

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

**ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**FIZIKA FANIDAN
LABORATORIYA ISHLARI UCHUN
USLUBIY KO'RSATMA**

II qism

(ELEKTR VA MAGNETIZM, OPTIKA, KVANT MEXANIKASI)

Texnik yo'nalishda o'quvchi talabalar uchun

Toshkent–2015

UDK 530.

Tuzuvchilar: D.B.Yusupov, Sh.M.Komolxo'jaev, A.Gaibov, A.A.Uzoqov, Toshkent, 2015.

“Fizika” kursi bo'yicha elektr va magnetizm, optika hamda kvant mexanikasi bo'yicha laboratoriya ishlarini bajarish uchun uslubiy ko'rsatma. – Toshkent, ToshDTU, 2015. – 82 b.

Ushbu uslubiy ko'rsatma fizikaning elektr va magnetizm, optika hamda kvant mexanikasi bo'limlari bo'yicha laboratoriya mashg'ulotlarini yangi dastur asosida tashkil etishga bag'ishlangan bo'lib, uning maqsadi talabalarni nazariy mashg'ulotlarda olgan bilimlarini mustahkamlashdan, elektr va magnetizm, optika hamda kvant mexanikasining asosiy qonunlarini to'laroq tushunish va anglash, hamda mustaqil ishlash malakalarini hosil qilish, talabalarni fizik asbob, qurilmalar va o'lchov asboblari bilan ishlashga o'rgatishdan iborat.

Toshkent davlat texnika universitetining ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga binoan chop etildi.

Taqrizchilar:

**f.-m.f.n. dots. Ximmatkulov O. (Tosh DTU),
f.-m.f.d. prof. Otajonov Sh. (O'zMU)**

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2015

MUNDARIJA

O'LGHASH NATIJALARINI ISHLAB CHIQISH. XATOLIKLARNING ELEMENTAR NAZARIYASI	5
1 – laboratoriya ishi	8
CHO'G'LANMA LAMPOCHKALARNING QARSHILIGI VA QUVVATINI ANIQLASH	8
2 – laboratoriya ishi.....	12
O'TKAZGICHNING QARSHILIGINI UITSTON KO'PRIGI YORDAMIDA ANIQLASH	12
3 – laboratoriya ishi.....	15
TERMOELEKTRON EMISSIYA HODISASINI O'RGANISH VA KATODNING HARORATINI ANIQLASH.....	15
4 – laboratoriya ishi.....	20
G'ALTAKNING INDUKTIVLIGI, TO'LA KUCHLANISH VA TOK ORASIDAGI FAZA SILJISHI, HAMDA MUHITNING MAGNIT SINGDIRUVCHANLIGINI ANIQLASH	20
5 – laboratoriya ishi.....	25
YER MAGNIT MAYDONI KUCHLANGANLIGINING GORIZONTAL TASHKIL ETUVCHISINI ANIQLASH VA TANGENS-GALVANOMETR DOIMIYSINI ANIQLASH	25
6 – laboratoriya ishi.....	28
MIKROSKOP YORDAMIDA SHISHA PLASTINKANING SINDIRISH KO'RSATKICHINI ANIQLASH	28
7 – laboratoriya ishi	33
SHISHA PLASTINANING SINDIRISH KO'RSATKICHINI INTERFERENSIYA YO'LI BILAN ANIQLASH.....	33
8 – laboratoriya ishi.....	38
FRENEL BIPRIZMASIDA LAZER NURLANISHNING INTERFERENSIYASINI KUZATISH VA TO'LQIN UZUNLIGINI ANIQLASH	38

9 – laboratoriya ishi.....	42
YORUG'LIKNING TO'LQIN UZUNLIGINI NYUTON HALQALARI	
YORDAMIDA ANIQLASH.....	42
10 – laboratoriya ishi	46
LAZER NURLARINING FAZOVIIY KOGERENTLIGINI YUNG USULI	
ORQALI TEKSHIRISH.....	46
11 – laboratoriya ishi.....	50
YORUG'LIKNING DIFRAKSIYA HODISASINI O'RGANISH	50
12 – laboratoriya ishi	55
YORUG'LIKNING QUTBLANISH HODISASINI O'RGANISH	55
13 – laboratoriya ishi	61
YORUG'LIKNING SUYUQLIKDA YUTILISH KOEFFITSIYENTINI	
ANIQLASH	61
14 – laboratoriya ishi	67
STEFAN-BOLTSMAN DOIMIYSINI ANIQLASH.....	67
15 – laboratoriya ishi	70
FOTOEFFEKT QONUNLARINI TEKSHIRISH	70
16 – laboratoriya ishi	75
TERMOPARA DOIMIYSINI ANIQLASH	75
17 – laboratoriya ishi.....	78
YARIM O'TKAZGICHLI TO'G'RILAGICHNING ISHLASHINI O'RGANISH	
.....	78

O'LCHASH NATIJALARINI ISHLAB CHIQISH. XATOLIKLARNING ELEMENTAR NAZARIYASI

Fizika moddiy dunyoning realligini o'rgatuvchi fan bo'lganligi sababli uning qonuniyatlarini o'rganishda tajribalarga tayaniladi. Tajribalar esa fizik kattaliklarni o'lchash asosida olib boriladi. *O'lchash* deb, aniqlanayotgan fizik kattalikni birlik deb qabul qilingan kattalik bilan taqqoslashga, ya'ni birlikdan necha marta farq qilishini aniqlashga aytiladi. O'lchashning ikki turi mavjud: *bevosita* va *bilvosita* o'lchash.

1. Berilgan fizik kattalikni bir necha marta birlik kattalik bilan taqqoslash orqali uning qiymatni tajribada aniqlash *bevosita o'lchash* deyiladi. Masalan, uzunlik, massa, vaqt, harorat va boshqalarni darajalangan (graduировка qilingan) asboblari: mikrometr, shtangensirkul, sekundomer, termometr va boshqalar yordamida o'lchanadi. Bunda o'lchanayotgan kattalikning miqdori asbobning qancha ko'rsatayotganligi asosida to'g'ridan-to'g'ri yozib olinadi.
2. Bevosita o'lchanayotgan fizik kattaliklar bilan o'zaro qonuniy, ya'ni funksional bog'langan kattaliklarning qiymatlarini aniqlanishi *bilvosita o'lchash* deyiladi. Bunga misol qilib, tezlik, tezlanish, energiya va boshqalarni hisoblashni ko'rsatish mumkin.

Xatoliklar ikki xil bo'ladi: *sistematik* va *tasodifiy*.

Sistematik xatolik ko'p hollarda asbobning to'g'ri ko'rsatmaganligidan yoki o'lchash metodining aniq emasligidan va nihoyat, biror uzluksiz tashqi ta'sir natijasida bir tomonlama yuzaga keladi. Masalan, jism haroratini termometr yordamida o'lchashda nol nuqta (reper nuqta) ning biroz siljib qolgani tufayli, o'lchash natijalariga zarur tuzatishlar kiritilmagunga qadar sistematik xatolikka yo'l qo'yilaveradi. Huddi shuningdek, tarozi pallasining Quyosh nurlari ta'sirida yoki biror issiqlik manbaidan kelayotgan issiqlik tufayli notekis issitilishi ham jism massasini o'lchashda sistematik xatolikka olib keladi. Ammo bu xatoliklarni aniqlash va uni bartaraf qilish juda murakkab masala bo'lib hisoblanadi. Umuman olganda sistematik xatolik obyektiv sabablarga ko'ra paydo bo'ladi.

Sistematik xatolik o'lchash natijalariga faqat bir tomonlama ta'sir qiladi.

Demak, sistematik xatoliklar aniq sabablar tufayli yuzaga kelib, uning miqdori takroriy o'lchashlarda o'zgarmasligi va ma'lum bir qonuniyat bo'yicha o'zgarishi mumkin.

Tasodifiy xatolik subyektiv xarakterga ega bo'lib, aniq bir qonuniyatga bo'ysunmaydi. Har bir o'lchashning natijasi yo ortiq yoki kam bo'lishi mumkin. Tasodifiy xatolik, asosan tajriba o'tkazuvchining xatosi tufayli yuzaga keladi.

Tasodifiy xatoliklarni ham huddi sistematik xatoliklar kabi butunlay bartaraf qilib bo'lmaydi. Lekin o'lchashdagi tasodifiy xatoliklarni hisobga oladigan ehtimollik qonuniyatlarining elementlari yordamida tasodifiy xatoliklarni hisoblab, birmuncha aniq natijalarga erishish mumkin.

Quyida biz tasodifiy xatoliklar nazariyasining elementlariga to'xtalib o'tamiz.

Bevosita o'lchashda yo'l qo'yiladigan xatoliklarini hisoblash. Agar biror x_i fizik kattaliklarning haqiqiy qiymatiga yaqin bo'lgan natijani olmoqchi bo'lsak, uni N marta o'lchashga to'g'ri keladi. x kattalikni N marta o'lchashda quyidagi

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$$

natijalar qayd qilingan bo'lsin deb faraz qilaylik. U holda bu qiymatlarni qo'shib o'lchashlar soniga bo'lsak, o'lchanayotgan fizik kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqin **o'rtacha arifmetik qiymat** deb ataluvchi qiymatni hosil qilgan bo'lamiz:

$$\langle x \rangle = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N}{N} \quad (1)$$

Absolyut va nisbiy xatoliklar

O'lchanayotgan kattalikning o'rtacha arifmetik qiymati bilan har bir alohida o'lchashda olingan qiymatlar ayirmasining moduli yo'l qo'yilgan **absolyut xatolikni** beradi. Uni Δx deb belgilanadi. Aytaylik, birinchi, ikkinchi va hokazo o'lchashdagi absolyut xatoliklar:

$$\Delta x_1 = |\langle x \rangle - x_1|, \Delta x_2 = |\langle x \rangle - x_2|, \dots, \Delta x_N = |\langle x \rangle - x_N| \quad (2)$$

bo'lsin. Bu farqlar musbat ham, manfiy ham bo'lishi mumkin. Bu aniqlangan absolyut xatoliklarning yig'indisini o'lchashlar soniga bo'lsak, absolyut xatolikning o'rtacha qiymati topiladi:

$$\langle \Delta x \rangle = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \dots + \Delta x_N}{N}. \quad (3)$$

O'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati uning o'rtacha arifmetik qiymatidan katta ham, kichik ham bo'lishi mumkin ekanligini e'tiborga olib, o'lchashlar natijasini quyidagicha yoza olamiz:

$$x_{haq} = \langle x \rangle \pm \langle \Delta x \rangle. \quad (4)$$

Bu ifoda x ning qiymati quyidagi intervalda yotishligini ko'rsatadi:

$$\langle x \rangle - \langle \Delta x \rangle \leq x \leq \langle x \rangle + \langle \Delta x \rangle.$$

Shuni aytish kerakki, absolyut xatolik har doim ham o'lchash sifatini to'liq xarakterlay olmaydi. Shuning uchun absolyut xatolik bilan bir qatorda o'lchash natijalarining aniqlik darajasini xarakterlash maqsadida *nisbiy xatolik* deb ataluvchi xatolikni bilish juda muhimdir.

Nisbiy xatolik – o'rtacha absolyut xatolikni o'lchanayotgan kattalik o'rtacha qiymatning qanday qismini tashkil qilishini ifodalovchi kattalik bo'lib, foizlarda ifodalanadi, ya'ni

$$\eta = \frac{<\Delta x>}{<x>} \cdot 100\%. \quad (5)$$

Juda aniq o'lchash zarur bo'lmagan hollarda 5% gacha nisbiy xatolikka yo'l qo'yish mumkin deb hisoblanadi.

Agar ikkita taxta qalinligini aniqlik darajasi 0,01 mm bo'lgan vintli mikrometr bilan o'lchasak, absolyut xatolik hamma o'lchashlarda bir xil, ya'ni 0,01 mm dan ortmaydi. Lekin nisbiy xatolik ikki xil qalinlikdagi taxtalar uchun ikki xil bo'ladi.

Masalan, birinchi taxtaning qalinligi 2 cm, ikkinchi taxtaning qalinligi esa 2 mm bo'lsa. Nisbiy xatolik mos ravishda (5) formulaga asosan 0,05% va 0,5% ga teng bo'ladi. Shu nuqtai nazardan nisbiy xatolikni bilish har bir tajriba uchun alohida o'rin tutadi. Juda aniq o'lchash zarur bo'lmagan hollarda 5% gacha nisbiy xatolikka yo'l qo'yish mumkin deb hisoblanadi.

1 – laboratoriya ishi

CHO‘G‘LANMA LAMPOCHKALARNING QARSHILIGI VA QUUVVATINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: O‘tkazgichlardagi tok kuchi va kuchlanish orqali elektr tokining quvvatini hamda o‘tkazgich qarshiligining haroratga bog‘liqligini o‘rganish.

Kerakli asboblari: Ikki ta cho‘g‘lanma lampochka, ampermetr, voltmeter, reostat, kuchlanishi 220 V bo‘lgan o‘zgaruvchan tok manbai.

Ishni bajarish uchun asos

1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo‘yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo‘yicha to‘liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

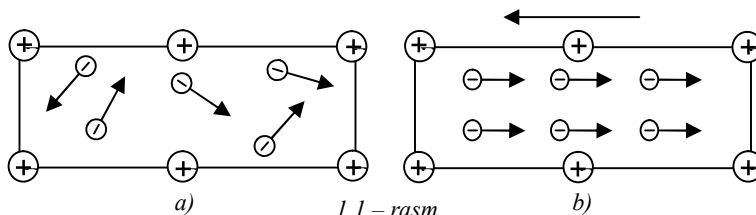
Ishni himoya qilish uchun asos

1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

NAZARIY QISM

Elektr zaryadlarining ma‘lum bir yo‘nalishdagi tartibli harakatiga elektr toki deb ataladi. Metallarda vujudga keladigan elektr tokining tabiati bilan tanishib chiqaylik. Metallar kristall panjaraviy tuzilishga ega bo‘lib, kristall panjara tugunlarida musbat zaryadli ionlar joylashgan. Bu musbat zaryadli ionlar o‘z valent elektronini yo‘qotgan atomlardir. Valent elektronlar esa o‘z atomi bilan zaif bog‘langanligi sababli, nisbatan “past” xona haroratidan past haroratlarda ham atomdan ajralgan holda bo‘luvchi “erkin” elektronlardir. Ular metall ichidagi fazoda ixtiyoriy yo‘nalishda tartibsiz harakat qiladilar. 1.1 *a*-rasmda ionlar holati va erkin elektronlar harakati ma‘lum darajada soddalashtirilgan tarzda tasvirlangan. Shuni ta‘kidlash lozimki, har bir atomdan bittadan valent elektron ajralsa, birlik hajmda (1 cm^3 da) erkin elektronlar soni $10^{22} \div 10^{23}$ taga teng bo‘ladi.

O‘tkazgich, ya‘ni metallni bir jinsli elektr maydoniga kiritaylik. Elektr maydoni ta‘sirida elektronlar ma‘lum yo‘nalishda tartibli harakat qila boshlaydilar. Buning natijasida metall ichida elektr toki vujudga keladi. Albatta, elektronlar bunda o‘zlarining dastlabki tartibsiz harakatlarini ham saqlab qoladilar. Metall o‘tkazgichdagi elektronlarning tartibli harakati, 1.1 *b*-rasmida tasvirlangan.



Odatda, elektr tokining yoʻnalishi sifatida musbat ishorali zaryadlarning tartibli yoʻnalishi qabul qilinadi.

Elektr tokining miqdoriy oʻlchovi sifatida tok kuchi ishlatiladi. *Tok kuchi* skalyar fizik kattalik boʻlib, oʻtkazgichning koʻndalang kesim yuzasidan vaqt birligi ichida oqib oʻtgan elektr zaryadi qiymatiga son jihatdan tengdir:

$$I = dq / dt. \quad (1.1)$$

Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da tok kuchi birligi Amper (1 A) deb qabul qilingan. Shuni alohida taʼkidlash lozimki, Amper fizikaning “Elektr” qismida asosiy fizik kattalik hisoblanadi. Elektr zaryad birligi – Kulon Amper orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$$

Agar vaqt oʻtishi bilan tok kuchining qiymati hamda yoʻnalishi oʻzgarmay qolsa, bunday tok *oʻzgarmas tok* deyiladi. Oʻzgarmas tok uchun (1.1) ifoda quyidagi koʻrinishda yoziladi:

$$I = q / t, \quad (1.2)$$

bu yerda q – oʻtkazgichning koʻndalang kesimidan t vaqt davomida oʻtgan zaryad miqdori.

Shu oʻrinda yana bir fizik kattalik – tok zichligi bilan tanishib oʻtaylik. oʻtkazgichning koʻndalang kesim yuzasidan oʻtuvchi tok kuchi bilan aniqlanuvchi fizik kattalikka *tok zichligi* deyiladi. Bunda koʻndalang kesim tok yoʻnalishiga perpendikulyar boʻlishi lozim. Bundan tok zichligining vektor tabiatga ega ekanligi kelib chiqadi. Tok zichligi vektorining yoʻnalishi musbat zaryadlar harakati yoʻnalishiga mos keladi. Tok zichligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$j = I / S. \quad (1.3)$$

Kuchlanish qoʻyilgan bir jinsli oʻtkazgichning koʻndalang kesimidan dt vaqt davomida q zaryad oʻtayotgan boʻlsin. Zaryadning koʻchishida bajarilgan ish quyidagiga teng boʻladi

$$dA = Uq = IUdt. \quad (1.4)$$

Agar oʻtkazgichning qarshiligi R ga teng boʻlsa, Om qonuniga koʻra

$$\begin{aligned} dA &= I^2 R dt = (U^2 / R) dt \\ P &= dA / dt = UI = I^2 R = U^2 / R. \end{aligned} \quad (1.5)$$

(1.4) va (1.5) ifodalar yordamida tokning quvvatini topish mumkin.

