektron tok katod va anodga qo'yiladi cho'g'lanishda va katod temperaturasiga bog'liq. Termo emissiya toki uchun munosabatini Richarson formulasini kvant mehanik o'zgartirish yoli bilan topish mumkin.

$$I=A \cdot S \cdot T \exp(-E_\beta / KT) \quad (2)$$

A-har hil moddalar uchun har hil bo'lgan doyimiy kattalik. S-metallning yuzasi, T- absalyut harorat, K- Boltsman doymiysi, (2) – formula – Termo – elektron emissiya formulasi deyiladi. Ekspotensial boglanish tufayli I tok E_{β} T kuchli bog'langan. Masalan vaquum temperaturasi 2000 dan 2500 K ga oshsa I tok 300 marta oshar ekan. Elektronning chiqish ishi (2) formula asosida topiladi.

T_1 va T_2 haroratlar uchun terma tok kuyidagiga teng

$$I_1 A \cdot S \cdot T_1^2 \exp\left(-\frac{E_{\beta}}{KT_1}\right) \quad (3)$$

$$I_2 = A \cdot S \cdot T_2^2 \exp(-E_{\beta} / KT) \quad (4)$$

(3) va (4) nisimatni olamiz va logarimlab

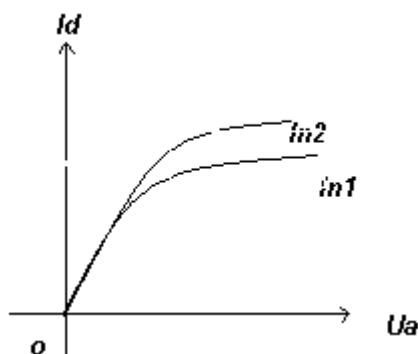
$$\ln\left[\frac{I_1}{I_2}\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2\right] = -E_{\beta} \frac{T_2 - T_1}{KT_1 T_2} \quad (5)$$

bu erdan

$$E_{\beta} = -K \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln\left[\frac{I_1}{I_2}\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2\right] \quad (6)$$

qiymatni topish uchun ma'lum kuchlanishdagi va $T_1 T_2$ haroratlardan to'yinish toklarini bilish zarur. Buning uchun lampaning ikki harorat uchun BAX (voltmetr harakteristikasi) aniqlash kerak.

1-rasm.



1-rasmdan ko'rinyabdiki ma'lum U_a dan boshlab I_a oshmay qolar ekan. T qanchalik katta bo'lsa to'yinish toki I_u shunchalik katta bo'ladi. Katodning haroratini qarshilik bilan harorat orasidagi quyidagi formula bilan aniqlash mumkin.

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t) \quad (7)$$

R_t - katodning t haroratiga qarshiligi

R_0 - katodning hona harotiga qarshiligi

α - tempratura koeffiosenti

$\alpha = 0,0051$

$$t = \frac{R_t - R_0}{\alpha R_0} \quad (8)$$

$T=t+273$

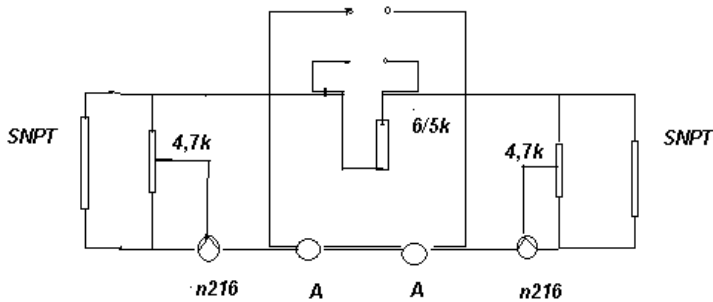
ni etarli aniqlik bilan katod tolasidagi kuchlanish va orqali quyidagicha topamiz:

Qurilmaning shemasi

Elektron chiqish ishini aniqlash uchun yig'ilgan stendning prinsipial shemasi 2- chi rasimda keltirilgan.

Diod ichida 2 ta elektrod : katod va anod bor bo'lgan shisha idishdir. Anod silindr ko'rinishida va katod esa bu silindr markazidan o'tuvchi nozik toladan iborat. Bu tola tok yordamida qizdirish mumkin. Elektron lampas tend ichiga joylashtirilgan. Lampani anodi, metodi va qizdirish tolasi o'zgarmagan tok stabilizatoriga (SNYaT) ga ulangan. Anod-katod kuchlanishi (U_a) ,qizdirish tojasini kuchlanishi (U_H) va shuningdek anod toki (I_H) kattaliklarni stendning oldi tomonidagi ampermetr va voltmetri yordamida aniqlash va o'zgartirish mumkin. Ampermetrning maqsimol ko'rsatishi anod toki uchun 20mA va tola toki uchun 25mA. Anod kuchlanishi (50 B)

potensial metri yordamida boshqariladi. Potensialmetrlarning ko'rsatichi "N" buragich orqali U_a va U_H ni korsatadigan qilishi mumkin. 2-rasm



Ishning bajarilish tartibi.

Qurilmaning ulashdan oldin uni elektr shemasi (2-rasm) yahshilab o'rganib va faqat shundan keyin o'qituvchi yoki javobgar shahs ruhsati bilan ish bajarishga kirishing.

1. U_a va U_H potensiametrlarni eng chap chekka holatga keltiring.
2. "K" kalitni (pereklyuchatel) ni " U_H " holatiga qo'ying.
3. standni 220 V va 50Gs ni manbaga ulang.
4. U_H potensiametr bilan cho'g'lanish tolasiga 3V kuchlanish va 1-2 ming. dan keyin milliampermetr bilan shu zanjirdagi I_H tokni ulang. Olingan natijani 1-jadvalga kiriting.
5. "K" kalitni U_H xolatga qo'ying.
6. U_a potensiometr bilan anodga mos ravishda $U_a = 1,2, \dots, 50$ kuchlanishlar ko'rsatishini 2-jadvalga kiriting.
7. "K" kalitni U_H xolatga qo'ying.
8. U_H potensiometr yordamida kuchlanishni 3,5 va keyin 4 V xolatga 4-7 punktlarni yana takrorlang.
9. Olingan natijalar 1-va 2- jadval yordamida U_H kuchlanishning $U_H = 3V; 3,5; 4$ xolatlari uchun uchta I_{H1}, I_{H2}, I_{H3} bo'lanish grafigini chizing va $I_a = f(U_d)$ to'yinish toklarini toping. Olingan natijalarni 1-jadvalga kiriting.

1-jadval

10. olingan katod haroratlarini (T_1, T_2, T_3) va to'yinish toklari (I_{H1}, I_{H2}, I_{H3}) lardan

11. Olingan natijani birinchi jadvalga kiriting.

$U_H = 3V$		$U_H = 3.5V$		$U_H = 4V$	
$U_a (V)$	I_a	U_a	I_a	U_a	I_a
1					

2-jadval

(6) formuladan electron chiqish ishini aniqlang E_{β}^{1-2} , E_{β}^{2-3} , E_{β}^{1-3}

$U_H (V)$	$I_H (mA)$	$t(^{\circ}C)$	mA	E_{β}^{1-2} ,	E_{β}^{2-3} ,	E_{β}^{1-3}	E_{β}
3							
3.5							
4							

Ada
biyo
tlar:

1. E. V. Shpolskiy. Atomnaya fizika. T. 1, 2. Nauka, M. 1983.
2. A. N. Matveev. Atomnaya fizika. Vysshaya shkola. M. 1989
3. R. Bekjanov. Atom fizikasi. Ukituvchi, 1989
4. B. Milantev. Atomnaya fizika. 1999
5. Veyzar "Osnovnie predstavleniie sovremennoy fiziki"
6. Shpolskiy A. V. "Atom fizikasi"
7. Born M. "Atom fizikasi", Mir. M 1970. 318-322 b.

**Termoelektron emissiya hodisasini o'rganish va
elektronni chiqish ishini aniqlash.**

Ishdan maqsad:

Termoelektron emissiya paytidagi tok zichligini katod haroratiga bog'liqligini tadqiq qilish va vol'framdan elekttronni chiqish ishini Richardson to'g'ri chiziqlar uslubi asosida aniqlash.

Kerakli asboblari:

- 1) GU-4 tipidagi lampa;
- 2) 250-300 V kuchlanishga mo'ljallangan to'g'irlagich (doimiy tok manbai);
- 3) Anod zanjiri uchun 7,5 mA va 75 mA chegaralarga mo'ljallangan milliampermetr;
- 4) Anod zanjiri uchun 150-300 V ga mo'ljallangan Voltmetr;
- 5) Nakal uchun 7,5 V li doimiy tok manbayi;
- 6) 10 Om ga mo'ljallangan reostat;
- 7) Nakal zanjiri uchun 3 A ga mo'ljallangan ampermetr va 7,5 V ga mo'ljallangan ichki qarshiligi katta voltmeter.

Nazariy qism:

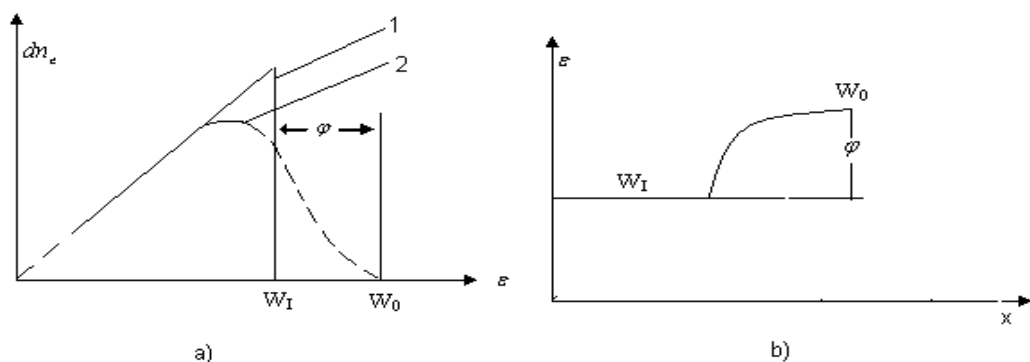
Odatdagi haroratlarda metalda mavjud bo'lgan erkin elektronlar metall ichkarisida ushlab turuladi. Bunday bo'lishiga sabab metall vaqum chegarasida potentsial to'siqning bo'lishidir. Potensial to'siqning mavjudligini esa quyidagicha tushuntiriladi. Elektronni metalldan vaqumga chiqishidan metal ichkarisidagi ionlar tamonidan elektrostatik tortish kuchlari ta'sir qiladi. Agar elektronning energiyasi tortishish kuchlarini yengishga yetarli bo'lmasa elektron metal ichkarisiga qaytadi. Bundan tashqari metalldan vaqumga vaqtinchalik chiqqan elektronlar ham elektr maydon hosil qiladi. Bu maydonning itarish kuchi ham elektronni metalldan chiqishiga to'sqinlik qiladi.