Agar tok kuchi amperlarda, kuchlanish voltlarda, qarshilik esa omlarda oʻlchansa, tokning ishi joulda, tokning quvvati esa vattlarda oʻlchanadi. Elektr toki qoʻzgʻalmas metall oʻtkazgichdan oʻtayotgan boʻlsa, bajarilgan ishning hammasi oʻtkazgichni isitishga sarflanadi. Energiyaning saqlanish qonuniga asosan

$$dQ = dA.$$

Shunday qilib, ajralayotgan issiqlik miqdori uchun

$$dQ = UI dt = I^2 R dt = (U^2 / R) dt \quad (1.6)$$

ifoda Joul-Lens qonunini ifodalovchi tenglamadir.

Oʻtkazgichdan tok oʻtayotganda issiqlik ajralishi sababini klassik nazariyaga koʻra sodda qilib shunday tushuntirish mumkin. Tartibli harakat qiluvchi elektronlar oʻz tartibli tezliklarini ionlar bilan toʻqnashishi natijasida yoʻqotishlari yuqorida aytib oʻtilgan. Tartibli tezlikni yoʻqotish mexanik energiyani yoʻqotish bilan ekvivalent ekanligini eslasak, ionlarga muttasil energiya berilib turilar ekan, degan xulosaga kelish mumkin. Bu energiya issiqlik energiyasi tarzida metallardan ajralib turishi

Joul-Lens qonunini sifatiy izohlashga imkon beradi.

Bir jinsli bo'lmagan zanjir deganda biz zanjirda yoki uning bir qismida ham elektr yurituvchi kuchlar, ham potentsiallar ayirmasi qo'yilgan holni ko'zda tutamiz. Agar tok o'tayotgan o'tkazgich qo'zg'almas bo'lsa, barcha (tashqi, hamda elektrostatik) kuchlarning bajargan ishi issiqlikka ajraladi. Bu ishning miqdori

$$A_{12}=q\varepsilon_{12}+q(\varphi_1-\varphi_2) \quad (1.7)$$

ifoda yordamida aniqlanadi. o'z navbatida bu ish ajralib chiqayotgan issiqlik miqdoriga teng, ya'ni

$$dQ=I^2Rdt=IR(Idt)=Iirq. \quad (1.8)$$

(1.7) va (1.8) formulalardan

$$IR=(\varphi_1-\varphi_2)+\varepsilon_{12}$$

ifodani olish mumkin yoki

$$I=((\varphi_1-\varphi_2)+\varepsilon_{12})/R. \quad (1.9)$$

(1.9) ifoda bir jinsli bo'lmagan zanjirning ***bir qismi uchun Om qonuni*** deyiladi.

Agar zanjir berk bo'lsa, u holda 1 va 2 nuqtalar ustma-ust tushadi, demak $\varphi_1=\varphi_2$ va (1.9) ifoda quyidagicha yoziladi.

$$I=\varepsilon/R.$$

Har qanday berk zanjirni ikki qismga: tashqi R qarshilikli U_1 kuchlanish tushuvchi qismga va ichki r qarshilikli, U_2 kuchlanish tushuvchi qismga ajratish mumkin. Bu yerda r – ichki qarshilik deyilib, u tok manbaining ichida sodir bo'luvchi jarayonlar bilan bog'liqdir. Om qonuniga asosan

$$U_1=I R, \quad U_2=I r.$$

U_1 va U_2 larning yig'indisi tok manbaining EYK iga teng:

$$\varepsilon=U_1+U_2 \quad \text{yoki} \quad \varepsilon=IR+Ir$$

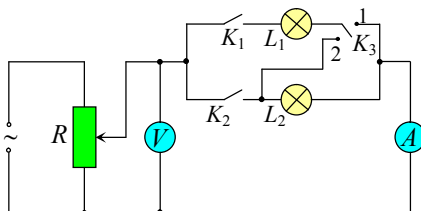
Bundan

$$I=\varepsilon/(R+r).$$

(1.10)

(1.10) tenglik ***berk zanjir uchun Om*** qonunining ifodasidir.

Ushbu laboratoriya ishida cho'g'lanma lampochkalarining qarshiligi, quvvati va lampochka ichidagi sim tolasining tok o'tayotgan paytdagi harorati aniqlanadi. 1.2-rasmda tajribaning elektr sxemasi tasvirlangan. Bu yerda R – potensiometr bo'lib, uning yordamida voltmetr (V) dagi kuchlanish va ampermetr (A) orqali o'tayotgan tok kuchi qiymati o'zgartirilib turiladi.



1.2 – rasm

L_1 va L_2 cho'g'lanma lampochkalar, K_1 , K_2 va K_3 – kalitlar. Kalitlar yordamida lampochkalarni elektr zanjiriga alohida-alohida, ketma-ket va parallel ulash mumkin.

Ishni bajarishda har bir lampochkani alohida, ketma-ket va parallel ulashdagi V voltmetrning, shuningdek A ampermetrning ko'rsatishlari yozib boriladi.

Lampochkaning cho'g'lanish haroratini aniqlash uchun, qarshilikning absolyut haroratga bog'liqlik formulasidan foydalanamiz:

$$R_t = R_0 \alpha T. \quad (1.11)$$

(1.11) formulani o'tkazgich haroratining ikki xil qiymati uchun yozib,

$$R_{t1} = R_0 \alpha T_1 \quad \text{va} \quad R_x = R_0 \alpha T_x \quad (1.12)$$

formulalarni olamiz. Ularning o'zaro nisbatini olsak, lampochkaning cho'g'lanish haroratini aniqlaydigan formulaga ega bo'lamiz:

$$T_1 = R_t \frac{T_x}{R_x}, \quad (1.13)$$

bu yerda T_x – xona harorati, T_1 – lampochkaning cho'g'lanish harorati, α – qarshilikning harorat koeffitsiyenti, R_x va R_{t1} lar T_x va T_1 haroratlarga mos keluvchi lampochka tolasining qarshiliklari, R_0 – lampochka tolasining $t=0^\circ\text{C}$ haroratdagi qarshiligi.

Ishni bajarish tartibi

1. 1.2-rasmda tasvirlangan elektr zanjiri yig'iladi. O'lchash va hisoblash natijalarini yozish uchun quyidagi jadval tuziladi:

	N _o	U , V	I , A	R , Ω	P , W	T , K		N _o	U , V	I , A	R , Ω	P , W	T , K
I	1						1 va 2 lampochka- lar ketma- ket ulangan	1					
	2							2					
	3							3					
	4							4					
	5							5					
II	1						1 va 2 lampochka lar parallel ulangan	1					
	2							2					
	3							3					
	4							4					
	5							5					

- L_1 lampochka zanjiriga K_1 kalit yordamida ulanib (K_2 ochiq, K_3 1-holatda bo'ladi), kuchlanishning 60, 80, 100, 120 va 140 V qiymatlari uchun tok kuchi aniqlanadi.
- $R=U/I$ formula yordamida tok kuchi va kuchlanishning har bir qiymati uchun R_t qarshilik hisoblanadi.
- (1.5) formula yordamida lampochkaning quvvati aniqlanadi.
- Ommetr yordamida xona haroratidagi lampochkaning qarshiligi va termometr yordamida uning absolyut shkala bo'yicha haroratining qiymati aniqlanadi, yani $T_x=273+t$.
- (1.13) formuladan R_t ning har bir qiymati uchun qizigan lampochkaning harorati aniqlanadi.
- Elektr zanjiriga L_2 lampochka K_2 kalit orqali ulanadi. (K_1 ochiq, K_3 ixtiyoriy holatda) va 2÷6 bandlarda o'tkazilgan tajriba va hisoblashlar takrorlanadi.
- L_1 va L_2 lampochkalar elektr zanjiriga ketma-ket ulanadi (K_1 ulangan, K_3 2-holatga o'tkaziladi). So'ngra 2÷6 bandlar takrorlanadi va umumiy qarshiliklar topiladi.

9. L_1 va L_2 lampochkalar elektr zanjiriga parallel ulanadi (K_1 va K_2 ulangan, K_3 1-holatga o'tkaziladi). So'ngra 2÷6 bandlar takrorlanadi va umumiy qarshiliklar topiladi.

Sinov savollari

1. Tok kuchi nima? U qanday birliklarda o'lchanadi?
2. O'tkazgichlarda qarshilikning mavjud bo'lishini klassik elektron nazariyasi asosida tushuntiring.
3. O'tkazgichlarning qarshiligi va bu qarshilikning haroratga bog'liqlik formulasini tushuntiring.
4. O'tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulashdagi natijaviy qarshilik, tok kuchi, kuchlanish va quvvat formulalarini yozing.
5. Zanjirning bir qismi, to'liq zanjir va bir jinsli bo'lmagan qismlari uchun Ohm qonuni, tok kuchining ishi va quvvati formulalarini yozing.
6. Ishning sxemasini chizing va ishlashini tushuntiring.

2 – laboratoriya ishi

O'TKAZGICHNING QARSHILIGINI UITSTON KO'PRIGI YORDAMIDA ANIQLASH

Ishning maqsadi: o'zgarmas tok qonunlarni o'rganish va o'tkazgichning qarshiligini Uitston ko'prigi usuli yordamida aniqlash.

Kerakli asboblari: reoxord, "noma'lum" qarshiliklar, qarshiliklar magazini, galvanometr, o'zgarmas tok manbai.

Ishni bajarish uchun asos

1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo'yicha to'liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

Ishni himoya qilish uchun asos

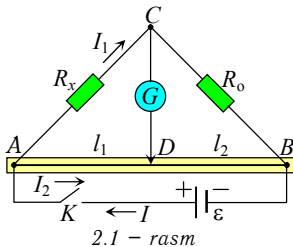
1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

NAZARIY QISM

Uitston ko'prigi – noma'lm qarshiliklarni aniqlash uchun mo'ljallangan elektr qurilma. U reoxord, sezgir galvanometr G va ikkitata R_0 (ma'lum) va R_x (noma'lum) qarshiliklardan tashkil topgan (2.1-rasm).

Reoxord – chizg'ich ustiga tortilgan bir jinsli sim bo'lib, uning sirtida siljuvchi kontakt D ni harakatlantirish mumkin. Sxemani CD qisimsiz olaylik. Kalit K ni ulaylik. U holda AB simdan tok oqib o'ta boshlaydi va sim bo'yicha potensial miqdorining φ_A dan (A nuqtada) φ_B (B nuqtada) gacha bir tekis kamayishi kuzatiladi.

Zanjirning ACB qismidan I_1 tok oqib o'tadi va bu qismda potentsialning φ_A dan φ_C gacha (R_x qarshiligida) va φ_C dan φ_B gacha (R_o qarshiligida) tushishi ro'y beradi. Demak, C nuqtadagi potentsial ning qiymati φ_A va φ_B orasidagi qiymatga ega bo'ladi. Shuning uchun simning AB qismida shunday D nuqtani topish mumkinki, uning potentsiali φ_D C nuqtaning potentsiali φ_C ning qiymatiga teng bo'ladi, ya'ni $\varphi_D = \varphi_C$.



Agarda C va D nuqtalar orasiga G galvanometr ulansa, undan tok o'tmaydi, chunki $\varphi_C - \varphi_D = 0$ bo'ladi.

Bunday holatda ko'prik muvozanatda deyiladi. Endi muvozanatlik shartini keltirib chiqaramiz.

Kirxgofning ikkinchi qoidasiga asosan ixtiyoriy berk konturning tarmoqlardagi kuchlanish tushishlarining yig'indisi shu konturdagi EYK larning yig'indisiga teng, ya'ni

$$\sum_{i=1}^n I_i r_i = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i. \quad (2.1)$$

Bu qoidani zanjirning ACD va CDB konturlari uchun, ko'prik muvozanatda bo'lgan hol uchun yozamiz:

$$I_1 R_x - I_2 R_{AD} = 0 \quad (2.2)$$

$$I_1 R_o - I_2 R_{DB} = 0 \quad (2.3)$$

(2.2) va (2.3) dan:

$$\frac{R_x}{R_o} = \frac{R_{AD}}{R_{DB}} \quad (2.4)$$

tenglamani hosil qilamiz.

AD va DB qismlar qarshiliklari ularning uzunliklari l_1 va l_2 ga proporsional bo'lgani uchun:

$$R_x = R_o \frac{l_1}{l_2} \quad (2.5)$$

bo'ladi.

Galvanometrda o'tayotgan tok nolga teng bo'lganda AB kontakt reoxordning o'rtasiga yaqinroq ($l_1 \approx l_2$) tursa, o'lchashdagi xatolik minimal bo'ladi.

Ishni bajarish tartibi

1. 2.1-rasmda ko'rsatilgan sxema yig'iladi. Bunda noma'lum qarshilik R_x sifatida reostat, R_o qarshilik sifatida esa qarshiliklar magazinidan foydalanish mumkin.
2. Reoxordning kontaktini qarshilikning o'rtasiga qo'yiladi.
3. Aniqlanayotgan qarshilikning tartibini aniqlanadi. Buning uchun qarshiliklar magazinida kichik qarshilikni o'rnatish kerak, masalan, 1Ω . Zanjirni ulanadi. Bunda galvanometrning strelkasi og'adi, masalan chapga. Zanjirdan o'tayotgan tok simlarning qizishiga olib kelishini hisobga olgan holda uni qisqa vaqtga ulash lozim, chunki zanjirning qarshiligi o'zgarib qolishi mumkin. So'ngra

qarshiliklar magazinida katta qarshilik (1000Ω atrofida) o'rnatiladi va zanjirni yana ulanadi. Galvanometrning strelkasi yana og'adi. Agar strelka yana o'sha tomonga og'sa, qarshilikni yana orttirish kerak. Qarshilikni orttira borib strelkaning boshqa tomonga og'ishiga erishish kerak.

4. Sirpanuvchi D kontakt siljitilib $AD=l_1$ uzunlikni 30 cm qilib olinadi va qarshiliklar magazinidagi qarshilikni o'zgartirib galvanometrda o'tayotgan tokni nolga keltirish kerak. l_1 va l_2 uzunliklar, hamda R_0 qarshilikni jadvalga yozib olinadi. ($l=100$ cm).
5. Olingan qiymatlarni (2.5) formulaga qo'yib, R_{x1} hisoblanadi.
6. R_{x1} qarshilik o'rniga boshqa R_{x2} qarshilik ulanadi va 2, 3, 4, 5 punktlar takrorlanadi.
7. R_{x1} va R_{x2} larni ketma-ket va parallel ulab, 2, 3, 4 punktlar takrorlanadi. (2.5) formulaga asosan $R_{x\text{ }kk}$ va $R_{x\text{ }par}$ umumiy qarshiliklar topiladi.
8. $R_{x\text{ }kk}=R_{x1}+R_{x2}$ formulaga 5 va 6 punktlarda olingan qiymatlar qo'yilib, nazariy hisoblashlar bajariladi. So'ng 7 va 8 punktdagi natijalar taqqoslanadi.
9. $R_{par}=\frac{R_{x1}R_{x2}}{R_{x1}+R_{x2}}$ formulaga 5 va 6 punktlarda olingan qiymatlar qo'yilib, nazariy hisoblash bajariladi. So'ng 7 va 9 punktdagi natijalarni taqqoslanadi.
10. Natijalar quyidagi jadvalga yoziladi.

N_0	l_1, m	l_2, m	R_0, Ω	$R_{o\text{ }kk}, \Omega$	$R_{o\text{ }par}, \Omega$	R_{x1}, Ω	R_{x2}, Ω	R_{xkk}, Ω	$R_{x\text{ }par}, \Omega$	$R_{x\text{ }kk\text{ }n}, \Omega$	$R_{x\text{ }par\text{ }n}, \Omega$
1											
2											
3											
4											
5											

Sinov savollari

1. Kirxgofning 1 va 2 qoidalari qanday ifodalanadi?
2. Galvanometrda tok o'tayotgan va o'tmayotgan hollar uchun Kirxgofning tenglamalarini yozing.
3. Potensial va potensial tushuvi deb nimaga aytiladi?
4. Tokning mavjud bo'lish shartini ayting.
5. O'tkazgichning qarshiligi qanday fizik kattaliklarga bog'liq?
6. Qisqa tutashuv va o'ta o'tkazuvchanlik hodisalarini tushuntiring. Bu hodisalarning texnikadagi ahamiyati qanday?

3 – laboratoriya ishi

TERMOELEKTRON EMISSIYA HODISASINI O'RGANISH VA KATODNING HARORATINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Lampali diod yordamida termoelektron emissiya hodisasini o'rganish, Boguslavskiy-Lengmyur qonunini tekshirish.

Kerakli asboblari: ikki elektrodli elektron lampa, 120 V va 6 V li o'zgarmas tok manbalari, ikkita potentsiometr, ikkita voltmeter, milliampermetr.

Ishni bajarish uchun asos

1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo'yicha to'liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

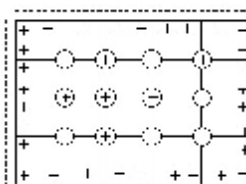
Ishni himoya qilish uchun asos

1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

NAZARIY QISM

Metallar kristall panjara tuzilishiga ega bo'lib, panjara tugunlarida metall atomlar (musbat ionlar) joylashgan bo'ladi. Normal haroratda metall atomlarining valent elektronlari o'z atomlarini tark etib erkin elektronlarga aylanadi. Erkin elektronlar klassik elektron nazariyasi nuqtai nazaridan **“elektron gaz”** deb ham ataladi. Bu elektronlar muvozanat vaziyatiga nisbatan tebranma harakatda ishtirok etuvchi musbat ionlar atrofida tartibsiz va to'xtovsiz issiqlik harakatida ishtirok etadilar.

Elektronlarning issiqlik harakat tezligi bir xil bo'lmay, turli qiymatga ega bo'lishi tabiiy. Agar elektronlar biror tashqi ta'sirlar sababli metall sirtidan nisbatan kichikroq tezlik bilan chiqayotgan bo'lsa, sirtida musbat ionlarning ortiqchaligi vujudga keladi. Natijada elektronlar bilan musbat zaryadlar orasida tortishuvchi Kulon kuchi paydo bo'ladi. Bu kuch metall ichiga yo'nalgan bo'lib, uning ta'sirida elektronlar metall sirtiga qaytib tushadi. Agar elektronlarning tezligi nisbatan kattaroq bo'lsa, bunday elektronlar metall sirtidan bir necha atom oraliqiga teng bo'lgan masofaga uzoqlashishi mumkin. Natijada metall sirti atrofida manfiy zaryadli elektronlar buluti hosil bo'ladi. Metall sirti esa elektronlarning yetishmasligi tufayli ular musbat zaryadlanib qoladi. Demak, metall sirtida va unga yaqin bo'lgan bo'shliqda ikki xil ishorali qo'sh qatlam vujudga kelar ekan (3.1-rasm).



3.1–rasm

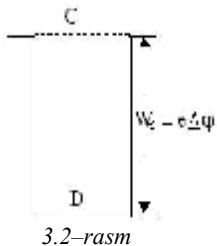
Bu qo'sh qatlamni turli ishora bilan zaryadlangan yassi kondensator qoplamlariga o'xshatish mumkin. Tekshirishlarning ko'rsatishicha, har qanday sharoitda ham aynan tekshirilayotgan metall uchun bunday qo'sh qatlam orasidagi potentsiallar ayirmasi o'zgarmas bo'ladi.

Kondensatorga o'xshash bo'lgan qo'sh qatlam orasidagi elektr maydon metallardan elektronlarning o'z-o'zidan keyingi uchib chiqishiga qarshi ta'sir ko'rsatadi, ya'ni to'siq vazifasini bajaradi. To'siqdan o'ta olmagan elektronlarni ba'zan potensial chuqurlikka tushib qolgan elektronga qiyos qilinadi. Haqiqatdan ham, to'siqni yengib o'tish uchun yoki chuqurlikdan chiqish uchun elektron ma'lum miqdordagi energiyaga ega bo'lishi kerak. Fizik mazmuni o'xshash bo'lganligi sababli to'siqni **potensial to'siq** (baryer), uning chuqurligini esa **potensial chuqurlik** (o'ra) deb ham yuritiladi.

Elektron potensial chuqurlikni yengib metall tashqarisiga chiqishi uchun ma'lum miqdorda ish bajarishi kerak. Bu ishga **elektronning metallardan chiqish ishi** (A) deyiladi.

Chiqish ishiga quyidagicha ta'rif berish mumkin: **elektronning metallardan chiqish ishi deb, qo'sh qatlam orasidagi potensiallar ayirmasining elektron zaryadiga ko'paytmasiga aytiladi**, ya'ni

$$A = e\varphi.$$



Chiqish ishi metallning tabiatiga, kimyoviy tarkibiga va metall sirtining tozaligiga bog'liqdir.

Toza metallar uchun potensial chuqurlikning eng yuqori sathida (C nuqtasida) elektronlarning potensial energiyasi nolga teng ($W_p = 0$), chuqurlik tubidagi D nuqtada turgan valent elektronlarning potensial energiyasi manfiy qiymatga ega bo'ladi (3.2-rasm):

$$W_p = -e\Delta\varphi.$$

Xuddi shu energiya elektronning yuqorida aytib o'tilgan chiqish ishiga teng bo'ladi:

$$W_p = -e\Delta\varphi = A.$$

Elektronlarning kinetik energiyasi chiqish ishidan katta yoki unga teng bo'lgandagina, ya'ni

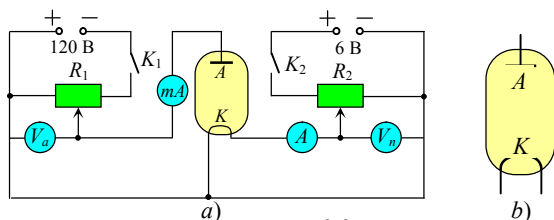
$$mv^2/2 \geq A$$

bo'lgandagina elektronlar metallardan chiqishi mumkin.

Erkin elektronlarning kinetik energiyasi turli xil usullar bilan orttirilishi mumkin. Bu usullardan biri metallarni qizdirishdir. Metallarning qizdirilishi natijasida ulardan elektronlarning ajralib chiqish hodisasiga **termoelektron emissiya** hodisasi deyiladi. Termoelektron emissiya hodisasi asosida ishlaydigan asboblarning bir turi elektron lampalardir. Bu ishda elektron lampalardan eng soddasi bo'lmish ikki elektrodli turi – diodning ishlash prinsipi, shuningdek, uning volt-ampere xarakteristikasi (VAX) o'rganiladi.

Lampani va o'lchash asboblari ulash sxemasi 3.3, *a*-rasmda ko'rsatilgan.

Sxemaning asosiy elementi ikki elektrodli lampa (diod) dir. Diod (3.3, *b*-rasm) ichidan havosi so'rib olingan va ikki elektrod (K - katod va A - anod) kavsharlangan shisha yoki metall-sopol ballondan iborat. Tok manbaining musbat qutbiga anod, manfiy qutbga esa katod ulanadi. Ko'pincha katod ingichka to'g'ri sim shaklida bo'lib, yuqori haroratlarga chidamli metallardan tayyorlanadi (masalan, volframdan). Anod esa, katodga nisbatan koaksial silindr shaklida bo'ladi. Katod odatda EYK i



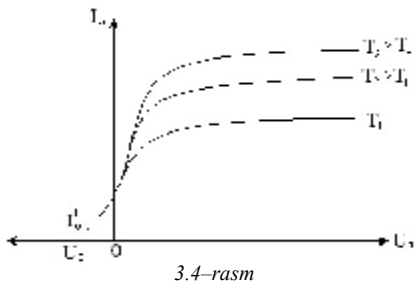
3.3 – rasm

6 V li o'zgarmas tok manbai yordamida qizdiriladi. Reostat R vositasida (3.3,a - rasm) katoddan o'tayotgan tok kuchi I_k ni orttirib katodning cho'g'lanish haroratini o'zgartirish (oshirish) mumkin.

120 V li o'zgarmas tok manbai orqali diod elektrodleri orasiga U_a kuchlanish beriladi. Bu kuchlanish anod kuchlanishi deyiladi. U_a anod kuchlanishi qiymatini R reostat yordamida o'zgartirish va uni V -voltmetr orqali o'lchash mumkin. Milliampmetr mA anod tokini o'lchash uchun qo'llaniladi.

Anod tokining anod kuchlanishiga bog'liqlik grafigi $I_a=f(U_a)$ ga *diodning volt-ampér xarakteristikasi* deyiladi. 3.4-rasmda katod haroratining turli qiymatlari: T_1 , T_2 , T_3 lar uchun diodning volt-ampér xarakteristikasi keltirilgan.

Katodning harorati ortgani sari undan $\Delta\phi$ potentsial to'siqni yengib chiqayotgan, ya'ni erkin holatga o'tayotgan elektronlarning soni ham ortib boradi. Anod kuchlanishi $U_a=0$ bo'lganda katoddan chiqayotgan elektronlar katod atrofida elektronlar bulutini hosil qiladi. Garchi anod va katod o'rtasida kuchlanish bo'lmasa ham katoddan chiqayotgan elektronlarning juda katta tezlikka ega bo'lgan qismi anodga yetib boradi. Natijada kuchsiz I_a' anod toki vujudga keladi.



3.4-rasm

Lampaning volt-ampér xarakteristikasidan ko'rinadiki, anod kuchlanishi (U_a) ortib borishi bilan anod toki ham ortib borar ekan. Haqiqatdan ham, bunda anodga yetib kelayotgan elektronlar soni ortadi.

Anod tokining anod kuchlanishiga bog'liqligi o'tkazgichlar uchun o'rinli bo'lgan Om qonuniga mos kelmaydi. $I_a=f(U_a)$ bog'lanishni karakterlaydigan egri chiziq grafigini analitik formulasini Boguslavskiy va Lengmyurlar nazariy yo'l bilan aniqlaganlar. Bu formula quyidagi ko'rinishga ega:

$$I_a = B U_a^{3/2}.$$

Bu ifodaga *Boguslavskiy-Lengmyur* qonuni yoki uch taqsim ikki qonuni deyiladi. Bu ifodada B – elektrodslarning kattaligi va o'zaro joylashishi bilan bog'liq bo'lgan o'zgarmas son. Anod kuchlanishini yanada orttirsak, uning biror qiymatidan boshlab anod tokining o'sishi to'xtaydi. Qiymati o'sishdan to'xtagan bu tokni *to'yinish toki* deyiladi. To'yinish tokining yuzaga kelishiga sababchi bo'lgan anod kuchlanishining $U_a=U_1$ qiymati quyidagi mazmunga ega: *kuchlanishning bu qiymatida berilgan harorat uchun katoddan birlik vaqt ichida chiqqan*

elektronlarning barchasi anodga yetib boradi. Demak, elektronlar soni endi o'zgarmas bo'lganligi (ortmaganligi) sababli anod toki ham o'zgarmaydi. Tabiiyki, to'yinish toki yuzaga kelishi bilan anod toki va anod kuchlanishi orasidagi bog'lanish ham buziladi, chunki grafik o'z ko'rinishini o'zgartiradi. Bu bilan Boguslavskiy-Lengmyur qonuni ham o'z ahamiyatini yo'qotadi. Anod tokini yana oshirish uchun endi katodni kattaroq haroratgacha qizdirish lozim bo'ladi (3.4-rasmga qarang).

Metall qarshiligining uning haroratiga bog'liqligi formulasidan foydalanib katodning haroratini aniqlash mumkin:

$$R_t = \alpha R_0 T, \quad (3.1)$$

bu yerda R_0 – katod materialining $t=0^\circ\text{C}$ dagi qarshiligi, α – qarshilikning harorat koeffitsiyenti, T – haroratning Kelvin shkalasidagi qiymati.

Zanjirdagi voltmetr va ampermetr yordamida katod kuchlanishi U_k hamda katod toki I_k o'lchanadi. O'lchasdan olingan qiymatlar yordamida Om qonuniga ko'ra shu haroratdagi katod qarshiligini aniqlash mumkin:

$$R_t = U_k / I_k, \quad (3.2)$$

Tajriba o'tkazilayotgan xona haroratidagi katod qarshiligi (3.1) ifodaga o'xshash bo'lgan quyidagi formula asosida aniqlanadi:

$$R_x = \alpha R_0 T_x, \quad (3.3)$$

bu yerda $T_x = (273 + t_x)^\circ\text{C}$; t_x – Selsiy shkalasidagi xona harorati (biz ishlatadigan diod uchun $R_x = 0,5 \Omega$, $t_x = 20^\circ\text{C}$). (3.1), (3.2) va (3.3) tenglamalarni birgalikda yechib quyidagi ifodani hosil qilish mumkin:

$$T = (U_k T_x) / (I_k R_x). \quad (3.4)$$

T_x / R_x nisbat o'zgarmas bo'lganligi sababli uni C harfi bilan belgilab (3.4) ni

$$T_k = C U_k / I_k \quad (3.5)$$

ko'rinishda yozish mumkin. Demak, katodning harorati faqat undan o'tgan tok kuchi va berilgan kuchlanishga bog'liq ekan.

Ishni bajarish tartibi

1. 3.3,a-rasmda tasvirlangan elektr sxema yig'iladi.
2. Katodga $U_k = 0,8 \text{ V}$ kuchlanish beriladi va katod tokining qiymati yozib olinadi. Katod qiziguncha 2-3 minut kutiladi.
3. R_1 reostat yordamida anod kuchlanishining boshlang'ich qiymati $U_a = 10 \text{ V}$ ga keltiriladi va anod toki I_a o'lchanib 1-jadvalga yozib olinadi. So'ngra R_1 reostat yordamida anod kuchlanishi oshirilib, uning 20, 30, 40 V ... qiymatlardagi I_a anod tokining qiymati 1-jadvalga yozib olinadi. Tajriba anod tokining qiymati to'yinish tokiga yetguncha davom ettiriladi (to'yinish tokiga yetganda milliampermetrning ko'rsatishi o'zgarmay qoladi).
4. Shundan so'ng katoddagi kuchlanish orttirilib, uning 0,9; 1,0; 1,1 va 1,2 V ga teng qiymatlarining har birida 3-bandda bajarilgan tajriba takrorlanadi. Har bir katod kuchlanishiga mos kelgan katod toki 1-jadvalga yozib boriladi.

1-jadval

$U_a, \text{ B}$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	U_k
$I_a, (\text{mA})$											0,8
											0,9
											1,0
											1,1
											1,2

- Tajribadan olingan natijalarga asosan diodning volt-ampere xarakteristikasi chiziladi. Bunda har bir haroratga alohida volt-ampere xarakteristika egri chizig'i to'g'ri keladi. Bir necha harorat qiymatlari uchun egri chiziqlar to'plami chiziladi.
- (3.5) formuladan foydalanib, U_k ning har bir qiymati uchun katodning harorati aniqlanadi.
- Elektronlarning chiqish ishi birinchi va ikkinchi, ikkinchi va uchinchi va h.k. volt-ampere xarakteristika natijalari yordamida va quyidagi formula yordamida aniqlanadi

$$A = \frac{k T T_2}{(T_2 - T_1) \cdot 0.4343} \cdot \lg \frac{I_{p2} T_1^2}{I_{p1} T_2^2}, \quad \text{yoki} \quad A = \frac{k T T_2}{T_2 - T_1} \cdot \ln \frac{I_{p2} T_1^2}{I_{p1} T_2^2}$$

- Chiqish ishi joule va elektronvoltlarda hisoblanadi. Uning o'rtacha qiymati, absolyut va nisbiy xatoliklari topiladi.
- Hisoblash natijalari 2-jadvalga yozib boriladi.

2-jadval

N_0	$U_k, \text{ V}$	$I_k, \text{ A}$	$T, \text{ K}$	$I_{to'y}$	$A, \text{ J}$	$\langle A \rangle, \text{ J}$	$\Delta A, \text{ J}$	$\langle \Delta A \rangle, \text{ J}$	$\frac{\langle \Delta A \rangle}{\langle A \rangle} \cdot 100\%$
1	0,8	0,68	700						
2	0,9	0,72	722						
3	1,0	0,78	751						
4	1,1	0,82	786						

Sinov savollari

- Termoelektron emissiya hodisasini metallarning kristall panjaraviy tuzilishi asosida tushuntiring.
- Elektronlarning metallardan chiqish ishi nima?
- Ikki elektrodli elektron lampasi – diodning tuzilishi, vazifasi va ishlash prinsipini tushuntiring.
- Diodning volt-ampere xarakteristikasi nima?
- Nima uchun diodda to'yinish toki vujudga keladi? To'yinish toki qiymatining katodning haroratiga bog'liqligini tushuntiring.
- Boguslavskiy-Lengmyur qonunini yozing va uni tushuntiring.
- Sxemaning ishlash prinsipini tushuntiring.

4 – laboratoriya ishi

G'ALTAKNING INDUKTIVLIGI, TO'LA KUCHLANISH VA TOK ORASIDAGI FAZA SILJISHI, HAMDA MUHITNING MAGNIT SINGDIRUVCHANLIGINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Elektromagnit induksiya va o'zinduksiya hodisalarini o'rganish, g'altakning induktivligi, muhitning magnit singdiruvchanligi, hamda tok kuchi bilan kuchlanish orasidagi faza siljishini aniqlash.

Kerakli asboblari: g'altak (solenoid), temir o'zak, reostat, o'zgarmas va o'zgaruvchan toklarni o'lchaydigan ampermetr va voltmetrlar, o'zgarmas va o'zgaruvchan tok manbalari.

Ishni bajarish uchun asos

1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo'yicha to'liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

Ishni himoya qilish uchun asos

1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

NAZARIY QISM

Berk kontur bilan chegaralangan sirtni kesib o'tuvchi magnit maydon induksiya vektori oqimining har qanday o'zgarishi shu konturda elektr tokini hosil qiladi (Faradey tajribalari). Bu tok *induksion tok* deyiladi. Bu tokning qayd qilinishi konturda EYK mavjud ekanligini bildiradi. Bu EYK *induksion EYK* deyiladi. Induksion tokning hosil bo'lish jarayoniga *elektromagnit induksiya hodisasi* deyiladi. Tajriba natijalarining ko'rsatishicha, induksion EYK ning qiymati berk konturni o'rab turgan sirt orqali o'tayotgan magnit maydon oqimining o'zgarish tezligi $d\Phi/dt$ ga proporsional ekan, ya'ni

$$\varepsilon_i = -d\Phi/dt. \quad (4.1)$$

bu yerdagi *manfiy ishora induksion tokning magnit maydon oqimi shu tokni hosil qilgan asosiy magnit maydon induksiyasi oqimining o'zgarishiga qarama-qarshi yo'nalganligini ko'rsatadi* (Lens qoidasi). Elektromagnit induksiyasining xususiy hollaridan biri o'zinduksiya xodisasidir. Agar g'altakdan o'tayotgan tok kuchi o'zgarayotgan bo'lsa, u hosil qilayotgan magnit maydon induksiyasining shu g'altak o'ramlari bilan chegaralangan sirtni kesib o'tuvchi oqimi ham o'zgaradi. Bu esa o'z navbatida, g'altakda EYK ni induksiyalaydi. G'altakdan o'tayotgan tokning o'zgarishi tufayli shu g'altakda induksion tokning vujudga kelishiga *o'zinduksiya hodisasi* deb ataladi. Vujudga kelgan induksion tok shunday yo'nalgan bo'ladiki, u tok ortsa uni kamaytirishga, aksincha, tok kamaysa uni tiklashga harakat qiladi.