Metaldagi erkin elektronlar holati Fermi-Dirakning kvant statistikasi asosida ifodalanadi. Bunga ko'ra elektronlarni energiyalari bo'yicha taqsimoti quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$dn_e = \frac{\gamma \varepsilon^{\frac{1}{3}} d\varepsilon}{\exp\left(\frac{\varepsilon - W_i}{kT} + 1\right)} \quad (1)$$

bunda dn_e - metalni birlik hajmida energiyasi E dan $E+dE$ gacha bo'lgan erkin elektronlar soni, T – termodinamik temperatura, k – Boltsman doimiysi. W_i – erkin elektronni absolyut nol haroratdagi eng katta energiya qiymati bo'lib, ular konsentratsiyasini darajasiga proporsional, γ - biror doimiy kattalik

Rasm Joyi



1-rasm

Mettallarda bo'lishi mumkin bo'lgan erkin elektronlar konsentratsiyasida ularning energiyalari bo'yicha Fermi – Dirak statistikasi bo'yicha taqsimoti Maksvell – Boltsmanning klassik statistikasi bo'yicha taqsimotidan sezilarli farq qiladi. 1- rasmda (1) formulaga 0 k (1 egri) va 250 k (2 egri) haroratlarga mos metallardagi erkin elektronlarning energiyalar bo'yicha taqsimoti keltirilgan. $T=0$ k haroratda energiyasi W_I dan katta bironta ham electron yo'q. Bunda W_I absolyut nol haroratda eng ko'p sondagi elektronlar ega bo'la oladigan energiyadir. 2 – egri chiziqli harorat oshishi bilan elektronlarni energiyalar bo'yicha taqsimoti harakteri sezilarsiz o'zgarganini ko'rsatadi. Ammo bu haroratda energiyasi W_I dan katta energiyali elektronlarning soni nisbatan sezilarsiz bo'lsada mavjud bo'ladi. Termoelektron emissiya ana shu tezroq bo'lgan electronlar hisobiga sodir bo'ladi.

Chiqish ishi uchun ϕ kattaligi metal-vaqum chegarasidagi potensial to'siq balandligini belgilaydi. (1-rasm) va electron voltlarda ifodalanadi.

Harorat oshishi bilan metallardagi elektronlar haotik tezligi ham oshadi. Harorat oshishi bilan metalda chiqib keta oluvchi elektronlar soni ham oshadi. Fermi-Dirrak kvant statistikasi ko'llab hisoblangan termo elektron emissiya paytidagi tok zichligi quydagi ifodaga olib keladi:

$$j = AT^2 \exp\left(-\frac{\phi}{kT}\right) \quad (2)$$

bunda A-doimiy kattalik.

(2) ga Richardson-Deshman formulasi yoki termoelektron emissiya tenglamasi deyiladi. 2-ifodada eks potensial ko'paytuvchi bo'lganida termoelektron emissiya tok zichligi chiqish ishi va haroratga kuchli bog'liq bo'ladi. Masalan: harorat 2000 k dan 2500 kgacha ga oshirilganda emissiya tok zichligi 200 marta oshadi.

(2) tenglamani logarifmlab

$$\ln \frac{j}{T^2} = \text{const} - \frac{\phi}{K} \frac{1}{T} \quad (3)$$

Richardson-Deshman formulasining bu ko'rinishi termoelektron emissiya hodisasini o'rganishga va elektronni chiqish ishini aniqlashga qulaydir.

Agar $\ln \frac{j}{T^2}$ ni $\frac{1}{T}$ ga bog'liqlik grafigini chizsak to'g'ri chiziqli hosil bo'ladi. Uni burchak ko'effitsenti $\frac{\phi}{k}$ gat eng bo'ladi. Burchak ko'effitsentini aniqlagach, chiqish ishi ϕ ni aniqlash mumkin. Chiqish ishini hisoblashni bu usuliga Richardsonning to'g'ri chiziqlar uslubi deyiladi.

Eslatma: Katodi volfram toladan yasalgan lampalarda harorat 2000 K lar atrofida bo'lishi lozim.

Adabiyotlar:

1. E. V. Shpolskiy. Atomnaya fizika. T. 1, 2. Nauka, M. 1983.
2. A. N. Matveev. Atomnaya fizika. Vysshaya shkola. M. 1989
3. R. Bekjanov. Atom fizikasi. Ukituvchi, 1989
4. B. Milantev. Atomnaya fizika. 1999
5. Veyzar "Osnovnie predstavleniye sovremennoy fiziki"
6. Shpolskiy A. V. "Atom fizikasi"
7. Born M. "Atom fizikasi", Mir. M. 1970. 318-322 b.

7-laboratoriya ishi

Yarim o'tkazgichli lazer nurining to'liq uzunligini aniqlash va ishlash tamoyilini o'rganish

Kerakli asboblari:

1. Yarim o'tkazgichli lazer.
2. Difraksion panjara.
3. Darajalangan ekran.
4. Maxsus chizg'isli taglik.
5. Chiqishidagi kuchlanish 42 V bo'lgan tok manbai.

13-laboratoriya ishi. Yarim o'tkazgichli lazerning ishlash tamoyilini o'rganish Nazariy qism

Lazerlar ishlashining fizik asoslari

Kvant tizim, spontan va majburiy nurlanishlar. Alohida zarraning (atom, ion, molekula) yoki zarralar to'plamining ichki energiyasi yoki o'zaro ta'sirlashuv jarayoni kvant mexanikasi qonunlariga bo'ysunadi. Kvant tizimlarning xususiyatlari kvant tizimning energetik holati bilan belgilanadi. Bunday kvant tizimlarning ichki energiyasi aniq diskret qiymatlarni qabul qiladi. Energiyaning ko'plab diskret qiymatlaridan birini energiya sathi deb aytish qabul qilingan. Kvant tizimning bir energetik holatdan boshqa energetik holatga o'tishi sakrash yo'li bilan ro'y beradi. Bu jarayonda energiya nurlanishi yoki yutilishi mumkin. Bu energiya turli ko'rinishlarda bo'lishi, yani elektromagnit maydon, issiqlik yoki tovush bo'lish mumkin. Ko'zga ko'rinuvchi elektromagnit nurlanish beruvchi yoki yutuvchi kvant o'tishlarga optik o'tishlar deyiladi. Kvant tizimning eng kichik energiyali holatiga asosiy holat deyiladi. Bu holatdagi kvant tizim faqat energiya yutishi mumkin. Asosiy holatning energiyasiga nisbatan boshqa holatdagi kvant tizimning energiyasi katta bo'lib, bu holat g'alayontirilgan holat yoki turg'un bo'lmagan holat deyiladi. Kvant tizim turg'un bo'lmagan holatdan turg'un, ya'ni asosiy holatga qaytishga intiladi. Yuqori energiyali E_m sathda joylashgan (g'alayontirilgan) zarra ma'lum vaqt oralig'ida, ma'lum bir ehtimollik bilan energiyasi kichik, ya'ni qo'yi E_n sathga energiyasi $h\nu = E_m - E_n$ ga teng bo'lgan elektromagnit nurlanish chiqarib, o'tishi mumkin. Bu elektromagnit nurlanishning chastotasi qo'yidagi

$$\nu = \frac{E_m - E_n}{h} \quad (1)$$

ifoda bilan aniqlanadi.

G'alayontirilgan kvant tizimga, ya'ni yuqori energetik sathdagi zarraga chastotasi $\nu = \nu_{nm} = (E_m - E_n)/h$ bo'lgan tashqi elektromagnit to'liq ta'sir etsa, bu zarraning nurlanish berib, qo'yi energetik sathga o'tish ehtimolligi keskin ortadi.

Yuqorida aytganlardan kelib chiqib, zarraning yuqori energiyali sathdan quyi energiyali sathga o'z-o'zidan (kvant tizimning ichki fluktuatsiyalar natijasida), ya'ni spontan o'tishida spontan nurlanish jarayoni ro'y beradi. Tashqi elektromagnit nurlanishi ta'sirida, yani $\nu = \nu_{mn}$ shart bajarilganda zarra yuqori energiyali sathdan qo'yi energiyali

sathga majburan o'tadi va bu jarayonda nurlanish beradi. Bu nurlanishga majburiy nurlanish deyiladi. Majburlovchi elektromagnit nurlanishning parametrlari zarraning majburiy o'tishidagi nurlanishining parametrlari bilan aynan bir xildir. Demak majburlovchi nurlanishning yoki fotonning (fotonni elektromagnit to'lqin bo'lakchasi deb qarash mumkin) ta'sirida yuqori energetik sathdan quyi energetik sathga o'tgan zarraning chiqargan fotonining chastotasi, fazasi, qutblanishi majburlovchi fotonning parametrlari bilan aynan bir hil bo'lib, nurlanishning (fotonlar oqimining) kogerentligini va o'ta yo'nalganligini ta'minlaydi.

Sathlarning invers bandligi. Issiqlik muvozanat holatida kvant tizimda N ta zarralar bo'lsa, zarralar sonining energetik sathlar bo'yicha taqsimoti yoki energetik sathlarning zarralar bilan to'ldirilganliklarining nisbati quyidagi

$$\frac{N_n}{N_m} = \exp\left(-\frac{E_m - E_n}{kT}\right) \quad (2)$$

ifoda orqali aniqlansa bo'ladi. Bu erda k – Boltsman doimiysi, E_n – pastki n sathning energiyasi; E_m – yuqori m sathning energiyasi; N_n – “ n ”-sathdagi zarralar soni (yoki to'ldirilganligi); N_m – “ m ”-sathdagi zarralar soni (yoki to'ldirilganligi).