Umuman, konturdan o'tayotgan tok vujudga keltirgan va bu tok konturi uni

o'rab turgan yuza orqali o'tayotgan magnet induksiyasi oqimi tok kuchiga proporsional bo'ladi, ya'ni

$$\Phi = LI. \quad (4.2)$$

Agar L koefitsiyent o'zgaras bo'lsa, maydon oqimi o'zgarishi tok kuchi o'zgarishiga bog'liq bo'ladi. (4.2) ifodani e'tiborga olgan holda (4.1) ni quyidagicha yozish mumkin

$$\varepsilon_i = -L(dI/dt), \quad (4.3)$$

bu yerda ε_i – o'zinduksiya EYK, L – g'altakning induktivligi yoki o'zinduksiya koefitsiyenti deb ataladi. Induktivlik *o'tkazgichning o'lchamiga, shakliga va muhitning magnet singdiruvchanligi* μ ga bog'liq kattalikdir. Muhitning magnet singdiruvchanligi deb, *muhit ichida hosil bo'lgan umumiy maydon induksiyasi (B) ni muhit o'rnida bo'shliq bo'lgandagi maydon induksiyasi (B_0) ga nisbati bilan o'lchanadigan kattalikka aytiladi*, ya'ni

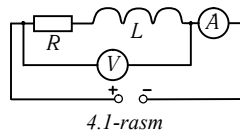
$$\mu = B/B_0.$$

(4.3) formula orqali g'altakning induktivligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$L = \frac{\varepsilon_i}{dI/dt}, \quad (4.4)$$

Agar (4.5) ifodada $\varepsilon_i = 1$ V va $dI/dt = 1$ A/s bo'lsa, g'altakning induktivligi 1 Genri (H) bo'ladi. Demak, g'altak induktivligining birligiga shunday ta'rif berish mumkin: agar g'altakdan oqib o'tayotgan tok kuchi 1 s da 1 A ga o'zgarganida 1 V o'zinduksiya EYK hosil bo'lsa, shu g'altakning induktivligi 1 H ga teng bo'ladi. G'altakning induktivligi undagi o'ramlar soniga bog'liq. O'ramlar soni qancha ko'p bo'lsa, induktivlik shuncha katta bo'ladi. Ayniqsa g'altak ichiga temir o'zak kiritilgan bo'lsa, induktivlik yanada ortadi. Shuning uchun ham induktivlikni oshirish lozim bo'lganda o'zakli g'altakdan foydalaniladi.

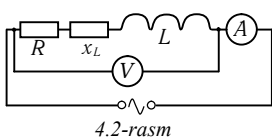
G'altakning induktivligini aniqlash uchun 4.1-rasmda tasvirlangan elektr sxemadan foydalanamiz.



Bunda L induktivligi aniqlanishi lozim bo'lgan g'altak, R – g'altak simlarining aktiv (omik) qarshiligi, x_L – g'altakning o'zgaruvchan tokka nisbatan induktiv (reaktiv) qarshiligi, V – voltmeter, A – ampermetr.

Induktiv g'altak L o'zgaras tok manbaiga ulansa (4.1-rasm), u faqat R aktiv qarshilikka ega bo'ladi. Bu qarshilik elektr zanjiridagi V voltmeter va A ampermetr yordamida

$$R = U/I$$



ifodaga asosan aniqlash mumkin. So'ng g'altak o'zgaruvchan tok manbaiga ulanadi (4.2-rasm). Bu holda g'altak aktiv qarshilikka ega bo'lishi bilan birga x_L induktiv qarshilikka ham ega bo'ladi. R ni aktiv qarshilik deyilishiga sabab shundaki, undan tok o'tganida Joule-Lens

qonuniga asosan issiqlik ajralib chiqadi. x_L reaktiv qarshilikda esa bunday issiqlik ajralib chiqmaydi. o'zgaruvchan tok sinuslar qonuniga bo'ysunadi, ya'ni

$$I=I_0 \sin \omega t. \quad (4.5)$$

Bu yerda I – o'zgaruvchan tokning ixtiyoriy t vaqtdagi qiymati, I_0 – tokning maksimal qiymati, $\omega=2\pi\nu$ ga teng bo'lib, o'zgaruvchan tokning siklik (doiraviy) chastotasi deyiladi, ν esa chiziqli chastota ($\nu=50$ Hz). O'zgaruvchan tokning garmonik ravishda vujudga kelishi shu tok manbai bo'lgan EYK ning ham garmonik tarzda o'zgarishini bildiradi:

$$\varepsilon=\varepsilon_0 \sin \omega t. \quad (4.6)$$

Ko'rib o'tganimizdek, g'altakdan o'tayotgan tok kuchi o'zgarganda unda o'zinduksiya EYK hosil bo'lgani kabi, o'zgaruvchan tok oqib o'tayotganida ham shu g'altakda o'zinduksiya EYK i hosil bo'ladi.

4.1-rasmdagi sxemaga berk zanjir uchun Om qonunini tadbiiq etsak

$$IR=\varepsilon+\varepsilon_i \quad (4.7)$$

ifodaga ega bo'lamiz. Bu ifodaga (4.3) va (4.6) formulalarni qo'yamiz:

$$IR=\varepsilon_0 \sin \omega t-L(dI/dt), \quad (4.8)$$

bu yerda $L(dI/dt)$ – induktiv qarshilikka mos keluvchi kuchlanish tushishidir. (4.5) ifodani vaqt bo'yicha differensiallab, natijasini (4.8) ga qo'ysak, quyidagi tenglamaga ega bo'lamiz:

$$R \cdot I_0 \sin \omega t + L \cdot I_0 \omega \cos \omega t = \varepsilon_0 \sin \omega t.$$

$\cos \omega t = \sin(\omega t + \pi/2)$ ekanligini e'tiborga olsak, bu ifoda

$$R \cdot I_0 \sin \omega t + L \cdot I_0 \omega \sin(\omega t + \pi/2) = \varepsilon_0 \sin \omega t \quad (4.9)$$

ko'rinishga keladi. (4.9) formuladagi birinchi had aktiv qarshilikdagi kuchlanish tushishini, ikkinchi had esa induktiv qarshilikdagi kuchlanish tushishini ifodalaydi:

$$L \cdot I_0 \omega \sin(\omega t + \pi/2) = U_L, \quad (4.10)$$

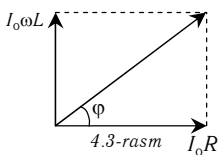
Bu yerda $I_0 \omega L = U_{oL}$ –induktiv qarshilikdagi kuchlanishning amplitudaviy yoki maksimal qiymati. Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni e'tiborga olinsa, $\omega L = x_L$ ko'paytma haqiqatdan ham qarshilik ma'nosiga ega ekanligi ayon bo'ladi.

Induktiv qarshilik o'zgaruvchan tokning doiraviy chastotasiga proporsional ekan. Chastota ortishi bilan induktiv qarshilik ham ortib boradi. Agar $\omega=0$ bo'lsa, ya'ni tok o'zgarmas bo'lsa $x_L=0$ bo'ladi. Bu holda g'altakda faqat aktiv qarshilik ishtirok etadi.

Agar (4.5) va (4.10) formulalarni o'zaro taqqoslasak, g'altakning induktiv qarshiligidagi kuchlanishning pasayishi undan o'tayotgan tokka nisbatan faza buyicha $\pi/2$ ga oldin ketishi kelib chiqadi.

Ikkinchi tomondan, $R \cdot I_0 \sin \omega t = U$ va (4.10) ifodalardan ko'rinadiki, induktiv qarshilikdagi kuchlanish tebranishi aktiv qarshilikdagi kuchlanish tebranishidan faza bo'yicha $\pi/2$ ga oldin ketar ekan. Shuning uchun ham g'altakdan o'zgaruvchan tok o'tayotgan paytda uning kattaligini topish qiyinchilik tug'diradi. Bunday hollarda

kuchlanishlarni vektor ko'rinishda qo'shish qulaydir. Buning uchun aktiv qarshilikdagi kuchlanish gorizontaal o'qqa, induktiv qarshilikdagi kuchlanish qiymatini esa vertikal o'qqa qo'yamiz (4.3-rasm). To'la kuchlanish esa vektorlar asosida qurilgan parallelogramning diagonaliga yoki ikki vektorning geometrik yig'indisiga teng bo'ladi.



Pifagor teoremasiga asosan to'la kuchlanish ifodasini

$$U_0 = \sqrt{I_0^2 R^2 + I_0^2 \omega^2 L^2}$$

ko'rinishda yozish mumkin. Bundan tok kuchining maksimal qiymati

$$I_0 = U_0 / \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} \quad (4.11)$$

ga teng bo'ladi.

Lekin o'zgaruvchan tokka mo'ljallangan elektr o'lchov asboblari tok va kuchlanishning maksimal qiymatini ko'rsatmay, balki effektiv qiymatlari (I_{eff} va U_{eff}) ni qayd qiladi. O'tkazgichdan o'zgaruvchan tok o'tayotgan paytda ma'lum vaqt ichida qancha miqdorda issiqlik ajralayotgan bo'lsa, shu vaqt ichida shu o'tkazgichdan shuncha issiqlik ajratib chiqaradigan o'zgarmas tok qiymatiga ***o'zgaruvchan tokning effektiv qiymati*** deyiladi. Hisoblashlar

$$I_{\text{eff}} = I_0 / \sqrt{2}, \quad U_{\text{eff}} = U_0 / \sqrt{2} \quad (4.12)$$

ekanligini ko'rsatadi. (4.12) tengliklarni (4.11) ga qo'yib o'zgaruvchan tok uchun Om qonuni ifodasiga ega bo'lamiz:

$$I_{\text{eff}} = U_{\text{eff}} / \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}, \quad (4.13)$$

bu yerda

$$Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}, \quad (4.14)$$

o'zgaruvchan tok zanjirining ***to'la qarshiligi*** deb ataladi. Undan g'altakning induktivligini aniqlaymiz:

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{\omega}. \quad (4.15)$$

4.3-rasmga asosan tok kuchi bilan to'la kuchlanish orasidagi burchak φ ga teng. φ burchak tok kuchi bilan kuchlanish orasidagi ***faza siljishi*** deb ataladi va uning qiymati quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\operatorname{tg} \varphi = \omega L / R. \quad (4.16)$$

Ishni bajarish tartibi

1. 4.1-rasmda tasvirlangan elektr zanjir yig'iladi. Olingan natijalarni yozish uchun 1-jadval chiziladi.
2. Sxema o'zgarmas tok manbaiga ulanadi. Ampermetr va voltmeter yordamida tok kuchi va kuchlanishlarning qiymatlari o'lchab olinadi va ular yordamida aktiv qarshilik aniqlanadi. Natija 1-jadvalga yoziladi.

- Sxema o'zgaruvchan tok manbaiga ulanadi. Bunda tok va kuchlanishning effektiv qiymatlari o'lchanadi va $Z=U_{\text{eff}}/I_{\text{eff}}$ formula yordamida g'altakning to'liq qarshiligi 5 xil qiymatlar uchun hisoblanadi. Natija 1-jadvalga yoziladi.
- (4.15) formulaga Z va R larning qiymatlarini qo'yib, induktivlik ($L_{\text{o'zaksiz}}$) genrilarda topiladi.
- (4.16) formula yordamida $tg\varphi$ va u orqali φ ning qiymati topiladi.
- G'altakka temir o'zak kiritiladi va 3–4 bandlarda ko'rsatilgan tajribalar takrorlanadi. Bunda topilgan kattaliklar yordamida o'zakli g'altakning induktivligi ($L_{\text{o'zakli}}$) aniqlanadi. So'ngra

$$\mu=L_{\text{o'zakli}}/L_{\text{o'zaksiz}}$$

formula yordamida μ topiladi.

- Barcha o'lchashlar va hisoblashlar 1-jadvalga yoziladi:

1-jadval

№	U, V	I, A	R, Ω	O'zaksiz			O'zakli			$L_{\text{o'zak siz}}$	$L_{\text{o'zak li}}$	$tg\varphi$	φ	μ
				U_{eff}	I_{eff}	Z	U_{eff}	I_{eff}	Z					
1.														
2.														
3.														
4.														
5.														

Sinov savollari

- Elektromagnit induksiya va o'zinduksiya hodisalarini tushuntiring. Faradey tajribasi.
- Induksion tok yo'nalishi qanday aniqlanadi. Lens qoidasi.
- O'zinduksiya EYK va g'altak induktivligining formulasini yozing.
- Induktiv qarshilikning vujudga kelish sababini tushuntiring.
- Aktiv va induktiv qarshiligi bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonunini yozing.
- Induktiv qarshilikdagi kuchlanish tushishi bilan oqib o'tayotgan tok kuchi orasidagi faza siljishini tushuntiring.
- O'zgaruvchan tok nima? O'zgaruvchan tok kuchi va kuchlanishning effektiv qiymatlari nima?

5 – laboratoriya ishi

YER MAGNIT MAYDONI KUCHLANGANLIGINING GORIZONTAL TASHKIL ETUVCHISINI ANIQLASH VA TANGENS-GALVANOMETR DOIMIYSINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Yer magnit maydon kuchlanganligining gorizonttal tashkil etuvchisini aniqlash orqali magnit maydonining hossalarini o'rganish.

Kerakli asboblari: Tangens-galvanometr, milliampermetr, reostat, o'zgarmas tok manbai.

Ishni bajarish uchun asos

1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo'yicha to'liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

Ishni himoya qilish uchun asos

1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

NAZARIY QISM

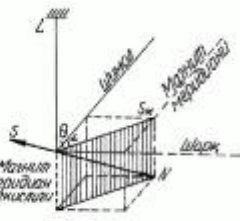
Yerni katta sharsimon magnit deb faraz qilsak bo'ladi. Yerni o'ragan fazoda magnit maydoni mavjud. Bu maydonning kuch chiziqlari 5.1-rasmda ko'rsatilgan. Shimoliy geografik qutb yaqinida janubiy magnit qutbi S joylashgan, janubiy geografik qutb yaqinida – shimoliy magnit qutbi N joylashgan.

Yerning istagan nuqtasidagi mavjud bo'lgan magnit maydonni magnit nayzacha yordamida aniqlash mumkin. Agar NS magnit nayzachasini L ipga osib (5.2-rasm), osish nuqtasini nayzachaning og'irlik markazi bilan moslashtirilsa, nayzacha Yerning magnit maydoni kuch chizig'iga urinma bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. Shimoliy yarim sharda nayzaning janubiy uchi Yerga engashadi va nayzachaning gorizontga nisbatan enkayish burchagi θ ni tashkil qiladi. (Magnit ekvatorida enkayish burchagi θ nolga teng). Nayzacha joylashgan vertikal tekislik **magnit meridianining tekisligi** deyiladi. Hamma magnit meridian tekisliklari NS to'g'ri chiziq uchlarida kesishadi. Magnit meridianlarining Yer yuzidagi izlari magnit qutblari N va S da uchrashadilar.

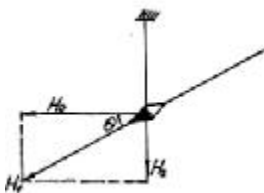
Magnit qutblari geografik qutblarga mos tushmagani uchun nayzacha geografik meridianidan og'gan bo'ladi. Nayzacha orqali o'tayotgan vertikal tekislikning (ya'ni, magnit meridiani) geografik meridian bilan tashkil qilgan burchagi θ magnit **og'ish burchagi** deb ataladi (5.2-rasm).



5.1-rasm



5.2-rasm



5.3-rasm

Yer magnit maydonining to'la kuchlanganlik vektori H ni ikki: gorizontaal va vertikal tashkil etuvchilarga ajratish mumkin (5.3-rasm). Og'ish va enkayish burchaklarining hamda gorizontaal tarkibiy qismning qiymatlari berilgan nuqtadagi magnit maydon yo'nalishi va kattaligini aniqlash imkoniyatini beradi.

Agarda magnit nayzacha faqat vertikal o'q atrofida erkin aylana oladigan bo'lsa, u Yer magnit maydonining gorizontaal tarkibiy qismi ta'sirida magnit meridiani tekisligida joylashadi.

Tajriba qismi

Tajriba 5.4-rasmda keltirilgan elektr sxema yordamida o'tkaziladi va quyida o'lchash uslubining qisqacha nazariyasi keltirilgan. Bu yerda R – reostat, A – ampermetr, TG – tangens-galvanometr, K – qo'shkalit, uning vazifasi tangens-galvanometr orqali o'tayotgan tokning yo'nalishini o'zgartirishdan iborat.

Metodning nazariyasi

Magnit meridiani tekisligiga nisbatan vertikal joylashgan, N ta o'ramdan iborat halqasimon o'tkazgichni olaylik. Bu o'tkazgich markaziga o'z vertikal o'q atrofida aylanuvchi magnit nayzachani joylashtiramiz. Agar g'altak orqali I tok o'tkazsak, kuchlanganligi H_z , yo'nalishi g'altak tekisligiga perpendikulyar bo'lgan magnit maydoni vujudga keladi. Shunday qilib, nayzachaga ikki o'zaro perpendikulyar magnit maydoni ta'sir qiladi.

5.3-rasmda g'altakning gorizontaal tekisligidagi kesimi ko'rsatilgan. Bu yerda H_z – aylanma tok vujudga keltirgan magnit maydoni kuchlanganligi vektori, H_0 – Yer magnit maydonining gorizontaal tashkil etuvchisi.

Nayzachaga teng ta'sir etuvchi H_1 vektor tomonlari H_z va H_0 dan iborat bo'lgan parallelogramning diagonali bo'yicha joylashadi. 5.3-rasmdan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$H_z = H_0 \cdot \operatorname{tg} \theta \quad (5.1)$$

Ikkinchi tomondan tangens-galvanometr g'altagining markazidagi magnit maydonining kuchlanganligi

$$H_z = (n \cdot I) / (2R) \quad (5.2)$$

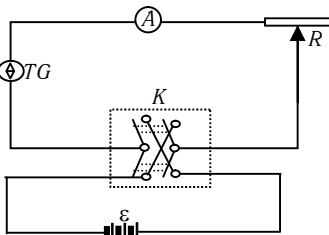
ga teng, n – o'ramlar soni, R – aylananing radiusi. (5.2) ni (5.1) ga qo'ysak quyidagini olamiz:

$$(n \cdot I) / (2R) = H_0 \cdot \operatorname{tg} \theta. \quad (5.3)$$

Undan

$$H_0 = \frac{n}{2R} \cdot \frac{I}{\operatorname{tg} \theta}. \quad (5.4)$$

(5.4) ifoda aylanma o'tkazgich orqali oqayotgan tok kuchini aniqlash uchun ham



5.4 – rasm

ishlatilishi mumkin, ya'ni:

$$I=(2RH_0tg\theta)/n. \quad (5.5)$$

(5.5) ifodada $tg\theta$ ning oldida turuvchi barcha kattaliklar Yer yuzining berilgan nuqtasi va o'lchayotgan asbob uchun o'zgarmas bo'lganliklari uchun mazkur ifodani quyidagicha yozish mumkin

$$I=C \cdot tg\theta, \quad (5.6)$$

bu yerda $C=2RH_0/n$ doimiy kattalik bo'lib, **tangens-galvanometr doimiysi** deb ataladi. O'lchanilayotgan tok kuchi strelka og'ish burchagining tangensiga proporsional bo'lgani uchun qurilmani **tangens-galvanometr** deyiladi.