Ikkinchi formuladan ko'rinib to'ribdiki $T > 0$ da $N_n > N_m$ bo'ladi, ya'ni termodinamik muvozanot holatida yuqori energetik sathlarda zarralar soni pastki energetik sathlardagi zarralar sonidan doimo kam bo'ladi. Energetik sathning energiyasi qanchalik yuqori bo'lsa, undagi zarralar soni shunchalik kam bo'ladi. YUtilayotgan energiya miqdori pastki sathdagi zarralar soniga, nurlanayotgan energiya miqdori esa yuqori sathdagi zarralar soniga proporsional bo'lsa, u holda termodinamik muvozanat holatda energiyani yutilish jarayoni nurlanish jarayonidan ustun bo'ladi. Bunday muhitning yutilish darajasi $\alpha > 0$ bo'lib, muhitdan o'tayotgan nurlanish intensivligi kamayadi.

Agar $N_m > N_n$ bo'lsa muhitda energiya nurlanishi jarayoni energiya yutilishi jarayonidan ustun bo'ladi. Bunday muhitdan o'tayotgan nurlanishning intensivligi ortadi va oqimning kuchayish jarayoni ro'y beradi. Kvant tizimning $N_m > N_n$ shart bajarilgan holatiga, invers bandlik holati deyiladi. Ushbu holatli muhitni lazerning faol muhiti deyiladi. Kvant tizimni invers bandlik holatiga o'tkazish unga tashqaridan energiya berish yo'li bilan amalga oshiriladi. Bu jarayonga damlash jarayoni deyiladi. Kvant tizimning invers bandlik holati turg'un bo'lmagan holat bo'lib, u ma'lum vaqt o'tgandan so'ng o'zining turg'un, ya'ni muvozanatli holatiga qaytadi.

Turli sathlardagi g'alayontirilgan zarralarning yashash vaqti $10^{-6} - 10^{-9}$ sekund oraligida bo'ladi. Bazibir sathlarda esa g'alayontirilgan zarralarning yashash vaqtlari 10^{-3} sekundlar va undan ham ko'proq bo'lishi mumkin. Bunday energetik sathlarga metastabil (uzoq yashovchi) energetik sathlar deb aytiladi. Kvant tizimni g'alayontirish natijasida metastabil sathda zarralarni to'plash mumkin va bu sathda undan energiya bo'yicha kichik bo'lgan sathga nisbatan invers bandlik hosil qilish mumkin.

Invers bandlik hosil qilingan muhit elektromagnit nurlanishni kuchaytirish uchun xizmat qilish mumkin. Buning uchun kuchaytirilayotgan nurlanish bo'lishi kerak. Majburiy nurlanish tashqi elektromagnit nurlanish ta'sirida yoki faol muhitni o'zidagi zarraning yuqori energetik sathdan qo'yi energetik sathga o'tishidagi hosil qilgan spontan nurlanishi tasirida hosil bo'lishi mumkin.

Nurlanishni faol muhitdagi yuqori energetik sathda joylashgan zarralar bilan ta'sirlashuvini va intensivligini oshirish uchun faol muhitni ikki ko'zgudan iborat optik rezonator orasiga joylashtirish zarur. Optik rezonator orasidagi faol muhitda nurlanish uning o'qi bo'ylab tarqalib, ko'p marta ko'zgulardan aks etish jarayonida faol muhit bilan ta'sirlashuv uzunligi ortadi. Buning natijasida majburiy nurlanish miqdori ortadi va nurlanishning kogerentlik va o'ta yo'nalganlik xususiyati yaxshilanadi.

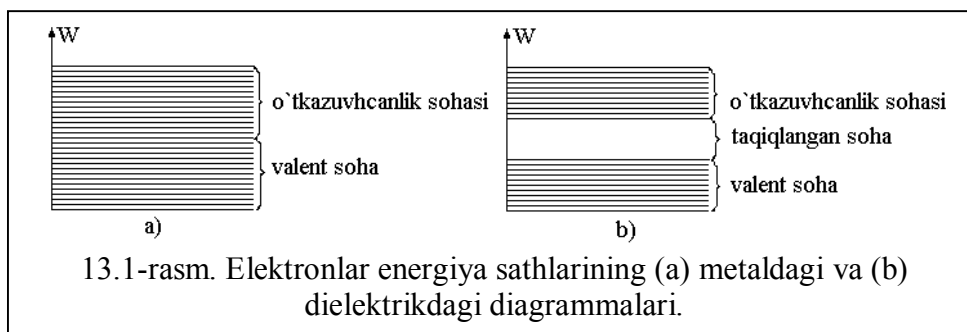
Elektromagnit nurlanishning faol muhiti bo'lgan optik rezonator ichida tarqalishida uning faol muhitda yutilishi va sochilishidan tashqari optik rezonatorning ko'zgularidagi foydali hamda foydasiz yo'qotishlari ham bo'ladi. Agar barcha energiya yo'qotishlarni faol muhit tomonidan to'ldirilib turilsa kogerent nurlanish generatsiyasi hosil bo'ladi.

SHunday qilib, majburiy (kogerent) nurlanish olish uchun ko'yidagilar bo'lish shart.

- 1) Damlash yo'li bilan invers bandlik hosil qilingan (faol) muhit;
- 2) Invers bandlikni hosil qilib beruvchi damlash tizimi;
- 3) Ma'lum to'lqin uzunlikdagi nurlanishni faol muhit bilan ta'sirlashuv jarayonini va nurlanishining unda yo'nalganligini va kogerentlik xususiyatini oshiruvchi optik rezonator.

YArim o'tkazgichli lazerning ishlash tamoyili

YArimo'tkazgichli lazer, qattiq jismli lazerlarning o'ziga xos turiga kiradi. Bu turdagi lazerlarda invers bandlik hosil qilishni va kogerent nurlanish olishni energetik sathlar hamda energetik sohalar asosida tushintirish mumkin.



Energetik sathlar va sohalar. Kvant fizikasi asoslariga ko'ra qattiq jismni tashkil etgan atomlardagi elektronlar ulardagi yadrolar bilan elektr kuchlari orqali bog'langan bo'lib, bog'lanish energiyasi diskret qiymatlarni qabul qiladi. YAdroga eng yaqin turgan elektron eng kichik diskret energiyaga ega bo'lib, uni eng qo'yi energetik sathda joylashgan deb qarash mumkin. Bu yadrodan uzoqlashgan elektronning energiyasi yadroga eng yaqin turgan (ya'ni eng qo'yi energetik sathda joylashgan) elektronning energiyasidan katta bo'lib, u biror yuqori energetik sathda joylashgan deb qabul qilish mumkin.

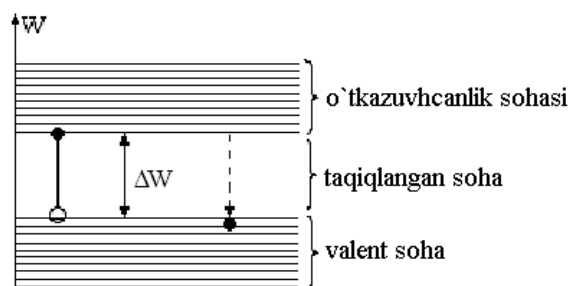
Elektronlar joylashgan sathlar juda ko'p bo'ladi va qattiq jismning sohalar nazariyasiga asosan energetik sathlar to'plami sohalarni tashkil etadi.

Elektronlarni energetik sohalar bo'yicha taqsimoti. Qattiq jism atomining elektron qobig'idagi elektronlar yadro bilan bog'langanligi uchun ularni valent

elektronlar deyiladi va ular joylashgan energetik sathlar to'plamiga valent soha deb qarash qabul qilingan.

Qattiq jismni tashkil etgan atomning yadrosi bilan bog'lanishi uzilgan elektronlar qattiq jism ichida erkin harakat qiladilar va elektr tokini hosil qilishlari mumkin bo'lganligi uchun ular joylashgan energetik sathlar to'plamiga o'tkazuvchanlik sohasi deb qarash qabul qilingan.

Valent sohaning eng yuqorisida joylashgan elektronlarning yadro bilan bog'lanish energiyasiga teng energetik oraliqni taqiqlangan soha deb qarash qabul qilingan. Bu soha valent soha bilan o'tkazuvchanlik sohalari oralig'ida joylashgan va taqiqlangan sohaning energiya bo'yicha kengligi o'tkazuvchanlik sohasini quyi chegarasining energiyasidan valent sohasining eng yuqori chegarasini energiyasini ayirmasiga teng.



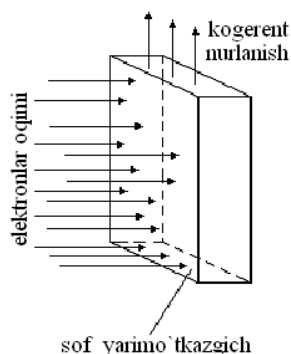
13.2-rasm. Yarimo'tkazgichning energetik strukturasi.

Elektronlar energetik sathlarning va sohalarning sxematik diagrammasi 13.1-rasmda

keltirilgan.

Yarimo'tkazgich moddalarda sohalar diagrammasi 13.1,b-rasmda ko'rsatilgandek bo'ladi. Faqat taqiqlangan sohaning kengligi dielektriklarinikiga nisbatan kamroq bo'lib, qiymati bir elektron volt atrofida bo'ladi.

Yarimo'tkazgich modda (masalan germaniy yoki kremniy) atomining tashqi elektron qobig'ida to'rtadan valent elektronga ega. Ushbu moddaralning fazoviy kristall panjarisi o'zaro valent elektronlar orqali bog'langan atomlardan tashkil topgan. Atomlarning bunday bog'lanishiga *kovalent bog'lanish* deyiladi.



13.3-rasm. Elektronlar oqimi bilan sof yarimo'tkazgichda kogerent nurlanish olishning sxematik chizmasi.

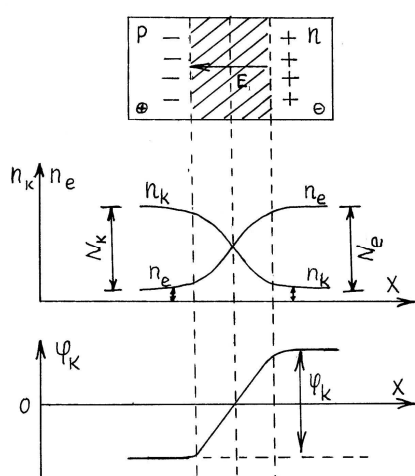
Yarimo'tkazgichning (sof, aralashmasiz) elektr o'tkazuvchanligi yoki unda invers bandlik hosil bo'lishini 2 rasmda keltirilgan energetik struktura orqali tushintirish qo'layroq.

Harorat mutloq nolda yarimo'tkazgichdagi barcha elektronlar yadro bilan bog'langan bo'lib, ular valent sohada joylashgan bo'ladi va bu holda yarimo'tkazgich dielektrikdan farq qilmaydi. Harorat ortaboshlagan sari valent sohadagi bog'langan elektronlarning energiyasi ortib, yadro bilan bog'lanishni uzib, o'tkazuvchanlik sohasiga o'taboshlaydilar. Ushbu o'tishlardan biri 13.2-rasmda valent sohasidan o'tkazuvchanlik sohasiga yo'nalgan

tutash chiziq bilan ko'rsatilgan. SHunday qilib, o'tkazuvchanlik sohasida erkin elektron tok tashuvchilar, valent sohada kovak tok tashuvchilar paydo bo'ladi. Bir vaqtning o'zida sof yarim o'tkazgich moddada elektronli va kovakli o'tkazuvchanlik paydo bo'ladi. Issiqlik ta'sirida ushbu elektronlar va kovaklar tartibsiz xarakatda bo'ladilar hamda uchrashib rekombinatsiyalashishadi. Bu jarayon 13.2-rasmda o'tkazuvchanlik sohasidan valent sohaga yo'nalgan punktir chiziq bilan ko'rsatilgan.

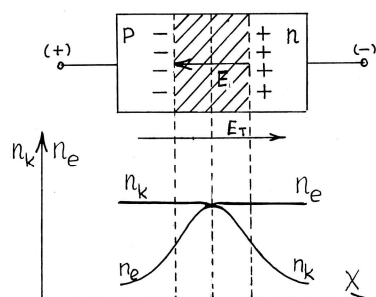
Invers bandlik va kogerent nurlanish hosil qilish. Sof yarimo'tkazgichda erkin elektronlarni va kovaklarni issiqlik ta'siridan tashqari katta energiyali (tezlikdagi) elektronlar, radioaktiv nurlanish yoki fotonlar oqimi bilan hosil qilish mumkin. Ushbu usulning sxematik chizmasi 13.3-rasmda tasvirlangan.

Plastinkaning olti tomonidan ikki qarasha-qarshi tomoni 13.3-rasmda ko'rsatilgandek silliqilgan va ular optik ko'zgu vazifasini bajaradilar. Qolgan tomonlari g'adir-budir qilib ishlov berilgan. Energiyasi 50 va 100 keV oralikdagi elektronlar oqimi yassi plastina ichiga kirib boradi va undagi bog'langan elektronlar bilan to'qnashib, ularni uzib, valent sohadan o'tkazuvchanlik sohasiga o'tkazadilar. Bu elektronlar o'tkazuvchanlik sohasining tubida to'planishadi. Valent sohada bog'lanishdan uzilgan elektronlar o'rnida esa kovaklar paydo bo'ladi va ular valent sohaning yuqori qismida to'planadi.



13.4-rasm. Yarimo'tkazgichli p - n o'tishdagi jarayonlarni tushintirish uchun zarur bo'lgan chizmalar. (n_k – kovaklar, n_e – elektronlar kontsentratsiyasi).

parametrlari bo'yicha, o'ziga aynan o'xshagan hamda tarqalish yo'nalishi bilan mos tushgan majburiy nurlanishlarni hosil qiladi. Ushbu yo'nalishda tarqalayotgan nurlanishlar yarimo'tkazgichning ko'zguli sirtlaridan ko'p martalab aks etib,



13.5-rasm. Yarimo'tkazgichli p - n o'tishga tashqi elektr maydon qo'yilgandagi jarayonlarni tushintiruvchi chizma (n_k – kovaklar, n_e – elektronlar kontsentratsiyasi).

Bu holatda o'tkazuvchanlik sohasidagi erkin elektronlar soni termodinamik muvozanat holatdagi yarimo'tkazgichning o'tkazuvchanlik sohadagi erkin elektronlar sonidan ko'p bo'ladi va o'z navbatida valent sohadagi kovaklar soni termodinamik muvozanatdagi yarimo'tkazgichning valent sohasidagi kovaklar sonidan ortiq bo'ladi. Sof yarimo'tkazgichdagi ushbu holatga *invers bandlik holati* deyiladi.

Sof yarimo'tkazgich hajmining biror nuqtasida zarralarning issiqlik ta'siridan tartibsiz xarakati natijasida erkin elektron va kovak uchrashib, rekombinatsiya natijasida nurlanish beradi. Bu nurlanish barcha yo'nalishlarda tarqaladi va sirti ko'zgu bo'lgan tomonlardan ko'proq aks etadi. Bu nurlanish invers bandlik hosil bo'lgan yarimo'tkazgichdan o'tishi natijasida kovaklar va elektronlar bilan ta'sirlashib, ularni majburlab, rekombinatsiyalashtirishi natijasida

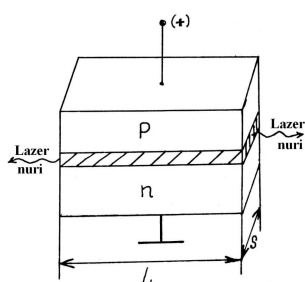
parametrlari bo'yicha, o'ziga aynan o'xshagan hamda tarqalish yo'nalishi bilan mos tushgan majburiy nurlanishlarni hosil qiladi. Ushbu yo'nalishda tarqalayotgan nurlanishlar yarimo'tkazgichning ko'zguli sirtlaridan ko'p martalab aks etib, yarimo'tkazgich ichidan ko'p marta o'tishi natijasida elektron va kovaklarning majburiy rekombinatsiyalarini tashkil etadi va majburiy nurlanishlar miqdori ortib boradi. Bu jarayonida bir qism nurlanish yarimo'tkazgichning ko'zguli sirt tomonlaridan chiqib to'radi. Albatta bu jarayon uzliksiz davom etishi uchun yarimo'tkazgich plastinaga tashqaridan uzliksiz ravishda elektronlar kiritilib turishi kerak. Tajribalarning ko'rsatishicha bu usuldagi damlash jarayonida yarimo'tkazgich plastina tez qizib ketadi va shuning uchun u majburiy ravishda sovutilib turilishi zarur.

Yarimo'tkazgichli injeksion lazer. Yarimo'tkazgichli injeksion lazerning ishlash tamoyili turli

o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarimo'tkazgichlarning o'tish sohasidagi $p-n$ o'tish yoki $n-p$ o'tish hodisasiga asoslangan. $P-n$ o'tish hodisasini ko'rish uchun misol tariqasida to'rt valentli bir xil moddali sof yarimo'tkazgich olinadi, uni ikki qismga ajratib, ularga mos ravishda uch va to'rt valentli sof yarimo'tkazgich moddalar kiritilib, turli xildagi, yani (p va n) o'tkazuvchanlik hosil qilinadi. SHu qismlar orasida shartli o'ta yupqa qatlam bor deb, bu qatlamni ikki hildagi o'tkazuvchanlikka ega o'tkazgichlarning bir-biri bilan tutashgan sohasi, yani kontakt sohasi deb qarash mumkin. Ushbu kontakt sohasidagi $p-n$ o'tish hodisasini ko'raylik (13.4-rasm). Masalaning mohiyatini tushunish oson bo'lishi uchun p va n o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarimo'tkazgichlarda asosiy tok tashuvchilarning miqdorlari o'zaro teng deb olish mumkin (13.4 rasm).

Kontakt hosil qilingan boshlang'ich paytda p -sohasidagi kovaklar kontsentratsiyasi n -sohadagi kovaklar kontsentratsiyasidan n -sohadagi elektronlar kontsentratsiyasi esa p -sohadagi elektronlar kontsentratsiyasidan katta bo'ladi (13.4-rasm). Buning natijasida $p-n$ o'tish kontakt sohasida elektronlar va kovaklarning diffuziyasi vujudga keladi.

p sohadan n sohaga kovaklarning, n sohadan p sohaga elektronlarning siljishi natijasida ular kontakt sohasida uchrashib rekonbinatsiyalashadi. Kontakt sohasining chegaralarida mos holda asosiy bo'lmagan tok tashuvchilar, yani mos ravishda musbat va manfiy ionlarning yuzaga chiqadi va o'rtada zaryadlar kamaygan soha vujudga keladi. Bu sohaning vujudga kelishi va asosiy bo'lmagan tok tashuvchi musbat va manfiy ionlarning yuzaga chiqishi, shu sohada ikki qoplamalari musbat va manfiy zaryadlangan kondensator kabi ikki qatlam vujudga keladi. Bu qatlamda potentsiallar ayirmasi ϕ_k va maydon kuchlanganligi E_k bo'lgan elektr maydon paydo bo'ladi (13.4-rasm). Bu elektr maydonning yo'nalishi shundayki, u asosiy tok tashuvchilarning harakatiga to'sqinlik qilib, asosiy bo'lmagan zaryadlarni harakatlantirib ko'chiradi. Bu zaryadlarning ko'chish natijasidagi tokni *siljish toki* deyiladi.

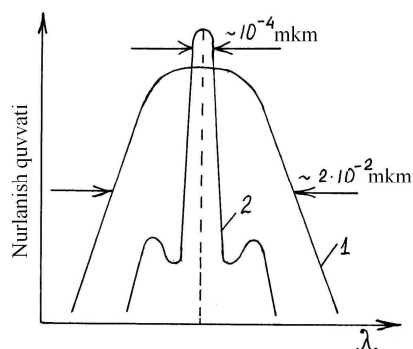


13.6-rasm. Yarimo'tkazgichli $p-n$ o'tishda ishlovchi injektsiyali lazerning konstruktsiyasi ko'rsatilgan.

Asosiy tok tashuvchilarning diffuziyasi natijasidagi tok, asosiy bo'lmagan tok tashuvchilarning siljish tokiga teng bo'lganda kontakt sohasida dinamik muvozanat vujudga keladi. Bu holda zaryadlarga kambag'allashgan soha yarimo'tkazgichning elektron va kovak o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan qismlarini bir-biridan ajratib turadi. Bunday sohani *to'siq qatlam* deb, paydo bo'lgan potentsiallar ayirmasini esa, *potentsial to'siq* deb atash qabul qilingan.

SHu $p-n$ o'tish sohasiga tashqi elektr manbai ulangan holni ko'raylik (13.5-rasm). Tashqi elektr manbaning manfiy qutbini $p-n$ o'tishning p qismiga, elektr manbaning musbat qutbini $p-n$ o'tishning n qismiga ulaylik. Bu holda $p-n$ o'tishdagi potentsial to'siqning miqdori ortadi va asosiy tok tashuvchilarning o'tishi yanada yomonlashib, diffuzion tokning miqdori nolga teng bo'ladi.