(5.6) ifodadan doimiy C son jihatdan nayzachaning og'ish burchagi 45° ga teng bo'lgandagi o'ramlar orqali o'tayotgan tok kuchiga teng ekanligi kelib chiqadi. Shunday qilib markazida magnit nayzacha o'rnatilgan aylanma o'tkazgichni shu zanjir orqali o'tayotgan tok kuchini aniqlash uchun qo'llasa bo'ladi. Buning uchun quyidagi shart bajarilishi kerak: magnit nayzachasining o'lchamlari o'ramlar radiuslariga nisbatan juda kichik bo'lishi kerak, chunki (5.2) formula aylana markazidagi nuqta uchungina bajariladi.

Ushbu ishda foydalaniladigan tangens-galvanometr aylanuvchi tutgichga o'rnatilgan g'altakdan iboratdir. Vertikal o'q atrofida aylanadigan nayzacha g'altakning markaziga o'rnatilib, nayzachaning ustiga bo'limlari bo'lgan yengil alyuminiy (limb) qo'yilgan.

Chambarak ostidagi nayzacha shunday joylashganki, uning bir uchi limbning «N» (shimol) harfi bilan belgilangan nuqtasiga, ikkinchi uchi esa «N» (janub) harfi bilan belgilangan nuqtasiga yo'nalgan.

Tangens-galvanometr g'altak o'ramlarining tekisligi tirqish-vizir ip yo'nalishiga perpendikulyar qilib o'rnatilgan. Agar vizir ipni 270° ni ko'rsatuvchi bo'linma ro'parasiga keltirsak (bu miqdor vizirning g'arb-sharq tomoniga yo'naltirilganini ko'rsatadi), g'altak o'ramlarining tekisligi shimol-janub yo'nalishiga mos keladi. Bunga g'altakning tutgichini aylantirib erishish mumkin.

Qurilmaning elektr sxemasi 5.4–rasmda ko'rsatilgan.

Ishni bajarish tartibi

1. 5.4-rasmdagi sxema tuziladi.
2. Tangens-galvanometrning tutgichini burib, uning g'altagi o'ramlarini magnit meridian tekisligi bo'yicha joylashtiriladi. Kompasning strelkasi 0° ga to'g'irlanadi.
3. Tok manbai ulanadi va reostat surgichini siljitib tok kuchi $0,1$ A o'rnatiladi. So'ngra limbning burilish burchagi α_1 aniqlanadi.
4. Tangens-galvanometrni siljitmagan va reostatning surgichini o'zgartirmagan holda qo'shkalit K yordamida berilayotgan tokning yo'nalishi o'zgartiriladi va limbning burilish burchagi α_2 aniqlanadi. α' va α'' ning qiymatlari bo'yicha burilish burchagining o'rtacha qiymati α aniqlanadi: $\alpha=(\alpha'+\alpha'')/2$.
5. 3, 4–punktarga asosan tajribani tok kuchining turli xil qiymatlari ($0,1$; $0,2$; $0,3$; $0,4$; $0,5$ A) uchun takrorlanadi. Tok kuchining har bir qiymati uchun burilish burchagi α_1 – α_5 larning o'rtacha qiymati hisoblanadi.
6. Jadvaldan $tg\alpha_1$, $tg\alpha_2$, $tg\alpha_3$, $tg\alpha_4$, $tg\alpha_5$ larning qiymatlari aniqlanadi, so'ngra

(5.4) formuladan har bir tok qiymati uchun H_0 ning qiymati topiladi va jadvalga yoziladi.

7. So'ngra H_0 ning o'rtacha qiymati $\langle H_0 \rangle$, absolyut xatoligi $\Delta H_0 = (\langle H_0 \rangle - H_{0i})$ va nisbiy xatoligi $\varepsilon = (\Delta H_0 / \langle H_0 \rangle) \cdot 100\%$ hisoblanadi.

N	$I, (A)$	$\alpha',$ gradus	$\alpha'',$ gradus	$\alpha,$ gradus	$H_0,$ A/m	$\langle H_0 \rangle$	ΔH_0	$\langle \Delta H_0 \rangle$	ε
1									
2									
3									
4									
5									

8. Natija $H_0 = \langle H_0 \rangle \pm \langle \Delta H_0 \rangle$ ko'rinishda yoziladi.

Sinov savollari

- Magnit maydoni qanday kattaliklar bilan karakterlanadi?
- B va H larning yo'nalishlarini qanday aniqlash mumkin?
- Bio-Savar-Laplas qonunining vektor va skalyar ko'rinishlarini yozing.
- Aylanma tokning markazidagi induksiya B va magnit maydon kuchlanganligi H ni keltirib chiqaring.
- Tangens-galvanometrning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
- Doimiy C ning fizik ma'nosi qanday?
- Ishchi formulani keltirib chiqaring.

6 – laboratoriya ishi

MIKROSKOP YORDAMIDA SHISHA PLASTINKANING SINDIRISH KO'RSATKICHINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: absolyut va nisbiy sindirish ko'rsatkichlarining fizik ma'nosini aniqlash, lanzada tasvir yasashni o'rganish va mikroskopda shisha plastinkaning sindirish ko'rsatkichini aniqlashdir.

Kerakli asboblari: mikroskop, mikrometr, shisha plastinkalar.

Ishni bajarish uchun asos

- Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo'yicha to'liq konspekt.
- Ishni bajarish tartibini bilish.

Ishni himoya qilish uchun asos

- Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
- Sinov savollariga javob berish.

NAZARIY QISM

XVII asr oxirida yorug'likning I.Nyuton tomonidan kashf etilgan korpuskulyar nazariyasi hukmron edi. Bu nazariyaga ko'ra yorug'lik zarralardan

iborat bo'lib, to'g'ri chiziqli tarqalishi va mexanika qonunlariga bo'ysunishi kerak. Fuko yorug'lik zarralarining tezligi optik zichligi katta bo'lgan muhitlarda havodagiga nisbatan kichik ekanligini ko'rsatdi. I.Nyutonning korpuskulyar nazariyasi noto'g'riligi tajriba yordamida isbotlandi (1850 yilda).

Shu davrda Gyuygensning to'liq nazariyasiga asosan yorug'likning tezligi turli muhitlarda turlicha bo'lib, vakuumda eng katta qiymatga ega bo'lishi aniqlandi. Muhitning optik xususiyatlarini ifodalash uchun muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi tushunchasi kiritildi.

Yorug'likning vakuumdagi tezligi muhitdagi tezligidan necha marta katta ekanligini ifodalovchi kattalik muhitning **absolyut sindirish ko'rsatkichi** deb ataladi:

$$n=c/v, \quad (6.1)$$

bu yerda $c=3 \cdot 10^8$ m/s – yorug'likning vakuumdagi tezligi, v – yorug'likning muhitdagi tezligi. (6.1) ifodadan ko'rinishicha absolyut sindirish ko'rsatkichi son jihatdan $n \geq 1$ bo'lib, vakuum uchun $n=1$ qiymatga egadir. Shisha uchun $n=1,5$, suv uchun $n=1,3$.

Absolyut sindirish ko'rsatkichi kattaroq bo'lgan muhitlar optik zichligi katta muhit degan nom olgan, Absolyut sindirish ko'rsatkichini yorug'likning vakuum-muhit chegarasida sinish qonuniyatidan aniqlash mumkin:

$$n=\sin i/\sin r. \quad (6.1')$$

(6.1') ifodada i – tushish, r – sinish burchaklari.

Ikki muhitning optik xususiyatlarini taqoslash uchun nisbiy sindirish ko'rsatkichi tushunchasi kiritiladi.

Yorug'likning birinchi muhitdagi tezligining ikkinchi muhitdagi tezligiga nisbatiga teng bo'lgan kattalik ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan **nisbiy sindirish ko'rsatkichi** deb ataladi:

$$n_{21}=v_1/v_2=n_2/n_1. \quad (6.2)$$

(6.2) ifodadan ko'ranishicha yorug'lik optik zichligi kichik muhitdan optik zichligi katta muhitga o'tganda $n_{21} > 1$, teskari holda $n_{21} < 1$ qiymatga ega bo'ladi. Maksvell 1865 yilda o'zining elektromagnit to'liq nazariyasi asosida yorug'lik elektromagnit tabiatga ega va ko'ndalang to'liqlardan iborat deb hisobladi. Maksvellning elektromagnit maydon tenglamalaridan, yorug'lik va elektromagnit to'liqlarning muhitdagi tezligini uning elektr va magnit xususiyatlari bilan bog'lovchi ifoda aniqlandi:

$$v=\frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}} \quad \text{yoki} \quad n=\sqrt{\epsilon\mu}.$$

Bunda ϵ va μ – muhitning dielektrik hamda magnit singdiruvchanliklari. Lekin bu ifoda hamma jismlar uchun o'rinli emas.

Yorug'likning sinish qonuniga asosan ikki muhit chegarasida yorug'lik optik zichligi katta muhitdan optik zichligi kichik muhitga tushganda sinish burchagi r ning qiymati tushish burchagi i ning qiymatidan katta bo'ladi, ya'ni $r > i$.

Tushish burchagi i ning qiymatini orttirib borsak, uning qandaydir i_{cheer} qiymatida sinish burchagining qiymati $r=90^\circ$ ga teng bo'ladi. Bu vaqtda ikkinchi muhitda yorug'lik tarqalmaydi. Bu hodisa **to'la ichki qaytish** nomini olgan.

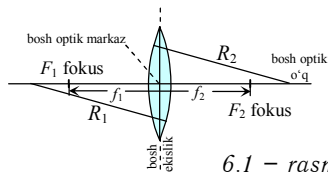
Demak to'la ichki qaytish ro'y berishi uchun ikka shart bajarilishi kerak:

1) Yorug'lik optik zichligi katta muhitdan optik zichligi kichik muhitga tushishi kerak.

2) Tushish burchagining qiymati chegaraviy qiymatdan katta bo'lishi kerak. Chegaraviy tushish burchagining qiymati $\sin i_{\text{cheg}} = n_{21}$ ifodadan aniqlanadi.

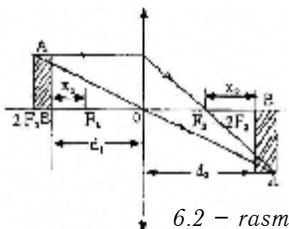
Bu ishda shisha plastinkaning sindirish ko'rsatkachi mikroskop yordamida aniqlanadi va shu sababli mikroskopning tuzilishi bilan tanishaylik. Mikroskop o'z navbatida ikki linzadan: qisqa fokusli **obyektiv** va katta fokusli **okulyardan** iborat. Ko'rinib turibdiki, linza optik asbobning muhim qismi ekan. **Linza** deb, egri (sferik) chiziqli sirtlar bilan chegaralangan va ma'lum sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan shaffof jismga aytiladi. Sirtlar egriligi mos ravishda egrilik radiuslari R_1 va R_2 lar bilan xarakterlanadi. Agar egrilik radiuslari linza qalinligidan bir necha barobar katta bo'lsa, bunday linzalar "**yupqa linzalar**" deyiladi.

Linzaning optik markazi orqali o'tuvchi va bosh tekislikka tik bo'lgan to'g'ri chiziqqa **linzaning bosh optik o'qi**, optik markazdan o'tuvchi boshqa hamma to'g'ri chiziqlar esa **linzaning ikkilamchi o'qlari** deyiladi (6.1-rasm). Bu o'qlar bo'ylab o'tuvchi nurlar sinmaydi.



6.1 – rasm

Agar nurlar bosh optik o'qqa parallel ravishda linzaga tushsa, linzadan o'tgandan so'ng uning fokusi (F_1 va F_2) da yig'iladi. **AB** buyumning tasvirini hosil qilaylik. Bu buyumning hamma nuqtalarining tasviri yig'indisi uning tasvirini beradi (6.2-rasm).



6.2 – rasm

Buyumning **A** nuqtasidan ikki nur: optik markazdan sinmasdan o'tuvchi ikkilamchi **AA'** nurni va bosh optik o'qqa parallel, hamda sinib linzaning fokusi F_2 dan o'tuvchi **ACA'** nurlarni o'tkazamiz. Ikki nurning kesishish nuqtasi **A'** nurlanuvchi buyum **A** nuqtasining haqiqiy tasviri bo'ladi. **A'** nuqtadan bosh optik o'qqa perpendikulyar (tik chiziq) tushirib, buyumning **A'B'** tasvirini hosil qilamiz. Quyidagi

$$A'B' / AB = d_2 / d_1 \quad (6.3)$$

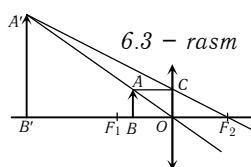
kattalik **linzaning kattalashtirishi** deyiladi. Bu tenglik **ABO** va **A'B'O'** uchburchaklarning o'xshashligidan kelib chiqadi (6.2-rasm).

By holda buyumning kattalashtirilgan haqiqiy va teskari tasviri olinadi. Agar buyum linzaga yaqin (linza bilan F_1 fokus orasida) joylashsa, u holda haqiqiy tasvir hosil bo'lmaydi, chunki **AO** va **CF₂** nurlar linzaning o'ng tomonida uchrashmaydi (6.3-rasm). Agar bu nurlarni buyum tomonga davom ettirsak, ular uchrashadi va mavhum, kattalashgan va to'g'ri tasvir hosil bo'ladi.

Yupqa linzaning umumiy formulasi

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (6.4)$$

ko'rinishda bo'lib, undan linzaning optik markazidan fokusigacha bo'lgan masofasini aniqlash mumkin (6.2-rasm):



6.3 – rasm

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \quad \text{va} \quad F^2 = x_1 \cdot x_2,$$

bunda: d_1 – buyumdan linza bosh tekisligigacha bo‘lgan masofa;
 d_2 – linza bosh tekisligidan tasvirigacha bo‘lgan masofa;
 x_1 – buyumdan eng yaqin fokusgacha bo‘lgan masofa;
 x_2 – tasvirdan eng yaqin fokusgacha bo‘lgan masofa;
 n – linzaning nisbiy sindirish ko‘rsatkichi;
 R_1 va R_2 – linza sirtining egrilik radiuslari;
 F – linzaning fokus masofasi.
 Linzaning optik kuchi deb

$$D = 1/F \quad (6.5)$$

nisbatga aytiladi va u dioptriyalarda (D) o‘lchanadi.

Agar optik kuchlari D_1 va D_2 bo‘lgan linzalardan iborat sistema bo‘lsa, uning optik kuchi

$$D = D_1 + D_2, \quad (6.6)$$

sistemaning fokus masofasi esa

$$1/F = 1/F_1 + 1/F_2 \quad (6.7)$$

bo‘ladi. Ikki tomonlama qavariq linza uchun $\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) > 0$ bo‘lib, $D > 0$ va ikki tomonlama botiq (sochuvchi) linza uchun $D < 0$. Bu natija ushbu formuladan kelib chiqadi:

$$D = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \quad (6.8)$$

Ishni bajarish metodi

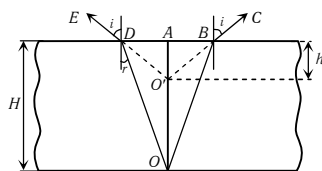
Shisha plastinaning sindirish ko‘rsatkichini aniqlash. Yorug‘likning sinish qonuniga asosan shisha plastinaning haqiqiy qalinligi "kichrayib" ko‘rinadi. Buning uchun ikki tomoni o‘zaro perpendikulyar tirnalgan shisha plastina olamiz. Shisha plastinaning kichrayib ko‘ringan qalinligini "**mavhum**" qalinlik deyiladi.

Yassi parallel plastinaning O nuqtasi tirnalganligi tufayli nurlar dastasi har xil yo‘nalishda ketayotgan bo‘lsin (6.4–rasm), OA o‘q bo‘ylab nur shishadan havoga sinmasdan o‘tadi, qolgan hamma nurlar dastasi o‘z yo‘nalishini o‘zgartiradi.

Agar kuzatuvchi A nuqtaga qarasa uning ko‘zi OBC , ODE , va h.k. nurlarni ham ko‘radi va bu nurlar O' dan kelayotgandek tuyuladi. O' nuqta esa O nuqtaning mavhum tasviridir. $OA=H$ masofa shishaning haqiqiy qalinligi shtangensirkul va $AO'=h$ mavhum qalinligi mikroskop yordamida aniqlanadi. OBC va ODE nurlar, aksincha, havodan shishaga o‘tadi deb hisoblansa, hamda sinish qonunidan (6.1')

foydalanib (tushish burchat i va sinish burchagi r desak) sinuslarni tangenslar bilan almashtirsak (burchaklar kichik bo‘lagani uchun):

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} \quad (6.9)$$



6.4 – rasm

To'g'ri burchakli uchburchak ABO' va ABO lardan

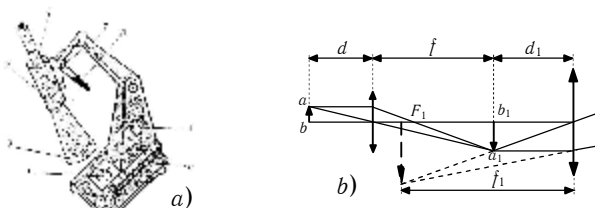
$$\operatorname{tg} i = AB / AO' \quad \text{va} \quad \operatorname{tg} r = AB / AO$$

ga teng. (6.9) ga asosan

$$n = \operatorname{tg} i / \operatorname{tg} r = AO / AO' = H / h \quad (6.10)$$

ni hosil qilamiz.