Endi elektr manbaning musbat qutbini p - n o'tishning p qismiga, manfiy qutbini esa n qismiga ulaylik (13.5-rasm). Bu holda elektr manbaining p - n o'tishda hosil qilgan elektr maydon kuchlanganligi p - n o'tishning xususiy elektr maydon kuchlanganligiga



13.7-rasm. Yarimo'tkazgichli p - n o'tishda ishlovchi injektsiyali lazerning spektral xarakteristikasi ko'rsatilgan: 1 – spontan nurlanish holat, 2 – majburiy nurlanish holatida.

teskari bo'ladi va yi'indi elektr maydon miqdori kamayadi. Buning natijasida asosiy tok tashuvchilarni p - n sohadan o'tish miqdori ortadi. Bu holda ulanish to'g'ri ulanish deyiladi va tashqi elektr maydon tasirida p -sohadan n -sohaga kovaklar, n -sohadan p -sohaga elektronlar kiritiladi (injektsiyalanadi).

Ushbu holda donorli va aktseptorli aralashmalarning kontsentratsiyasi 10^{18} - 10^{19} sm^{-3} bo'lgan yarimo'tkazgichlardagi elektronlarni va kovaklarni tashqi elektr maydon ta'sirida p - n o'tish sohasiga kiritilib, invers bandlik (p -sohadagi o'tishda termodinamik muvozanat holatiga nisbatan elektronlarning, n -sohadagi o'tishda termodinamik muvozanat holatiga nisbatan kovaklarning ko'proq bo'lishiga erishiladi) hamda ularning shu sohada uchrashib rekombinatsiyasi natijasida esa majburiy nurlanish olinadi. Yarimo'tkazgichning p - n o'tish tekisligiga ko'ndalang bo'lgan ikki tomonlarning sirtlari yaxshilab silliqilganadi (13.6-rasm). Bu sirtlar yarimo'tkazgichli lazer optik rezonatorining ko'zgulari vazifasini bajaradi.

Yarimo'tkazgichli lazerning asosiy tavsiflarini o'lchovchi tajriba qurilmasining bayoni

Xitoy yarimo'tkazgich lazerining parametrlarini va tavsiflarini o'lchovchi qurilma lazerli dioddan, uning elektr ta'minot manbaidan (BP-47), mexanik modulyatordan, intensivlikni susaytirgichdan, FD-7K turdagi fotodioddan, ostsillografdan (C 1-77) va V3-38 turdagi millivoltmetrdan iborat bo'lib, nurlanishning ko'p parametrlarini o'lchash imkoniyatini beradi.

Lazer nuri mexanik modulyatordan, intensivlikni susaytirgichdan o'tib, fotodiod FD-7K tomonidan qabul qilinib, elektr signaliga aylantirildi. Elektr signal so'ngra chastota polosasi 10 kGts gacha bo'lgan (V3-38) millivoltmetr tomonidan o'lchanadi. Millivoltmetr (V3-38) ning ko'rsatishi bo'yicha lazer nurlanishining quvvati nisbiy kattaliklarda aniqlanadi.

Generatsiya effektivligi γ damlash quvvatiga bog'liq holda quyidagi

$$\gamma = \frac{P}{P_n} \quad (1)$$

formula bilan aniqlanadi. Bu erda P – lazer nurlanishining quvvati, P_n – elektr ta'minot quvvati.

Nurlanishning qutblanish darajasi η quyidagi formula

$$\eta = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (2)$$

bilan aniklanadi. Bu erda $I_{\max}$ va $I_{\min}$ mos xolda" qutblantirgichni lazer nuri atrofida 360° ga burishdagi fotoqabulqilgichda hosil bo'lgan elektr tokining maksimal va minimal qiymatlari.

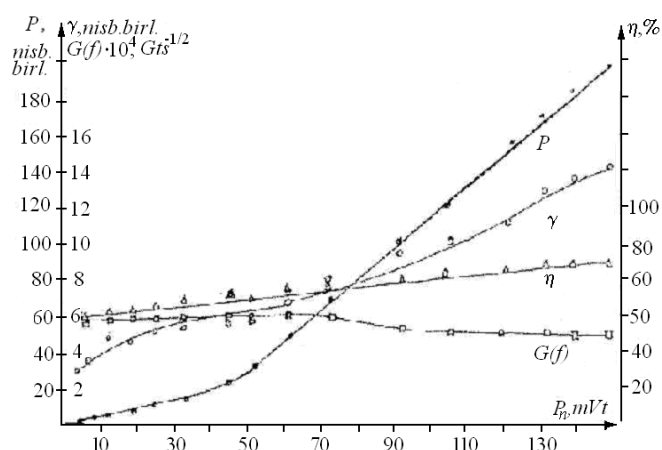
Yarimo'tkazgichli lazer nurlanishi shovqinlarining spektral zichligi V3-38 tipdagi millivoltmetr yordamida aniqlanadi. Buning uchun elektr signalining doimiy $U_{\approx}$ va o'zgaruvchan $U_{\approx}$ tashkil etuvchilari FD-7K dan olinadi. Lazer nurlanishi shovqinlarining spektral zichligi bu holda quyidagi

$$S(f) = \frac{U_{\approx}}{U_{\approx}} \Delta f^{-1/2}; \quad (3)$$

formula bilan aniklandi. Bu erda Δf – V3-38 millivoltmetrining o'tkazish polosasi ($\Delta f = 10 \text{ kGts}$).

Quvvat, qutblanish va shovqin xarakteristikalar

Lazer nurlanishining quvvatini P , generatsiya effektivligini γ , qutblanish darajasi η va nurlanish shovqinining spektral zichligini $G(f)$, lazerli diodning elektr P_i ta'minot quvvatiga bog'liqligi olindi va natijalar 13.8-rasmda keltirilgan.



13.8-rasm. Yarimo'tkazgichli lazer P , γ , η , va $G(f)$ parametrlarining elektr ta'minot R_n quvvatiga bog'liqlik grafi.

yarimo'tkazgichli lazer o'zining to'yingan ish rejimiga etmaganligini bildiradi. Va nihoyat damlash quvvati 150 mVt bo'lganda generatsiya effektivligi o'zining maksimal 14 kiymatiga erishadi. Generatsiya effektivligining oshishi bilan nurlanishning qutblanish darajasi ham o'zining minimal 60% li qiymatidan maksimal 89% li qiymatiga erishadi. Bunday natijalarni yarimo'tkazgichli lazerning R_n quvvatini orttirilganda generatsiya sharoiti yaxshilanishi bilan tushuntirsa bo'ladi. Damlash quvvati yanada oshiriladigan bo'lsa $p-n$ o'tish qiziydi va kogerent generatsiya holati buziladi hamda lazer quvvati, generatsiya effektivligi, qutblanish darajasi pasayib ketadi.

13.8-rasmdan yana shu narsa ko'rinib turibdiki, damlash quvvati 150 mVt gacha o'zgarganda lazer nurlanishi shovqinlarining spektral zichligi o'zgarmay qoldi. Bunga sabab, yarimo'tkazgichli $p-n$ diodning damlash quvvati ortishi bilan lazer nurlanishiniyig doimiy va o'zgaruvchan (ya'ni fluktuatsiyali tashkil etuvchisi) bir xil ortishidir.

YUqorida aytilganlardan tashqari ushbu qurilmadan o'quv-laboratoriya darsida foydalanilsa bo'ladi va unda quyida ko'rsatilgan laboratoriya mashqlarini bajarsa bo'ladi.

Laboratoriya mashqlari:

1 - mashq. Lazer nurlanishi quvvatining elektr ta'minot kuchlanishiga bog'liqligini o'rganish.

1. Lazerni nurlanishi fotoqabulqilgichga tushadigan kilib joylashtiramiz.
2. Fotoqabulqilgich simlarini elektr tokini o'lchovchi asbobga ulaymiz.
3. Lazerni elektr ta'minot manbaiga ulaymiz.
4. Lazer nurlanish quvvatining ($I=f(U_T)$) elektr ta'minot manbaining kuchlanishiga bog'liqligini olamiz. Bu erda 1 – mikroampermetr bilan o'lchangan fototok, u lazer nurlanishi quvvatiga mutanosib kattalik.
5. Olingan natijalarni jadval ko'rinishida yozib, ular asosida $I=f(U_T)$ bog'lanish grafigini chizamiz.

2-mashq: Bir o'lchamli difraktsion panjara yordamida lazer nurlanishining to'lqin uzunligini aniqlash

1. Difraktsion panjarani va ekranni lazer nuri buylab joylashtiramiz.
2. Ekrandagi difraktsion manzaradagi asosiy va yordamchi maksimumlarining holatini aniklaymiz. Maksimumlar orasidagi Δx_n masofani va difraktsion panjaradan asosiy maksimumgacha bulgan Z masofani bilgan holda, ushbu

$$\varphi_k = \arctg\left(\frac{\Delta x_n}{Z}\right)$$

formula asosida difraktsiya burchagini aniklaymiz.

3. Nurlanish to'lqin uzunligini 2-punktdagi natijalar asosida quyidagi

$$\lambda = \frac{d \cdot \sin \varphi}{n}$$

formula asosida aniklaymiz. Bu erda n – difraktsiya tartibi, d - difraktsion panjara doimiysi.

3-mashq: Lazer nurlashining qutblanish darajasini o'lchash.

1. Qutblantirgichni va fotoqabulqilgichni lazer nuri bo'ylab joylashtiramiz.
2. Qutblantirgichni shtrixlardan birini tutqichdagi belgi bilan moslashtiramiz.
3. Fotoqabulqilgichning simlarini elektr tokini o'lchash asbobiga ulaymiz.
4. Lazerni elektr tok manbaiga ulaymiz va ta'minot manbai kuchlanishni 4 V ga qo'yamiz.
5. Quyidagi

$$\eta = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

formula asosida qutblanish η darajasini aniqlaymiz. Bu erda $I_{\max}$ va $I_{\min}$ mos holda qutblantirgichni lazer nuri atrofida 360° ga burishdagi fotoqabulqilgichda hosil bo'lgan elektr tokining maksimal va minimal qiymatlari.

Adabiyotlar

1. G.S.Landsberg, Optika, Toshkent; O'qituvchi, 1981.
2. Fizikadan praktikum, I.V.Iveronova tahriri ostida, Toshkent, O'qituvchi, 1979.
3. I.V.Savelev, Umumiy fizika kursi, 3-tom, - Toshkent, O'qituvchi 1976.