Mavhum qalinlik h ni aniqlash uchun mo'ljallangan mikroskop, qisqa fokusli ob'ektiv (ob) va katta fokusli okulyar (ok) dan iborat (6.5-rasm)



6.5–rasm. a) Mikroskopning umumiy ko'rinishi:

1-shtativ, 2-tubus. 3-ob'ektiv 4-okulyar, 5-buyum qo'yiladigan stol. 6-yoritgich ko'zgu, 7-kremal'er. 8-millimetrl shkala va nonius.

Ishni bajarish tartibi

1. Mikroskopning ob'ektivi qarshisidagi buyum stolchasiga ikki tomoni tirlalgan shisha plastina qo'yiladi. Kremaler vint yordamida mikroskopning ko'rish maydonida plastinaning ustki tirlalgan chizig'i yahshi ko'ringuncha harakatlantirilib. noniusdan h_1 hisoblanadi.
2. Huddi shuningdek plastinaning pastki tirlalgan chizig'i yahshi ko'rinadigan holatdagi h_2 hisoblanadi va plastinkaning mavhum qalinligi $h = h_1 - h_2$ topiladi.
3. Shtangensirkul yordamida plastinaning haqiqiy qalinligi N o'lchanadi.
4. O'lchashlar har xil qalinlikdagi plastinkalar uchun takrorlanadi va (6.10) formuladan foydalanib, ularning sindirish ko'rsatkichlari aniqlanadi. O'lchashlar uch martadan takrorlanadi. Natijalar quyidagi jadvalga yoziladi.

N	$h_1, \text{ m}$	$h_2, \text{ m}$	$h, \text{ m}$	$N, \text{ m}$	n	$\langle n \rangle$	Δn	$\langle \Delta n \rangle$	ε
1.									
2.									
3.									
1.									
2.									
3.									
1.									
2.									
3.									

Sinov savollari

1. Absolyut va nisbiy sindirish ko'rsatkichlari nima?
2. To'la ichki qaytish hodisasi nima va uning bajarilish shartlari qanday?
3. Linzada tasvir yasang va linza formulasini yozing.
4. Ishni bajarish metodini tushuntirib bering.
5. Mikroskopda nurlar yo'lini chizib buyumning tasvirini yasang.

7 – laboratoriya ishi

SHISHA PLASTINANING SINDIRISH KO'RSATKICHINI INTERFERENSIYA YO'LI BILAN ANIQLASH

Ishning maqsadi: optik yo'llari farqi juda katta bo'lgan nurlarning interferensiyasini o'rganish, shisha plastinaning sindirish ko'rsatkichini aniqlash.

Kerakli asboblari: He-Ne lazer, qisqa fokusli linzali ekran, yassi parallel shisha plastinka.

Ishni bajarish uchun asos

1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo'yicha to'liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

Ishni himoya qilish uchun asos

1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

NAZARIY QISM

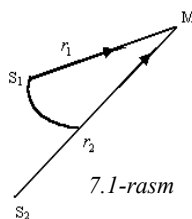
Ikki S_1 va S_2 manbalardan chiqayotgan yassi yorug'lik to'liqining ustma-ust tushishini ko'rib chiqaylik (7.1-rasm).

$$S_1 = A_1 \cos(\omega_1 t - k_1 r_1 + \alpha_1) = A_1 \cos \varphi_1;$$

$$S_2 = A_2 \cos(\omega_2 t - k_2 r_2 + \alpha_2) = A_2 \cos \varphi_2;$$

$$\varphi_1 = \omega_1 t - k_1 r_1 + \alpha_1;$$

$$\varphi_2 = \omega_2 t - k_2 r_2 + \alpha_2.$$



Bu tebranishlarning bir-biri bilan qo'shilishi tufayli hosil bo'lgan natijaviy tebranishlar amplitudasi matematik tarzda quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\begin{aligned} A^2 &= A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos[(\omega_2 - \omega_1)t - (k_2 r_2 - k_1 r_1) + (\alpha_2 - \alpha_1)] = \\ &= A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos \Delta\varphi, \end{aligned} \quad (7.1)$$

bu yerda

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = (\omega_2 - \omega_1)t - (k_2 r_2 - k_1 r_1) + (\alpha_2 - \alpha_1).$$

Agar $\omega_1 = \omega_2$, $k_1 = k_2 = 2\pi/\lambda$ bo'lsa, $\Delta\varphi = k(r_2 - r_1) + (\alpha_2 - \alpha_1)$ bo'ladi. (7.1) dan ko'rinishicha natijaviy tebranishlarning amplitudasi qo'shilayotgan tebranishlarning fazalari farqi $\Delta\varphi$ ga bog'liq ekan.

Yorug'lik to'liqlari atomning uyg'ongan holatdan asosiy holatga o'tishi natijasida vujudga keladi. Bunda ikki holatning energiflari farqi yorug'lik to'liqini energiyasini tashkil qiladi.

Yorug'lik manbalarida nur chiqarish jarayonida bir vaqtning o'zida juda ko'p atomlar ishtirok etib, ularning nurlanishlarining fazalari tasodifiy ravishda o'zgaradi. Fazalari tasodifiy ravishda o'zgaruvchan to'liqlar uchun $\cos\Delta\varphi$ ning bir davr ichidagi o'rtacha qiymati $\langle \cos\Delta\varphi \rangle = 0$ bo'ladi. Bunday to'liqlar ustma-ust tushishi natijasida hosil bo'lgan natijaviy to'liqning amplitudasi quyidagicha bo'ladi

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 \quad \text{yoki} \quad I = I_1 + I_2. \quad (7.2)$$

Boshqa so'z bilan aytganda, fazalari farqi tasodifiy ravishda o'zgaruvchi to'liqlar ustma-ust tushganda ularning intensivliklari qo'shiladi. ($I \sim A^2$ – yorug'lik intensivligi bo'lib, *son jihatdan birlik yuzadan birlik vaqtda o'tayotgan nurlanish energiyasiga tengdir*; uning birligi $[I] = W/m^2$).

Fazalari bir-biriga nisbatan tasodifiy o'zgaruvchi to'liqlar *nokogerent to'liqlar* deb ataladi. Fazalari farqi o'zgarmas bo'lsa, yoki juda sekin o'zgaruvchan bo'lsa, ya'ni to'liqinni kuzatish vaqti ichida fazalar farqining o'zgarishi deyarli yuz bermaydi deb hisoblash mumkin bo'lsa, bunday to'liqlar *kogerent to'liqlar* deyiladi.

Kogerent to'liqlarning qo'shilishi natijasida hosil bo'lgan natijaviy to'liqning intensivligi (7.1) ga ko'ra:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos\Delta\varphi \quad (7.3)$$

ko'rinishga ega bo'ladi. (7.3) dan ko'rinishicha, natijaviy to'liqning biror nuqtadagi intensivligi, shu nuqtaga tushayotgan to'liqlarning fazalari farqi $\Delta\varphi$ ga bog'liq bo'ladi. $\cos\Delta\varphi > 0$ bo'lgan nuqtalar uchun $I > I_1 + I_2$; $\cos\Delta\varphi < 0$ bo'lgan nuqtalar uchun $I < I_1 + I_2$; ya'ni to'liqlar ustma-ust tushishi natijasida ba'zi nuqtalarda ularning kuchayishi, ba'zi nuqtalarda esa ularning susayishi kuzatilar ekan. $I_1 = I_2$ bo'lgan hol uchun natijaviy to'liq intensivligining maksimal qiymati $I = 4I_1$, minimal qiymati $I = 0$ ga teng bo'ladi. Nokogerent to'liqlar uchun hamma nuqtalarda $I = 2I_1$ bo'ladi.

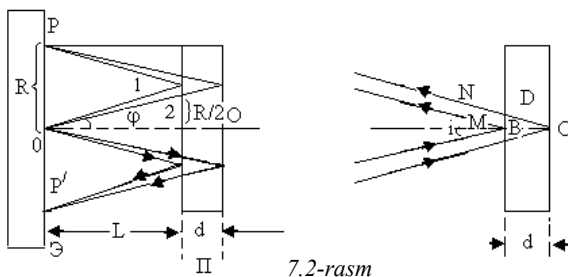
Kogerent to'liqlarning ustma-ust tushishi natijasida ularning bir-birini kuchaytirish yoki susaytirish hodisasi *to'liqlar interferensiyasi* deyiladi. Tabiiy yorug'lik manbalari nokogerent to'liqlar manbaidir. Nokogerent to'liqlar manbaining nurlanishi interferensiyasini kuzatish uchun nurlanish dastasini yakka qismga ajratib, keyin ustma-ust tushiriladi. Ajratilgan nurlanish dastalari bir nurlanishning yakka qismi bo'lgani uchun o'zaro kogerentdir, shuning uchun ustma-ust tushirilganda ular interferension manzarani hosil qiladi. Nokogerent manbalarining nurlanishi interferensiyasini kuzatishning Yung, Frenel, Lloyd ko'zgulari, Frenel biprizmasi usullari va boshqa usullar mavjuddir.

Tabiiy sharoitlarda kogerent nurlanishning interferensiyasi yorug'likning yupqa pardalardan qaytishi va sinishida kuzatiladi. Qalin plastinkalarning sirtlaridan qaytgan nurlarning optik yo'llarining farqi to'liq uzunligiga nisbatan juda katta bo'lgani uchun, ularga nokogerent nurlar tushganda interferension manzara kuzatilmaydi. Bunday plastinalarda interferensiya kuzatilishi uchun tushayotgan nurlanish yuqori fazoviy va vaqtii kogerentlikka ega bo'lishi kerak. Bunday hususiyatlar faqatgina lazer nurlanishiga manosibdir.

Mazkur laboratoriya ishida lazer nurlanishining qalin ($d \gg \lambda$) plastinadan qaytishi natijasida interferension manzara hosil bo'lishi o'rganiladi.

Nuqtaviy 0 manbadan chiqayotgan kogerent nurlanishning qalinligi d bo'lgan yassi parallel plastinaga tushishini ko'raylik (7.2-rasm).

Plastinkaning old va orqa sirtlaridan qaytayotgan yorug'lik to'lqinlari ekranda yorug' va qorong'u konsentrik halqalar ko'rinishidagi (shaklidagi) interferension manzarani hosil qiladi.



7.2-rasm

Tushish burchagi $tgi=R/(2L)$ ning kichik qiymatlarida 1- va 2- nurlarni parallel va $tgi \approx \sin i \approx R/(2L)$ deb hisoblash mumkin. Bu yerda R – qorong'u halqaning radiusi, L – ekrandan shisha plastinkagacha bo'lgan masofa. Sinish burchagi

$$r = i/n \frac{R}{2Ln} \quad (7.4)$$

qiymatga ega bo'ladi.

7.2-rasmga ko'ra 1- va 2- nurlarning optik yo'llari farqi

$$\Delta = (AC + CD)n - (BM + BN) = 2(ACn + BM) = 2\left(\frac{nd}{\cos r} - dtgr \sin i\right). \quad (7.5)$$

Sinish qonuni $\sin i / \sin r = n$ ga ko'ra (7.5) ni quyidagicha yozish mumkin

$$\Delta = 2nd \cos r = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i}. \quad (7.6)$$

B nuqtada yorug'lik optik zichligi kattaroq bo'lgan muhitdan qaytishi natijasida uning fazasi qo'shimcha ravishda π ga o'zgaradi (yorug'lik optik zichligi kattaroq bo'lgan muhitdan qaytganda yarim to'liq uzunlik yo'qotiladi ham

deyiladi). Qo'shimcha faza o'zgarishini hisobga olgan holda (7.6) ni quyidagicha yozamiz:

$$\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \lambda/2. \quad (7.7)$$

Optik yo'llar farqi to'liq uzunligi λ ga karrali bo'lganda, ya'ni

$$\Delta = \pm k\lambda \quad (7.8)$$

shart bajarilganda P nuqtada maksimum kuzatiladi.

$$\Delta = \pm (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad (7.9)$$

shart bajarilganda esa P nuqtada intensivlik minimal qiymatga ega bo'ladi. (7.8) va (7.9) larda $k=1, 2, 3, \dots$ – interferensiya tartibi.

k va $k+m$ – tartibli interferensiyalar maksimumlar sharti quyidagicha yoziladi:

$$\begin{aligned} 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} &= \pm k\lambda \\ 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} &= \pm (k+m)\lambda \end{aligned} \quad (7.10)$$

Interferensiyaning yuqoriroq tartibiga plastinkaga tushayotgan nurning kichikroq tushish burchagi mos keladi, ya'ni yuqoriroq tartibli interferensiyaga kichikroq radiusli interferensiyalar halqa mos keladi. Shuning uchun interferensiya tartibini ekranning chetidan hisoblash kerak. Radiuslari $R \ll L$ shartga bo'ysunuvchi halqalar uchun (7.4) shart bajarilishini hisobga olgan holda (7.4) ni (7.10) ga

qo'yib, ildiz ostidagi ifodani kichik $\frac{R^2}{4\pi^2 L^2}$ parametr bo'yicha qatorga yoyib, faqat birinchi hadini hisobga olsak.

$$\begin{aligned} 2dn \left(1 - \frac{R_k^2}{8n^2 L^2} \right) &= k\lambda \\ 2dn \left(1 - \frac{R_{k+m}^2}{8n^2 L^2} \right) &= (k+m)\lambda \end{aligned} \quad (7.11)$$

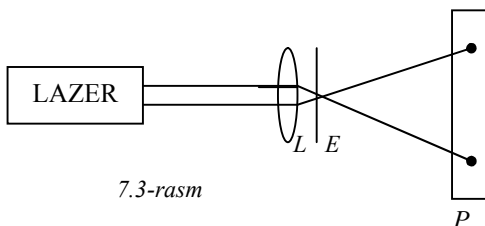
kelib chiqadi.

(7.11) dan sindirish ko'rsatkichi uchun ifoda kelib chiqadi:

$$n = \frac{d(R_k^2 + R_{k+m}^2)}{4mL^2\lambda}. \quad (7.12)$$

(7.12) formula yorug' halqalar uchun ham o'rinlidir. Plastinkaning qalinligi d , yorug'likning to'liq uzunligi λ berilgan bo'lsa ixtiyoriy ikki halqaning radiuslari va plastinkadan ekrangacha bo'lgan masofa L ni o'lchab olib, (7.12) formuladan sindirish ko'rsatkichini aniqlash mumkin.

Qurilmaning tuzilishi 7.3-rasmda keltirilgan.



Ishni bajarish tartibi

1. Qurilma bilan tanishing. Lazerni o'qituvchi yoki laborant bilan birlikda yoqing.
2. Lazer nurining linza va plastina markazlaridan o'tishini ta'minlang.
3. Plastinani vertikal va gorizontal o'qlar atrofida burib interferension halqalar markazi ekran markaziga tushishini ta'minlang.
4. Bir-biridan $m=4\div 5$ taga farq qiluvchi halqalarning R_k va R_{k+m} radiuslarini o'lchab oling. Bunday o'lchovni kamida besh juft halqalar uchun bajaring.
5. (7.12) formuladan plastinkaning sindirish ko'rsatkichini aniqlang. Plastina qalinligi $d=16,7$ mm, lazer nurining to'lqin uzunligi $\lambda=6,33\cdot 10^{-7}$ m deb qabul qiling.
6. O'lchash natijalarini jadvalga yozing.

	R_k , m	R_{k+m} , m	m	d , m	n_i	$n_{o'r}$	$\Delta n_{o'r}$	$\eta = \frac{\Delta n_o}{n_{o'r}} \cdot 100\%$
1								
2								
3								
4								
5								

7. Natijani $n=n_{o'r}\pm\Delta n_{o'r}$ ko'rinishda yozing.

Sinov savollari

1. Absolyut va nisbiy sindirish ko'rsatkichlarining ta'rifini ayting va fizik ma'nosini tushuntiring.
2. Yorug'lik intenferensiyasini tushuntiring.
3. Kogerent manbalarga ta'rif bering.
4. Kogerent bo'lmagan nurlanish vositasida interferensiyani kuzatish usullarini tushuntirib bering.
5. Hisoblash formulasini keltirib chiqaring.

8 – laboratoriya ishi

FRENEL BIPRIZMASIDA LAZER NURLANISHNING INTERFERENSIYASINI KUZATISH VA TO'LIQIN UZUNLIGINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Frenel biprizmasida interferensiya hodisasini o'rganish va interferension manzardan lazer nurlanishining to'liqin uzunligini aniqlash.

Kerakli asboblari: Masshtabli lineyka bilan ta'minlangan optik yo'naltiruvchi taglik, gaz lazeri LG-72, kengligi $0{,}4$ mm oralig'ida o'zgartiriluvchi tirqish (N25), sindirish burchagi $\alpha=15'$ bo'lgan Frenel biprizmasi (sindirish ko'rsatkichi $n=1{,}5$ bo'lgan shishadan yasalgan), yig'uvchi linza (N51). Masshtab chiziqlariga ega ekran.

Ishni bajarish uchun asos

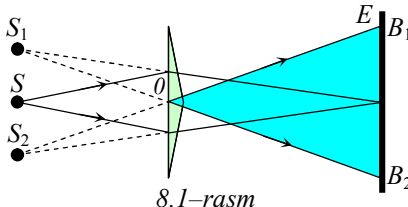
1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo'yicha to'liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

Ishni himoya qilish uchun asos

1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

NAZARIY QISM

Kogerent bo'lmagan manbalar yordamida interferensiya hodisasini kuzatish uchun Yung va Frenel biprizmasi metodlari qo'llaniladi. Bu metodlarning barchasida bir manbadan chiqqan nurlanish sun'iy ravishda ikki dastaga ajratiladi, so'ngra bu ikki dasta qaytadan uchrashtiriladi. Dastlab bir manbaning mahsuli bo'lgan bu nurlar, tabiiyki o'zaro kogerentdir. Demak nurlarning qo'shilishida interferension manzara hosil bo'lishini batafsilroq ko'rib chiqamiz. Frenel biprizmasi kichik sindirish burchakli ikki prizmadan iboratdir (8.1-rasm).

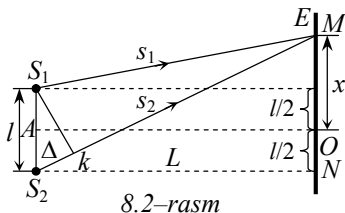


8.1–rasm

S manbadan tarqalayotgan nurlanish biprizmada sinishi natijasida bir-biri bilan kesishuvchi ikki nurlanish dastasini hosil qiladi. Bu nurlanish dastalari mavhum, kogerent S_1 , S_2 manbalardan chiqayotganday ko'rinadi. Nurlar dastasi

kesishgan B_1OB_2 konusda interferension manzara qorong'i va yorug' polosalari sifatida ko'rinadi.

Sindirish burchagi α ning berilgan qiymatida (qurilmada $\alpha=15'\approx 0,0044$ rad). Qo'shni yorug' polosalar orasidagi masofa x , nurlanishning to'liq uzunligi λ va mavhum manbalardan interferension manzara kuzatilayotgan ekrangacha bo'lgan masofa L ga bog'liq bo'ladi (8.2-rasm).



8.2-rasm

MN ekranda M nuqta olamiz. $MO=x$, $S_1S_2=l$ deb olsak ikki manba orasidagi optik yo'llar farqi $\Delta=S_2M-S_1M=S_2k$. MAO va S_1S_2k uchburchaklarning o'xshashligidan.

$$\frac{S_2k}{l} = \frac{MO}{MA} \quad (8.1)$$

$x \ll L$ bo'lganda $MA=L$ bo'ladi, demak,

$$\frac{\Delta}{l} = \frac{x}{L} \Rightarrow x = \frac{L}{l} \cdot \Delta. \quad (8.2)$$

M nuqtada interferensiya maksimumi kuzatilishi uchun $\Delta=k\lambda$ shart bajarilishi kerak. Unda k tartibdagi maksimumning koordinatasi

$$x_k = \frac{L \cdot k\lambda}{l} \quad (k=0; \pm 1; \pm 2; \dots) \quad (8.3)$$

tenglamadan topiladi.

Ikki maksimum orasidagi masofa

$$\Delta x = x_{k+1} - x_k = \frac{L \cdot \lambda}{l}. \quad (8.4)$$

Ikki maksimum orasidagi masofa Δx , mavhum manbalar orasidagi masofa l , mavhum manbalardan interferensiya kuzatilayotgan ekrangacha bo'lgan masofa L ni o'lchab yorug'likning vakuumdagi to'liq uzunligi λ ni aniqlash mumkin:

$$\lambda = \frac{\Delta x \cdot l}{L}. \quad (8.5)$$

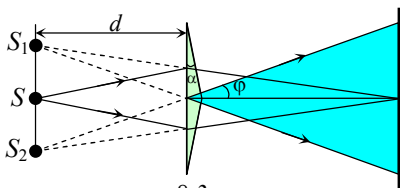
Mavhum manbalar S_1 , S_2 orasidagi masofa l ni 8.3-rasmga ko'ra aniqlanadi.

Biprizma yasalgan moddanning sindirish ko'rsatkichi $n=1,5$, uning sindirish burchagi $\alpha=15'\approx 0,0044$ rad, tirqish va prizma orasidagi masofa d bo'lsin. Biprizmaning sindirish burchagi juda kichik bo'lgani uchun S_1 , S_2 va S lar bir tekislikda yotadi deb hisoblash mumkin.

U holda

$$l=2d \tan \varphi \approx 2d\varphi \quad (8.6)$$

bo'ladi.



8.3-rasm

Og'ish burchagi ϕ biprizmaning sindirish burchagi α bilan $\phi=(n-1)\alpha$ formula orqali bog'langan. Uni (8.6) formulaga qo'ysak, quyidani olamiz

$$l=2d(n-1)\alpha. \quad (8.7)$$

(8.7) ni (8.5) ga qo'yamiz

$$\lambda=2d(n-1)\alpha \frac{\Delta x}{L}. \quad (8.8)$$

Qurilmaga biprizma orqali hosil bo'ladigan interferensiyon polosalarining ekrandagi tasvirini kattalashtirish uchun qisqa fokusli linza 4 kiritilgan (8.4-rasm).

Agar a – linzadan, biprizma va linza orasida hosil bo'luvchi interferensiyon polosagacha bo'lgan masofa, b – linza va ekran orasidagi masofa, $\Delta x'$ – interferensiyon polosaning ekrandagi kengligi bo'lsa, uning haqiqiy kengligi

$$\Delta x = \frac{a}{b} \cdot \Delta x' \quad (8.9)$$

bo'ladi.

a masofa linza formulasidan topiladi, ya'ni

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \Rightarrow a = \frac{b \cdot F}{b - F}. \quad (8.10)$$

(8.9) ni (8.10) ga qo'ysak

$$\Delta x = \frac{F}{b - F} \cdot \Delta x' \quad (8.11)$$

ifoda hosil bo'ladi.

Biprizma va linza orasidagi masofani c deb belgilasak, u holda

$$L = d + c - a = d + c - \frac{b \cdot F}{b - F} = \frac{(d + c)(b - F) - bF}{b - F} \quad (8.12)$$

bo'ladi.

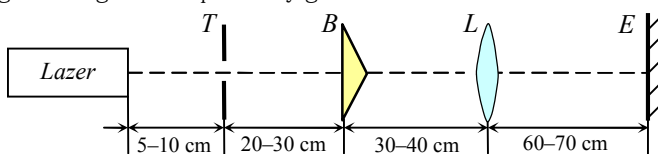
(8.12) va (8.11) ifodalarni (8.8) ga qo'yib quyidagi ifodani olamiz

$$\lambda = \frac{2d(n-1) \cdot \alpha \cdot F}{(d + c)(b - F) - bF} \cdot \Delta x'. \quad (8.13)$$

Kerakli kattaliklarni o'lchash (8.13) ifodadan yorug'likning to'lqin uzunligini aniqlash imkonini beradi.

Ishni bajarish tartibi

- 8.4-rasmdagi sxemaga ko'ra qurilma yig'iladi.



8.4-rasm

- Lazerni ulab, qurilmada qo'llanilayotgan tirqish T , Frenel biprizmasi B , linza L va ekran E markazlarining bir o'qda joylashishini ta'minlanadi. Linzani biprizmaga nisbatan optik taglik bo'ylab harakatlantirib ekran E da yaqqol interferension manzara kuzatiladigan holat aniqlanadi. Interferension polosalar kengligi $\Delta x'$ o'lchanadi. Buning uchun $m=4\div 6$ interferension polosalar maksimumlari yoki minimumlari orasidagi masofa H ni o'lchab $\Delta x' = \frac{H}{m-1}$ formuladan $\Delta x'$ aniqlanadi.
- Bu o'lchashlar 3 marta takrorlanib $\Delta x'$ ning o'rtacha qiymati topiladi. Optik taglik lineykasidan b , c va d masofalar aniqlanadi. (8.13) formuladan to'lqin uzunligi λ hisoblanadi.
- Linza va biprizma orasidagi masofani o'zgartirib yana yaqqol interferension manzara kuzatiladigan boshqa holat aniqlanib 4–6 bandlar bo'yicha o'lchashlar takrorlanadi.
- Ikki o'lchash natijaldriga ko'ra aniqlangan to'lqin uzunliklar uchun $\lambda_{o'r}$ hisoblanadi va jadval to'ldiriladi.

N	H	m	$\Delta x'$	Δx_1	d	s	v	λ	$\lambda_{o'r}$	$\Delta \lambda$	$\Delta \lambda_{o'r}$	$\frac{\Delta \lambda_{o'r}}{\lambda_{o'r}} \cdot 100\%$
1.												
2.												
3.												
1.												
2.												
3.												

Sinov savollari

- Yorug'lik interferensiyasini tushuntiring.
- Kogerent manbalarga ta'rif bering.
- Kogerent to'lqinlarni hosil qilish usullarini tushuntiring.
- Frenel biprizmasida interferension manzara hosil bo'lishini tushuntiring.
- O'lchov formulasini keltirib chiqaring.

9 – laboratoriya ishi

YORUG'LIKNING TO'LQIN UZUNLIGINI NYUTON HALQALARI YORDAMIDA ANIQLASH

Ishning maqsadi: Yupqa pardalardagi interferensiyani, teng qalinlik polosalarini o'rganish. Nyuton halqalari yordamida yorug'likning to'lqin uzunligini aniqlash.

Kerakli asboblari: Mikroskop MBS-9, yorug'lik manbai, filtrlar, Nyuton halqalari tutgichi.

Ishni bajarish uchun asos

1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo'yicha to'liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

Ishni himoya qilish uchun asos

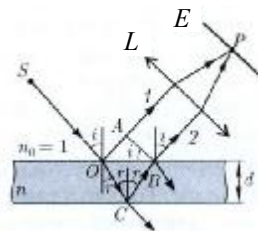
1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

NAZARIY QISM

Tabiiy sharoitda yorug'lik interferensiyasini yupqa pardalarda kuzatish mumkin. Suvning sirtidagi moy pardasi, sovun pufagi, metallarning sirtlaridagi oksid pardalarning rangli ko'rinishi, yupqa pardalardagi yorug'lik interferensiyasining natijasidir.

Sindirish ko'rsatkichi n va qalinligi d bo'lgan shisha plastinkaga i ostida monoxromatik yorug'lik to'liqini tushayotgan bo'lsin (9.1-rasm).

Soddalik uchun bitta nurni tekshiraylik. Parda sirtiga O nuqtada tushayotgan nur qisman qaytib (1-nur), qisman sinadi. Singan nur o'z navbatida C nuqtada qisman qaytadi va qisman sinadi. C nuqtadan qaytgan nur B nuqtada qisman qaytadi va qisman sinib 2-nurni hosil qiladi. 1- va 2- nurlar bir-biriga parallel bo'lib tushish burchagiga teng burchak ostida tarqaladi. 1- va 2- nurlarning optik yo'llari farqi, tushayotgan to'liqinning kogerentlik uzunligidan kichik bo'lsa, ular o'zaro kogerent bo'ladi. Ularning yo'liga yig'uvchi linza L qo'yilsa, linzaning fokal tekisligida interferension manzara hosil bo'ladi. AB tekislikda 1- va 2-nurlarning optik yo'llari farqi



9.1-rasm

$$\Delta n \cdot (OC + OB) - (OA \pm \lambda_0 / 2). \quad (9.1)$$

(9.1) ifodada havoning sindirish ko'rsatkichi $n_0 = 1$ deb qabul qilingan. $\pm \lambda_0 / 2$ had yorug'likning qaytishi natijasida yarim to'liqin uzunligi yo'qolishi bilan bog'liqdir. $n < n_0$ bo'lganda yarim to'liqin uzunligining yo'qotilishi O nuqtada sodir bo'ladi, va (9.1) da $\lambda_0 / 2$ oldida minus ishora bo'ladi. $n < n_0$ bo'lganda yarim to'liqin uzunligining yo'qotilishi C nuqtada sodir bo'ladi va $\lambda_0 / 2$ musbat ishoraga ega bo'ladi. 9.1-rasmga ko'ra

$$OC=CB=d/\cos r; \quad OA=OB\sin i=2d\cdot\tg r\cdot\sin i.$$

Sinish qonuniga ko'ra $\sin i = n \sin r$ bo'lgani uchun

$$\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} \pm \lambda_0/2. \quad (9.2)$$

Biz ko'rayotgan hol uchun

$$\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \lambda_0/2. \quad (9.3)$$

P nuqtadagi maksimum sharti:

$$\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \lambda_0/2 = k\lambda_0, \quad (k=0, 1, 2, \dots). \quad (9.4)$$

Minimum sharti esa

$$\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \lambda_0/2 = (2k+1)\lambda_0/2, \quad (k=0, 1, 2, \dots). \quad (9.5)$$

Tushish burchagi $i=0$ bo'lgan hol uchun

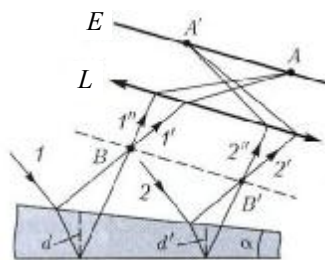
$$\Delta = 2dn + \lambda_0/2 = k\lambda_0, \quad (k=0, 1, 2, \dots). \quad (9.6)$$

$$\Delta = 2dn + \lambda_0/2 = (2k+1)\lambda_0/2, \quad (k=0, 1, 2, \dots). \quad (9.7)$$

(9.4) va (9.5) ifodalardan ko'rinishicha yupqa pardadagi interferension manzara λ_0 , d , n va i larning qiymatlariga bog'liq ekan. λ_0 , d , n larning berilgan qiymatlarida tushish burchagining turli qiymatlariga, turli interferension manzara mos keladi. Yupqa pardaga bir xil burchak ostida tushayotgan nurlarning interferensiyasi *teng og'ish polosalari* nomini olgan.

Teng og'ish polosalari tarqalayotgan nurlar dastasi yassi parallel plastinkaga tushganda kuzatiladi. Teng og'ish polosalari cheksizlikda mujassamlangan. Ularni kuzatish uchun linza va linzaning fokal tekisligida joylashgan ekran qo'llaniladi. Parallel nurlar dastasi qalinligi o'zgaruvchan pardalarga tushganda *teng qalinlik polosalari* kuzatiladi.

Teng qalinlik polosalari hosil bo'lishini parallel nurlar dastasi tushayotgan qirralari orasidagi burchagi juda kichik α qiymatga ega shisha pona misolida ko'rib chiqaylik (9.2-rasm). Ponaga tushayotgan 1 nurning qaytishi va sinishi natijasida hosil bo'lgan nurlarning ichida $1'$ va $1''$ nurlarni ko'raylik. Ular ponaning yuqori va pastki sirtidan qaytishi natijasida hosil bo'lib, B nuqtada kesishadi va interferension manzarani hosil qiladi.

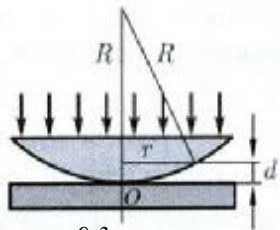


9.2-rasm

(9.3) ga ko'ra $1'$ va $1''$ nurlarning optik yo'llari farqi nur tushgan nuqtada ponaning qalinligi d ga bog'liq bo'ladi. 2-nurning bo'linishi natijasida hosil bo'lgan $2'$ va $2''$ nurlar B' nuqtada kesishadi va ular uchun interferensiya sharti d' qalinlikka bog'liq bo'ladi. Natijada interferension polosalar sistemasi hosil bo'lib, har bir polosa ponaning bir xil qalinlikka ega bo'lgan nuqtalaridan yorug'likning qaytishi natijasida hosil bo'ladi.

Teng qalinlik polosalalari ponaning sirti yaqinida mujassamlashgandir. Yorug'lik normal tushganda teng qalinlik polosalalari ponaning sirtida mujassamlangan.

Yassi parallel plastinka ustiga qavariq tomoni bilan joylashtirilgan yassi qavariq linza hosil qilgan havo tirqishidan yorug'likning qaytishi natijasida hosil bo'lgan Nyuton halqalari teng qalinlik polosalariga misol bo'ladi (9.3-rasm). Linzaning yassi sirtiga normal tushgan parallel nurlar dastasi linza va yassi plastina hosil qilgan havo tirqishining yuqori va pastki sirtidan qaytishi natijasida hosil bo'lgan nurlar ustma-ust tushishi natijasida kontsentrik halqalar ko'rinishiga ega interferension manzara hosil bo'ladi. Qaytgan nurlarning optik yo'llari farqi



9.3-rasm

$$\Delta = 2d + \lambda_o / 2 \quad (9.8)$$

bo'ladi, chunki $n=1$, $i=0$; d – havo tirqishi qalinligi. 9.3-rasmdan $R^2 = (R-d)^2 + r^2$, bu yerda R – linzaning egrilik radiusi, r – havo tirqishining qalinligi d bo'lgan nuqtalarning geometrik o'rni bo'lgan halqaning radiusi. d juda kichikligini hisobga olsak: $d = r^2 / 2R$ ga teng bo'ladi. Natijada

$$\Delta = \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda_o}{2} \quad (9.9)$$

bo'ladi. (9.9) ni (9.6) va (9.7) ga tenglasak k - yorug' halqaning radiusi

$$r_k = \sqrt{\left(k - \frac{1}{2}\right) \lambda_o R} \quad (9.10)$$

ekanligi kelib chiqadi.

k - qorong'i halqaning radiusi esa quyidagicha bo'ladi

$$r_k = \sqrt{k \lambda_o R}, \quad (k=0, 1, 3, \dots). \quad (9.11)$$

Nyuton halqalari radiusini o'lchab olsak, linzaning egrilik radiusi R ni bilgan holda yorug'likning to'lqin uzunligi λ_o ni aniqlash mumkin.

Yorug' va qarong'i halqalar faqat monoxromatik yorug'lik qo'llanilganda hosil bo'ladi. Oq yorug'lik qo'llanilganda har xil to'lqin uzunlikka ega to'lqinlar har xil radiusli halqalarni hosil qiladi va interferension manzara rangli bo'ladi.

Nyuton halqalarini o'tayotgan nurlanishda ham kuzatish ham mumkin.

Qaytgan nurlarda kuzatilayotgan yorug' halqalarga o'tayotgan nurlarda qarong'i halqalar to'g'ri keladi.

Linza va plastina bir-biriga tekkan O nuqtada (9.3-rasm) juda kichik chang zarralarining bo'lishi ham Nyuton halqalari radiusini o'zgartirib yuboradi, natijada yorug'likning to'lqin uzunligini aniqlashda katta xatolik ro'y beradi. Bu xatolikni bartaraf etish uchun ikki turli interferension halqalar radiuslari r_k va r_l larni o'lchab olib, to'lqin uzunligini

$$\lambda = \frac{r_k^2 - r_i^2}{(k-i) \cdot R} \quad (9.12)$$

formula bo'yicha hisoblanadi.

(9.12) formula ham yorug', ham qorong'i halqalar uchun o'rinalidir.