Hisoblashlar

N_0	U_i	I_i
1		
2		
3		
4		

8- Laboratoriya ish

Elektronning solishtirma zaryadini bir jinsli elektr maydondagi harakatida asoslanib aniqlash.

Ishdan maqsad: Ishlab chiqilgan maxsus dastur asosida, positron va elektronning yassi kondensator maydonidagi harakatni imitatsion kompyuter modeli yordamida o'rganish, zaryadli zarralar, shu jumladan elektronning solishtirma zaryadini aniqlash.

Kerakli asbob uskunalar: Shaxsiy kompyuter, mazkur laboratoriyaga ish uchun ishlab chiqilgan EHM dasturi.

Qisqacha nazariy ma'lumot.

Zaryad miqdori " q " ga teng bo'lgan musbat zarracha $\vec{g}$ boshlanich tezlik bilan " x " yo'nalishi bo'yicha yassi kandesator qoplamalari orasidagi deyarli bir jinsli elektr maydonga tik (E) kirib keldi deylik.

Bunda $E_x = E_y = 0$, $E_y = E$ bo'lganligi sababli zarraga " y " o'q yo'nalishida

$$F = qE_y = qE \quad (1)$$

kuch ta'sir qiladi. Bunday zaryad uchun harakat tenglamasi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi.

$$\begin{cases} m \frac{d\vartheta_x}{dt} = 0 \\ m \frac{d\vartheta_y}{dt} = qE \end{cases} \quad (2)$$

yoki

$$\frac{d\vartheta_x}{dt} = 0 \quad \frac{d\vartheta_y}{dt} = \frac{qE}{m} \quad (3)$$

$$\vartheta_x = \vartheta = const \quad (4)$$

$$\vartheta_y = \frac{qEt}{m} + c \quad (5)$$

bundan, c – integrallash doimiysi $t = 0$ da $\vartheta_y = 0$ bo'lganligi sababli $c = 0$. CHizmadan

ko'rinib turibdiki $t = \frac{l}{g}$ bunda l – kondesator koplamasi uzunligi, t – zarraning elektron maydonda bo'lish vaqti.

U holda

$$g_y = \frac{q}{m} E \frac{l}{g} \quad (6)$$

ifoda o'rinli bo'ladi. Bunda zaryadli zarraning "x" yo'nalishi bo'yicha ko'chishi

$$x = g t \quad (7)$$

"y" yo'nalish bo'yicha "F" kuch ta'sirida ko'chish esa

$$y = \frac{a_y t^2}{2} = \frac{qE}{m} t^2 \quad (8)$$

(7) va (8) ifodalardan zarraning haraka traektoriyasini topish mumkin.

$$y = \frac{qE}{2m g^2} \cdot x^2 \quad (9)$$

Ko'rinib turibdiki, zaryadli zarra bunday holda parabolik traektoriya bo'yicha harakat qiladi. YUqoridagi ifodalardan foydalanib zarraning gorizantal yo'nalishdan o'rish burchagi " θ " ni aniqlash mumkin.

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{dy}{dx} = \frac{q}{m} \cdot \frac{eE}{g^2} \quad (10)$$

Bundan, solishtirma zaryad $\left(\frac{q}{m}\right)$ ni aniqlash uchun quyidagi ishga formulani hosil qilnadi.

$$\frac{q}{m} = \frac{\operatorname{tg} \theta \cdot g^2}{eE}$$

(10) ifodadan ko'rinib turibdiki, doimiy elektr maydon va $g = \text{const}$ bo'lgan holda har xil massali bir xil zaryadli zarralar har xil θ burchakka o'radilar. Bunday usul bir xil boshlan'ich tezlikda elektr maydonga kelib tushgan bir xil zaryadli zarralarni massalarga qarab saralash mumkinligi ko'rinib turibdi.

Ishni bajarish tartibi.

1. EHMni elektr tarmoqqa ulash.
 2. θ va *sic.exe* faylini ochib "*Poritron*" dasturini ishga tushiring.
 3. Ekranda paydo bo'lgan menyudan foydalanib mashqlarni ketma – ket bajaring.
 4. 1 va 2 – mashqlarda elektron va pozitron harakatidagi farq va o'xshash tamonlarini solishtirib tahlil qiling.
 5. 3- mashqda elektron solishtirma zaryadini aniqlash uchun zarur bo'lgan ketma – ketliklarni ekranda berilgan ketma –ketliklardan foydalanib o'lchang.
- a) Kondesator qoplamasi uzunligini o'lchang
 - b) Ekranda zarra treaktoriyasining kondesator qoplamalaridan chiqib ketish nuqtasiga o'tkazilgan urinmadan hamda koordinata o'qlaridan foydalanib zarraning ekranga tushish burchagi θ ni aniqlang.

c) V va E ning berilgan qiymatlarini metyudan oling.

d) Barcha ketma-ketlilarni xalqaro birliklar tizimida ifodalab, quyidagi ishchi formula yordamida $\frac{l}{m}$ ni hisoblang

$$\frac{l}{m} = 1,584 \frac{v^2 \operatorname{tg} \theta}{eE}$$

Nazorat savollari.

9. Solishtima zaryad nima.
10. Zaryadning elementar qiymati deganda nimani tushunasiz.
11. Zaryadning saqlanish qonuni nima.
12. Bir jinsli elektron maydonda elektronga qanday kuch tasir qiladi.
13. YAssi elektr kandesator maydoniga $\vec{g}$ tezlik bilan gorizantal kiritilgan elektronga qanday kuchlar ta'sir qiladi. Bunda harakat traektoriyasi qanday bo'ladi.
14. Bir jinsli magnit maydonga maydonda harakatsiz zaryadga qanday kuch ta'sir qiladi.
15. Bir jinsli magnit maydonga maydon induksiyasi yo'nalishida $\vec{g}$ tezlik bilan kiritilgan elektronga qanday kuch ta'sir qiladi.
16. Bir jinsli magnit maydonga maydon induksiya (B) yo'nalishiga tik holda $\vec{g}$ tezlik bilan kiritilgan elektronga qanday kuch ta'sir qiladi.

Adabiyotlar:

1. E.V.Shpolskiy. Atomnaya fizika. T.1,2. Nauka, M. 1983.
2. A.N, Matveev. Atomnaya fizika. Vysshaya shkola. M. 1989
3. R. Bekjanov. Atom fizikasi. Ukituvchi, 1989
4. B. Milantev. Atomnaya fizika. 1999
5. Veyzar "Osnovnie predstavleniie sovremennoy fiziki"
6. Shpolskiy A.V "Atom fizikasi"
7. Born M. "Atom fizikasi", Mir. M 1970. 318-322 b.

Laboratoriya ishi №12

Lazer yordamida neon atomining metastabil energetik holatini aniqlash.

Ishdan maqsad: Optik kvant generatorlari (lazeri) ning ishlash prinsipini o'rganish va neonning metastabil holatini aniqlash.

Kerakli asboblari:

1. LGN – 109 raz lazeri.
2. Difraktsion panjara.
3. Millimetrli ekran.
4. Lineyka (chizgich)

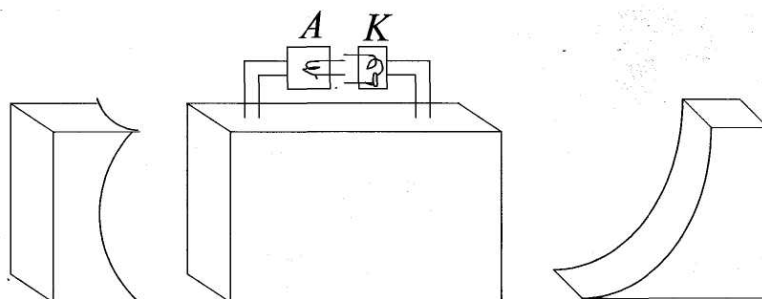
Nazariy qismi.

Ihtiyoriy uchta asosiy qismdan qismdan iborat:

1. Aktiv muhit – bu muhitda inversion holat hosil qilinadi.
2. Naqachka sistemasi – bu aktiv muhitda nakachkani amalgam oshiradi.
3. Optik rezinator – bu ko'zgular sistemasi bo'lib bu sistema yordamida nurlanishga fazoda ma'lum bir yo'nalganlik va sinxronlik beriladi.

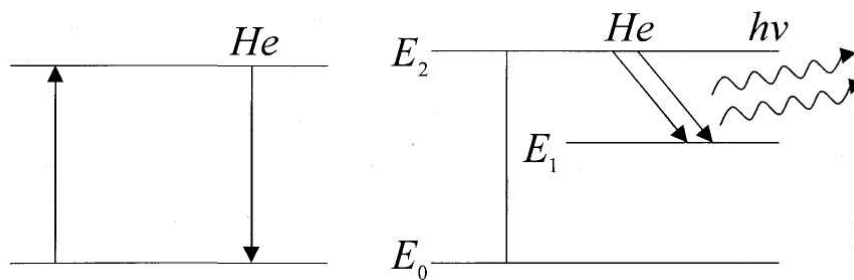
Gazli lazer ish printsipti bilan tanishaylik. Biz o'rganayotgan gazli lazerda aktiv muhit bo'lib, geliy-neon aralashmasi xizmat qiladi. Bu qurilma sxemasi 1-rasmda ko'rsatilgan.

1-rasm



Katod va anod oralig'iga katta kuchlanish beriladi 1 necha kilovatt. Bu kuchlanish ta'sirida gazda razryad vujudga keladi. Gazorazryad sharoitida muhit neytral atom va erkin elektronlar aralashmasidan iborat. Katta tezlanish olgan elektron o'z yo'lida atomlar bilan to'qnashib ular uyg'ongan holatga o'tkazadi. Uyg'otilgan atomlar o'z – o'zidan nurlanishi yoki bo'lmasa boshqa atom bilan to'qnashib unga o'z energiyasini berishi mumkin. Neon atomlari o'z yo'lida elektronlar bilan to'qnashib uyg'ongan E_2 holatga o'tadi va o'z asosiy holati E_0 ga E_1 oraliq sath orqali qaytadi.

2-rasm



$E_2 - E_1$ energetik sathlar orasidagi farq $\lambda = 0,63 \text{ mkm}$ li nurlanishni generastiyalaydi, ammo bu o'zgarishlar inversion holatni vujudga keltira olmaydi va demak bu holda kuchayish kuzatilmaydi. Ammo aralashmadagi geliy atomi E'_2 energetik sathi E_2 ga yaqin. Buning ustiga E'_2 sathda elektronning “yashash vaqti” yetarlicha katta (ya'ni bu E_2 xolat metastabil holat). Geliy atomi uyg'ongan holatida elektronlar bilan to'lgan bo'ladi. Shuning uchun yuqori E_2 , E'_2 holatlarda elektroidlar pastroq joylashgan xolatdagidan ko'proq ($N_2 > N_1$) bo'ladi. Inversion holat paydo bo'lishi uchun He va Ne atomlarning nisbati 1/4 kabi (20% He, 80% Ne) bo'lishi kerak. Bu nurlanish paydo bo'lishining asosiy shartidir. 2 – rasmda ko'rinadiki atomning metastabil energetik xolatini aniqlash uchun quydagi farqni topish kerak. $E_2 - E_1 = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ bu yerda:

λ - nurlanish to'lqin uzunligi

c – yorug'lik tezligi

h – plank doimiysi

Nurlanish to'lqin uzunligi λ ni difraksion panjara yordamida aniqlash mumkin:

$\lambda = \frac{d \sin \varphi_k}{k}$ bu erda k – spektr nomeri. φ - difraktsiya burchagi, d – difraksion panjara

doimiysi, $k=1$ holat uchun difraksion burchagi kichikligini hisobga olib

$$\lambda = \frac{dl}{R}$$

R – ekran bilan panjara orasidagi masofa.

l - ekran tirqishidan birinchi maksimumgacha bo'lgan masofa.

Lazer qurilmasining asosiy texnik ma'lumoti).

Nurlanish to'lqin uzunligi	-0,63 mkm
Boshlang'ich nurlanish quvvati	-1 mvt
Nur diametri	-0,3 sm
Nurning burchak yoyilmasi	-0,0029 rad
Qurilma 220 V, 5 Gts o'zgaruvchan tok manbaida ishlaydi.	
Istemol qiymati	-40 Vt

Texnik havfsizligi qoidalari:

Lazer nuri tirik organizmga, ko'pincha ko'zga tushganda har xil biologic effektlar paydo bo'ladi. Shuning uchun nurning ko'zga tushishidan saqlanish kerak, buning uchun nur yo'ldan barcha sochuvchi predmetlarni olib qo'yish kerak. Nur qarshisida maxsus yutuvchi ekran qo'yish kerak.

Lazer qurilmasida ishlash tartibi:

Lazerni bajaruvchi hamma organlarni qurilmaning orqa devorida joylashgan:

1. Texnik havfsizlik qoidalarini rioya qilgan holda qurilmani ulang.
2. Difraksion panjara yordamida mahsus qurilma yordamida ekranda difraksion panjara hosil qiling.
3. Difraksion panjaradan ekrangacha masofa (R) va teshikdan birinchi maksimumgacha masofani (l) ni o'lchang.
4. Uchinchi formuladan to'lqin uzunligi λ ni aniqlang.
5. To'lqin uzunligini bilgan holda nurlanish energiyasini aniqlang va neon atomining metastabil holatini aniqlang.

Adabiyotlar:

1. T.I.Trofimova. "Fizika kursi"
2. Lansberg A. "Optika"
3. "Labaratorniy praktikum po fizike". M. 1982 g

Laboratoriya ishi № 13

Rentgen nurlarini olish va uni o'rganish.

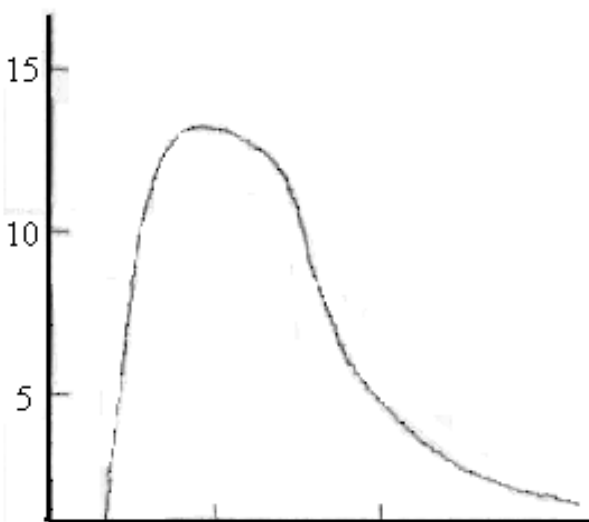
Ishdan maqsad: Rentgen nurlarining tabiati va xossalari bilan tanishish va URS -55 rentgen qurilmasi yordamida rentgen nurlarini olish.

Kerakli asboblari: Ishninig tavsifi, URS -55 rentgen qurilmasi, lyuminestsent plastinka.

Nazariy qism.

Ma'lumki rentgen nurlanishi amaliyotining ko'p soxalarida qo'llaniladi. Jumladan tibbiyot yoki ilmiy tadqiqot ishlarida. Masalan rentgen strukturaviy tahlilda rentgen strukturaviy tahlilda rentgen nurlanishi asosiy vositalardan biridir. Bundan tashkari oxirgi paytlarda mikroelektron yarimutkazgich elementlarni ishlab chiqarish texnologiyasida ham rentgen nurlanishidan foydalanish kengayapti. Shu sababli talabalar tomonidan rentgen nurlanishi xossalari bilish, undan foydalanish usullarini o'rganish hozirgi vaqtda ham aktualdir. Bu masalani echish uchun talabalarni o'qish jarayonida rentgen nurlanish bilan bog'liq bo'lgan tajriba va laboratoriya ishlari bilan tanishtirish maqsadga muvofiqdir.

Rentgen nurlari tez elektronlar ta'sirida paydo bo'ladi. Rentgen trubkalari deb ataladigan trubkalarda katodning karshisida metall plastinasi joylashgan bo'ladi. Elektronlarning bu plastinkalarni bombardimon qilganda rentgen nurlari chiqadi. Ko'zga ko'rinmaydigan rentgen nurlari ba'zi tabiiy kristall moddalarda va suniy ravishda tayyorlangan kukunlarda (lyuminaforda) ko'zga ko'rinadigan yorug' fluoristsentsiya hosil qiladi. Rentgen nuri ikki xil bo'ladi. Agar antikodda tormozlanadigan elektronlarning energiyasi antikatod moddasi uchun xarakterli bo'lgan mayyan kattalikdan ortmasa, xosil bo'ladigan nurlanish *tormozlanish nurlanish* deb ataladi. Bu nurlanish oq yorug'lik kabi tutash spektriga ajraladi. Tormozlanish nurlanishning tutash spektri quyidagi xarakterli xususiyatlarga ega. Bu spektrda intensivlikning to'liq uzunlikda maksimumga ega bo'ladigan egri chiziq bilan tasvirlanadi (1-rasm).



1 - rasm

Intensivlikning uzun va qisqa to'liqlar tomoniga qarab bu maksimumdan kamayishi xar xil yo'l bilan boradi: uzun to'liqlar tomonida egri chiziq yotiqroq pasayib, to'liq uzunlik ortgani sari nolga chiziq tikroq pasayib, muayyan bir to'liq uzunlikda spektr birdaniga uzuladi. Bu kritik to'liq

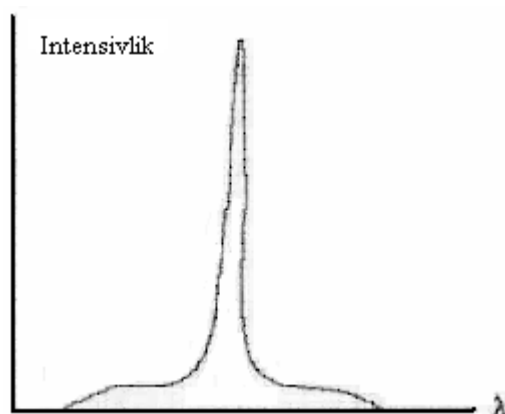
uzunlik, ya'ni tutash spektrining qisqa to'liqlik chegarasi elektronlarni tezlashtiruvchi potentsialga bog'liq bo'ladi. Agar bu potentsial V kilovolt bo'lsa, chegaraning angstrom birliklarda ifodalangan to'liqlik uzunligi λ

$$\lambda = \frac{12.345}{V} \text{ A}$$

SHunday qilib $V = 100 \text{ kV}$ bo'lganda tutash spektrdagi eng qisqa to'liqlik 0.123 A bo'ladi.

YUqorida aytib o'tilgandek uyg'onuvchi elektronlarning energiyasi biror kritik kattalikdan ortiq bo'lmagan xollardagina tutash spektr xosil bo'ladi.

Agar elektronlarning energiyasi bu kritik kattalikka teng yoki undan katta bo'lsa, *xarakteristik nurlanish* deb ataladigan nurlanish xosil bo'ladi chunki bu nurlanish antinoted moddasini xarakterlaydi.



2-rasm.

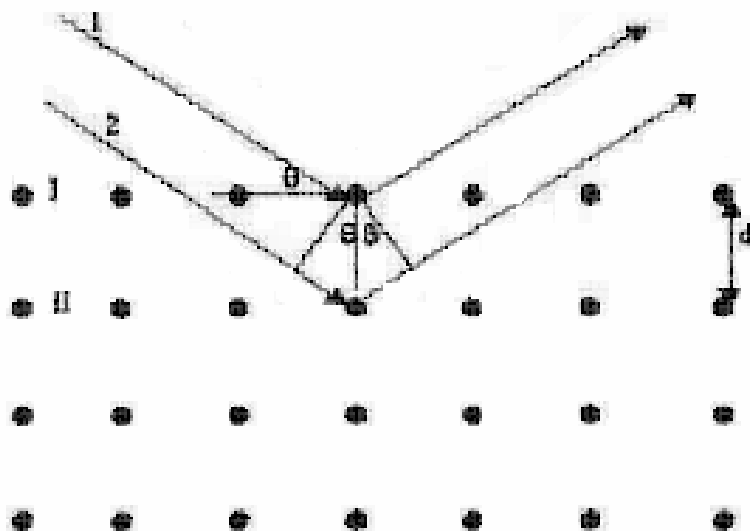
Xarakteristik nurlanishning spektri chiziqli spektrdir (rasm 2). Xarakteristik nurlanishning spectral* chiziqlari rentgen spektrning xar xil qismlariga joylashgan va muayyan bir qonunga bo'y sunadigan ketma – ketlik yoki seriyalar xosil qiladi. Tarixiy sabablarga ko'ra bu seriyalar K, L, M, N xarflari bilan belgilanadi. K seriya eng qisqa to'liqlik seriya bo'lib, uzun to'liqlar tomonidan navbatdagi seriya L seriyalardir. Ulardan keyin faqat og'ir elementlarda ko'rinadigan M va N seriyalar keladi.

Rentgen nurlari atomni o'rganishda muhim ro'l o'ynaydi. Masalan rentgen nurlarining spektrlari barcha elementlarning atom nomerlarini aniq belgilashga ya'ni ular yadrolarning zaryadlarini aniqlashga imkon beradi. Undan tashqari, rentgen spektroskopiyasining metodlari Avogadro doimiysining, electron zaryadi e , shuningdek, elektronning solishtirma zaryadi e/m ning ancha aniq qiymatlarini topishda samarali ravishda tatbiq etiladi.

Qattiq jismlarni strukturasini aniqlash uchun rentgen strukturaviy tahlil yoki rentgen nurlarining spektroskopiyaning interferentsion qaytishi uchun bajeilishi lozim sharti yoki Bulf-Bregg formulasi yotibdi. Bu formulaning ma'nosi quyidagichadir.

Ma'lumki qattiq jism parallel joylashgan atom tekisliklardan iborat. Bu tekisliklarga to'lqin uzunligi λ bo'lgan monoxromatik nurlarning parallel dastasi tushsin. Atomlarni yangi kogerent elementlar to'lqinlar markazi deb qarab, tekisliklarning xar biri uchun burchagi tushish burchagiga teng bo'lgan nolinchii tartibli qaytishga ega bo'lamiz. Bunda ayni bir tekislikdan ixtiyoriy uzunlikdagi hamma to'lqinlar mutlaqo bir xil qaytadi, chunki hamma nurlarning yo'llari uzunligi o'zaro teng, binobarin, nurlar yurish yo'lining farqi hamisha nolga teng bo'ladi. To'lqinlarning bir tekislikdan emas balki bir-biridan bir xil uzoqlikda turgan tekisliklar sistemasidan qaytishini xisobga olamiz (rasm 3).

Bu holda manzara har xil tekisliklardan qaytgan kogerent nurlarining interferesiyasi tufayli murakkablashadi va xar qanday uzunlikdagi ba'zi to'lqinlarga qaytdi. Xaqiqatdan ham, I va II tekisliklardan qaytgan 1 va 2 nurlarning yo'llari farqi 2 – si 0 ga teng ekanligi chizmadan ko'rinib turibdi, bu erda 0- sirpanish burchagi, ya'ni tushish burchagi 90^0 ga to'ldiruvchi burchak. Shuning uchun yo'llarning farqi uzunligining butun soniga teng bo'lgan to'lqinlarga qaytish uchun shart bajarilishi kerak.



Bulf-Bregg formulasini olishga doir

3- rasm

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad n=1,2,3 \dots \quad (7)$$

Bu formula Bulf-Bregg formulasidir, u rentgen nurlanishning butun spektroskopiyasiga asos qilib olingan.

URS -55 rentgen qurilmasi umumiy tavsifi.

URS-55 rentgen qurilmasi rentgen qurilmalarining eng oddiysi bo'lib BSV-2 rentgen trubkasi asosida ishlaydi. Trubkani ta'minlash sxemasi- bir yarim davrli kenotronsiz. Qurilma 55 kV maksimal kulanish va trubkadagi maksimal tok 40 mA ga mo'ljallangan.

Qurilma ikkita bo'lakdan iborat: boshqarish pulti va rentgen trubkasi uchun qoplamali generator uskunasi. Pult o'lchamlari – 44 x 34 x 31 sm, generator qurilmasi o'lchamlari – 39 x 20 x 63 sm. Nurlantiriladigan namunalar maxsus ushlagichlarda yoki bevosita generatorli qurilma yonida joylashtirilishi mumkin.

Rentgen apparatining elektr sxemasi uchta asosiy zanjirdan iborat: 1-yuqori kuchlanish zanjiri, 2-nakal zanjiri, 3-ulash zanjiri. Yuqori kuchlanish zanjiri rentgen trubkasidagi katoddan chiqadigan elektronlarga yuqori tezlik berish uchun, nakal zanjiri katodni yuqori temperaturagacha qizdirish uchun va ulash zanjiri apparatni ulash va o'chirish uchun mo'ljallangan.

URS – 55 rentgen qurilmasida rentgen nurini olish tartibi.

Rentgen nurlanishi bilan bog'liq bo'lgan ilmiy tadqiqot yoki laboratoriya ishlari uchun URS-55 rentgen qurilmasidan foydalanish tartibini ishlab chiqarish zarur. Bu tartibda radiatsion xavfsizlik choralari va nurni olish uchun bajariladigan amallarning optimal tartibi o'rin olishi kerak.

Bu talablarga javob beradigan rentgen nurlanishni olish tartibi quyidagicha:

1. Rentgen trubkasiga boradigan sovutish vazifasini bajaradigan suv oqimi yo'llarini ta'minlang. Buning uchun rentgen trubkasiga boradigan rezina shlangini vodoprovod tarmog'iga va trubkadan chiqadigan rezina shlangini rakovinaga karatib kuyish kerak. Keyin suv kranini ochib shlang o'rtasida urnatilgan shisha trubka yonida suv okimi xosil bulganini tekshiring.
2. Pultdagi xamma boshkaruvchi ruchkalarining eng chap (nolga tugri keladigan) xolatiga kuying.
3. Pultni shtepselini 220 V razetkasiga ulang.
4. Rentgen trubkasi atrofida begona odam bulmasligini va xavfsizlik koidalari bajariladiganligini tekshiring.
5. Boshkarish pultidagi «PUSK» knopkasini bosing.
6. «VBIKL, SET» boshkarish ruchkasi yordamida kirish zanjirdagi kuchlanishni 220 V ga olib boirng.
7. «NAKAL TRUBKI» boshkarish ruchkasi yordamida trubkadagi tokni 10-15 mA ga etkazing.
8. «NAPRYAJENIE» boshkarish ruchkasi yordamida 1,2,3,4,5 pogonalarga ketma-ket utirib xar bir vaziyat uchun 55 kV muljallangan grafikdan foydalanib trubkaga tushadigan kuchlanishni kuyidagi shaklda jadvalga tushing va xar bir pagonada rentgen nurining oldiga,
9. Manbadan 15-20 sm masofada lyuminestsent plastinkani tutib undan yoruglik nurining chikishini kuzating.

Rentgen nurlanish manbalarining eksnozitsion doza kuvvatini xisoblash

Elektromagnit nurlanishi intensivligi I to'liqin tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan birlik vaqtda tushadigan energiya bilan aniqlanadi. Bu kattalikning birligi $J \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ bo'lib, u rentgen nurlanishi manbasini tavsiflaydigan fizik o'lcham bo'lib xizmat qilishi mumkin. Amaliyotda, odatda, rentgen manbasini xarakterlash uchun rentgen/sekundiga birlikda o'lchanadigan ekspozitsion doza quvvati R ishlatiladi. 1 Rentgen ekspozitsion dozasi DE , quruq atmosfera dozasini ionizatsiyalash effekti bilan o'lchanib 1 sm^3 xavoda $E=0,114$ erg energiyani yutilishiga mos keladi. Berilgan rentgen nurlanishining to'liqin uzunligiga to'g'ri keladigan xavoning yutilish koeffitsiyenti $\gamma(\lambda)$ ni va rentgen nurlanishining intensivligi I ni bilgan xolda $E=\gamma \cdot I$ ni topamiz. 1 $R/s=0,0114 J/(m^2 \cdot s)$ bo'lganligi uchun ekspozitsion doza quvvati Re uchun quyidagini yozish mumkin.

$$Re=I \cdot \gamma_0 / 0,0114 [P/c]$$

Rentgen manbalarining intensivligi I xarakteristik spektr intensivligi I_2 yigindisidan iborat bo'ladi.

To'liqin uzunligi λ bulgan xarakteristik rentgen nurlanishining intensivligi birlik vaqtda anod tamonidan chiqarilgan xarakteristik nurlanishi rentgen kvantlari soni N_p , anoddan mishengacha masofa R va xarakteristik nurlanish kvanti energiyasi $h\nu$ bilan aniklanadi.

$$I_1 = N_p \cdot h\nu / (4\pi R^2) \quad (2)$$

Kvanlar soni N_p birlik vaktida anodga tushadigan elektronlar soni N_e rentgen nurlarini tanlash burchagi θ ga bog'liq kvant chikishi η trubkadagi kuchlanishi U va anod materiali elementining atom nomeri z ga bog'liq. Elektronlar soni N_e rentgen trubkadagi tok I bilan aniqlanadi.

$$\eta = \eta(0, U, z), N_e = I / q \quad (3)$$

(3) va (2) ni xisobga olib quyidagini topamiz

$$I_1 = (I / q)(h\nu / 4\pi R^2) \eta(0, u, z) \quad (4)$$

Tormozli nurlanishni nazariy urganishi uning intensivligi uchun quyidagi ifodani beradi

$$I_2 = 0,72 \cdot 10^{-9} z u J / R^2 \quad (5)$$

Bu erda xamma munosabatlar xalkaro birliklar sistemasida berilgan. Ekspozitsion doza kuvvatlarini baxolash shuni kursatadiki engil metallardan bulgan azod ishlanilganda ekspozitsion dozaning asosiy ulushi xarakteristik rentgen nurlanishdan iborat va uning ekspozitsion doza quvvati (1) – (4) ifodalar bilan topiladi.

Nazorat savollari.

1. Tormozlanish nurlanishi nima?
2. Xarakteristik rentgen nurlanishi qanday poydo bo'ladi?
3. Tormozlanish va xarakteristik rentgen nurlanishlari spektrlari qanday?

4. Vulf-Bregg formulasi va uning qo'llanilishi.
5. URS-55 rentgen qurilmasida rentgen nurlanishi olish tartibi qanday?
6. Rentgen nurlari qanday maqsadlarida ishlatiladi?

Adabiyotlar.

1. E. V. Shpolskiy. Atom fizikasi, T. O'qituvchi, 1970, 582b.
2. Fizika tverdogo tela. Spetspraktikum. M. Izd. MGU, 1982, 303 s.
3. V. I. Iveronova. G.P. Revkevich, Teoriya rasseyaniya rentgenovskix luchey. M. Izd. MGU, 1978.
4. YA. S. Umanskiy. Rentgenografiya metallov i polkprovodnikov, M. Metallurgiya, 1968.