Ishni bajarish tartibi

1. Mikroskopning o'ng tubusiga svetofiltr va yoritgichni o'rnatish. Mikroskop tagligiga Nyuton halqalari tutgichini joylashtirish. Yoritgichni yoqish, mikroskopni 8 marta kattalashtirishga moslash. Mikroskop okulyarini sozlab interferensiyalarning yaqqol ko'rinishini ta'minlash.
2. Bir-biridan $i-k > 5$ ga farq qiluvchi ikki qorong'u halqalarning radiuslarini okulyar mikrometr yordamida o'lchab oling va jadvaldan foydalanib ularni metrda ifodalang.

1-jadval

Okulyarning kattalashtirishi	Mikroskop tutgichi kattalashtirishi	Bir bo'lim bahosi (mm)
8	0,6	0,17
	1	0,1
	2	0,05
	4	0,025
	7	0,014

3. Mikroskop okulyarini o'z o'qi atrofida burib tanlangan halqalar radiuslarini 4÷5 marta o'lchang. Natijalarini 2-jadvalga yozing va λ_0 ni hisoblang.

2-jadval

N	i-k	Bo'lim soni		r_i	r_k	λ_0	$\lambda_{o'r}$	$\Delta\lambda$	$\Delta\lambda_{o'r}$	$\frac{\Delta\lambda_{o'r}}{\lambda_{o'r}} \cdot 100\%$
		$2r_i$, m	$2r_k$, m							
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										

Sinov savollari

1. Qorong'i va yorug' interferensiyalarning hosil bo'lishini tushuntirib bering.
2. Interferensiyalarning maksimum va minimumlar shartini yozing.
3. Teng qalinlik va teng og'ish polosalari hosil bo'lishini tushuntirib bering.
4. Ishchi formulani keltirib chiqaring.

10 – laboratoriya ishi

LAZER NURLARINING FAZOVIIY KOGERENTLIGINI YUNG USULI ORQALI TEKSHIRISH

Ishning maqsadi: uzluksiz ishlovchi *He-Ne* gaz lazerining tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishish va lazer nurining fazoviy kogerentligini ikki tirqish orqali interferensiyasi orqali tadqiq qilish.

Kerakli asboblار: geliy-neonli (*He-Ne*) lazer, linza, xira shisha, tirqishli ekran, ko'rish trubasi.

Ishni bajarish uchun asos

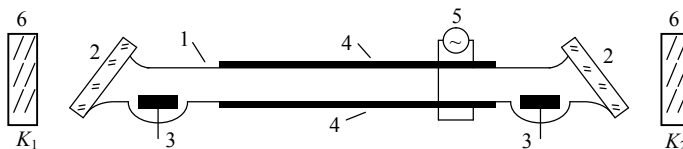
1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo'yicha to'liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

Ishni himoya qilish uchun asos

1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

NAZARIY QISM

Gazli lazerning tuzilishi 10.1-rasmda ko'rsatilgan. Gazli lazer K_1 va K_2 ko'zgular orasiga joylashtirilgan aktiv element (10.1-rasm) va katta kuchlanish manbaidan iboratdir (u rasmda ko'rsatilmagan).



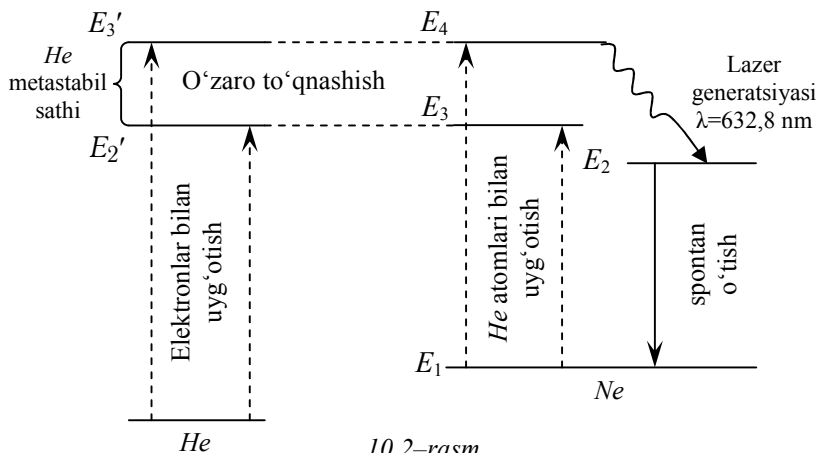
10.1–rasm. *He-Ne* lazeri konstruksiyasining chizmasi.

1. razryad nayi, 2. Bryuster burchagi ostida qo'yilgan shisha qoplamalar, 3. doimiy tokli razryad olish uchun o'rnatilgan elektrodlar, 4. razryad nayining ustki ikki yuzasida uning uzunligi bo'ylab quyilgan metal elektrodlar, 5. yuqoti chastotali elektromagnit maydon generatori, 6. optik rezonator ko'zgulari.

He-Ne gazli lazerning aktiv elementi ichki diametri 5÷10 mm, uzunligi bir necha 10 cm ga teng bo'lgan gaz razyadli trubkadan iboratdir. Trubka partial bosmlari mos ravishda 1 mm sim. ust. va 0,1 mm sim. ust. ga ega bo'lgan geliy va neon bilan to'ldirilgan. Nurlanishning yo'qolishiga imkon bermaslik uchun trubkaning uchlari Bryuster burchagi ostida joylashtirilgan yassi-parallel shisha plastinkalar bilan berkitilgan.

Razryad trubkasining elektrodlariga 1,5÷2 kV kuchlanish berilganida elektr razryadi boshlanadi va u trubkaning yorqin shulalanishi tarzda kuzatiladi. Trubkaning razryadlovchi toki bir necha o'n milliamperglassacha yetadi. Fabri-Pero rezonatorini hosil qilish uchun sferik – K_1 va yassi – K_2 ko'zgularning

o'tkazuvchanlik koeffitsientlari mos ravishda 2% va 1% chamasi bo'ladi. Rezonatordan nurlanishni chiqarish uchun 3% ko'zgu xizmat qiladi. Geliy-neon lazerida ishchi modda sifatida neondan foydalaniladi. Lazer nurlanishini uyg'otish uchun neon ishchi o'tish sathlarni invers bandligini hosil qilish zarurdir. Agar yuqori energiyali sathning bandligi quyi energiyali sathning bandligidan katta bo'lsa, u holda bunday sistema invers bandlikka ega yoki manfiy temperaturali sistema deyiladi. Oddiy sharoitlarda sathlarning bandligi Boltsman taqsimoti $n=n_0 e^{-E/(kT)}$ ga bo'ysunadi, ya'ni sathning energiyasi E qanchalik katta bo'lsa, shu sathdagi elektronlar soni shunchalik kam bo'ladi. Geliy-neonli lazerdagi invers bandlik uyg'otilgan geliy atomlarni, neon atomlari bilan to'qnashishi natijasiga yuzaga keladi. Mazkur jarayon ikki bosqichda o'tadi. Nurlanishni generatsiyalash jarayonini tushunish uchun geliy-neonning energetik sathlarni ko'rib chiqaylik. Geliy uzoq muddat yashovchi (metastabil) (10.2-rasm) ikkita E_2' va E_3' sathlarga ega. Elektronning mazkur sathlarda yashash vaqti $\sim 10^{-3}$ s (oddiy sathlarda 10^{-8} s). Mazkur holatlarga gaz razryadi jarayonida elektironlarning to'qnashuvi natijasida uyg'otiladi. Yashash vaqti juda katta bo'lganligi uchun razryadda metastabil atomlar kontsentratsiyasi nihoyatda kattadir. Geliy sathlarning E_2' energiyalari neon sathlarning E_3 va E_4 energiyasiga juda yaqin. Shuning uchun ularning urilishi natijasida uyg'otish energiyasi geliy atomlaridan neon atomlarga uzatiladi. U 10.2-rasmda gorizontaal punktir strelka bilan ko'rsatilgan. Buning natijasida E_3 va E_4 sathlardagi elektironlarning kontsentratsiyasi keskin ortib ketadi va E_3 hamda E_4 sathlarning invers bandligi yuzaga keladi. Sathlari invers bandlikka ega bo'lgan aktiv muhit optik nurlanishni ishchi o'tish chastotasida ko'paytirish qobiliyatiga egadir. Energiyasi E_1 sathdan energiyasi E_2 sathga spontan (o'z-o'zidan) o'tishlar to'liq uzunligi $\lambda \approx 632,8$ nm bo'lgan nurlanishni vujudga keltiradi.



10.2-rasm

Mazkur nurlanish rezonator ko'zgularidan qaytishi va aktiv muhit orqali o'tishi natijasida E_4-E_1 majburiy o'tishni vujudga keltiradi va u $\lambda \approx 632,8$ nm to'liq uzunligi nurlanishni eksponentsial qonun bo'yicha kuchaytiradi. Kuchayishlar yo'qotishlardan katta bo'lganda (yo'qotishlar ko'zgularidan noideal qaytish natijasida

hosil bo'ladi) K_2 ko'zgu orqali chiqariluvchi lazer nurlanishi generatsiyalanadi. Mazkur nurlanish yuqori vaqtiy va fazoviy kogirentlikka egadir. Uning tarqalishi (yoyiluvchanligi) difraksiyasi chegaraga yaqinlashadi. Geliy-neon lazeri nurlanishining quvvati bir millivatt dan bir necha o'n millivattgacha qiymatga ega.

Yorug'likning (nurlanishning) kogirentligi va monoxromatikligi

Yorug'likning nurlanishi atomning uyg'otilgan holatidan asosiy holatiga o'tishida, ya'ni sathlar orasidagi energiyalar farqi yorug'lik to'lqiniga aylanganda, hosil bo'ladi. Nurlanish jarayoni 10^{-8} s chamasi davom etadi. Shu vaqt ichida atom o'zidan uzunligi 3 m ga teng bo'lgan to'lqinlar tizmasi tarqatadi.

Oddiy shraoitlarda, turli atomlar nurlanish jarayoni tasodifiy yo'nalishda ro'y beradi, ya'ni turli atomlar nurlanishlari fazasi turlicha tasodifiy qiymatlarga ega bo'lishi mumkin. Buning natijasida nurlanishlar o'zaro qo'shilganda ham, ularning fazalari tasodifiy o'zgarganligi tufayli interfrentsiya manzarsi kuzatilmaydi, ya'ni nurlanish nokogirent bo'ladi. Kogirent nurlanish deganda atom nurlanishi fazasi doimiy yoki boshqa atomlar nurlanishlari fazasiga nisbatan yetarlicha sekin o'zgarish holi tushiniladi.

Lazer nurlanishi kogirentdir, chunki juda ko'p atomlarning nurlanishi deyarli bir vaqda ro'y beradi, demak ularning fazalari bir xil bo'ladi. Ikki xil kogirentlikni farq qiladilar: vaqtiy va fazoviy kogirentlik. Agar ikki to'lqin fazalari ayirmasi yetarlicha sekin o'zgarsa, u holda tebranishlar qandaydir vaqt davomida toki ularning fazalari farqi $\Delta\phi$ bilan solishtirish darajasiga yetgunga qadar, kogirent bo'lib qoladi. Ikki to'lqin fazalari farqi $\Delta\phi$ ga o'zgaradigan vaqt intervaliga *kogirentlik vaqti* t_{kog} deyiladi. Kogirentlik vaqti tushunchasi fazasi tasodifiy o'zgaruvchi bitta to'lqin uchun ham ma'noga ega. Bu holda t vaqtda to'lqin ayni o'zining dastlabki fazasini unutgandek bo'ladi, ya'ni o'z-o'ziga nisbatan kogirent bo'lib qoladi. $t > t_{kog}$ bo'lganda to'lqinning bir qismi boshqa qismiga nisbatan interfrentsiyalashish qobiliyatini yo'qotadi. Kuztish vaqti $t_{kuz} > t_{kog}$ bo'lgan holdagina ikki kogirent to'lqin qo'shilganda interfrentsiya kuzatiladi, aks holda interfrentsiya kuzatilmaydi. Kogirentlik vaqti davomida to'lqin ko'chadigan masofa *kogirentlik uzunligi* deyiladi: $l_{kog} = c \cdot t_{kog}$. Masalan, quyosh nuri uchun $t_{kog} = 10^{-14}$ s, $l_{kog} = 3 \cdot 10^{-6}$ m; lazer nurlanishi uchun $t_{kog} = 10^{-5}$ s, $l_{kog} = 3 \cdot 10^3$ m. To'lqinlarning monoxromatikligi tushunchasi, vaqtiy kogirentlik bilan chambarchas bog'langan.

Aniq qilib aytganda tabiatda monoxromatik to'lqinlar yo'q. Qat'iy biror chastotaga ega bo'lgan, kengligi $\Delta\omega \rightarrow 0$ to'lqinlarni monoxromatik to'lqinlar deb ataladi. Nurlanish jarayoni shunchalik qisqa vaqt davom etar ekanki (10^{-8} s), unda har qanday ω chastotali to'lqin chekli $\Delta\omega = 2\pi\Delta\nu = 2\pi/t_{nur}$ kenglikda bo'ladi. Kogirentlik vaqti monoxromatiklik bilan quyidagi munosabat orqali bog'lanadi:

$$t_{kog} = \frac{\pi}{\Delta\omega} - \frac{1}{\Delta\nu},$$

ya'ni to'lqin qanchalik monoxromatik ($\Delta\omega \rightarrow 0$) bo'lsa, shunchalik kogirentlik vaqti katta va aksincha. Vaqtning huddi shu momentining o'zida to'lqin tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan tekislikning turli nuqtalarda yuz beradigan kogirent tebranishlar *fazoviy kogirentlik* deb ataladi. Masalan, nuqtaviy manba

tarqatayotgan yorug'lik to'liqini to'liq fazoviy kogerentlikka ega bo'ladi. Ideal yassi to'liqin ham to'liq fazoviy kogerentlikka ega, chunki to'liqinning tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan tekislikning barcha nuqtalarda amplituda va fazo bir xil. Fazoviy kogerentlik to'liqinning tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan bir tekislikdagi nuqtalar orasidagi masofa fazoviy kogerentlik uzunligi bilan xarakterlanadi. Lazer nurlanishi uchun fazoviy kogerentlik uzunligi lazer nuri dastasi kengligiga teng. Boshqa so'z bilan aytganda lazer nurlanishi dastasining turli qismlarini ustma-ust tushirsak, interferension manzara kuzatiladi. Mazkur ishda huddi shuni isbotlash kerak edi.

Ishni bajarish tartibi

- 10.3-rasmga ko'ra optik sxema yig'ladi.
- Ikki tirqishli ekranni olib tashlab ko'rish trubkasida nurlanish taqsimotini kuzating.
- Linza xira shishaga nisbatan siljitib ko'rish trubasiga tushayotgan nurlanishning donadorligini ta'minlaydi. Linzadan xira shishagacha bo'lgan masofa linza ning fokus masofasi F ga teng bo'ladi. Linza oldiga qog'oz varag'ini joylashtirib lazer nurlanishi diametri D ni o'lchab oling.



- 1-lazer, 2- linza va xira shisha pilastina, 3-ikki tirqishli ekran, 4- ko'rish trubkasi.
- Xira shisha plastinani optik taglik bo'ylab siljitib ikki tirqish donador nurlanishning bir donasi bilan yoritishni ta'minlang. Xira shisha plastinani o'z o'qi atrofida aylanma harakatga keltirib ikki tirqishli ekrandan o'tgan nurlanish interferensiyasini ko'rish trubasida kuzating. Xira shisha plastina aylangan holatda ikki tirqishli ekranni xira shisha tomonga interferension manzara yo'qolgan nuqtada ikki tirqishli ekranda xira shishagacha bo'lgan masofa a ni o'lchab oling. Linza ning fokus masofasi F Lazer nurlanishi diametri D ga ko'ra ikki tirqishli ekran tushayotgan nurlanish dastasi diametrini hisoblang .
 - Xira shisha pilastinadan ikki tirqishli ekrangacha bo'lgan masofa a va ikki tirqish orasidagi masofa h ga ko'ra kogerentlik burchagi $2\omega = h/a$ ni hisoblang.
 - Fazoviy kogerentlik sharti bajarilishini $\lambda = 633 \text{ nm}$ to'liqin uzunligi uchun tekshiring.

Sinov savollari

- Geliy-neon lazerning tuzilishi va ishlash prinsipini tushintirib bering.
- Nurlanishning vaqtiy va nurlanishning monoxromatikligi qanday bog'langan?
- Kogerentlik vaqti va nurlanishning monoxromatikligi qanday bog'langan?
- $l_{kog} = 0,2 \text{ m}$ uchun kogerentlik vaqti t_{kog} ni nurlanish spektral kengligi (yo'li) ΔD to'liqin uzunliklari intervali $\Delta \lambda$ ni muayan uzunliklari $\lambda = 632,8 \text{ nm}$, $\lambda = 1060 \text{ nm}$ uchun $l_{kog} = c / \Delta \gamma = \lambda^2 / \Delta \lambda$; $t_{kog} = 1 / \Delta \gamma = \lambda^2 / c \Delta \lambda$ formulalar bo'yicha hisoblang.

11 – laboratoriya ishi

YORUG'LIKNING DIFRAKSIYA HODISASINI O'RGANISH

- Ishning maqsadi:** Geometrik optikaning qo'llanish chegarasini aniqlash; yorug'lik manbalarining o'lchamlarini aniqlashdagi difraksiyon panjara yordamida yorug'likning to'liq uzunligini aniqlash.
- Kerakli asboblari:** yorug'lik manbai, difraksiyon panjara, chizg'ich.

Ishni bajarish uchun asos

1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo'yicha to'liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

Ishni himoya qilish uchun asos

1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

NAZARIY QISM

Yorug'lik nurining kichik tirqishdan o'tishi natijasida og'ishiga yoki to'siqni aylanib o'tishiga **difraksiya hodisasi** deyiladi.

Oddiy sharoitlarda yorug'lik to'liqlarining difraksiya hodisasi kuzatilmaydi.

Yorug'lik difraksiyasini kuzatish uchun maxsus shart-sharoitlar yaratish zarur.

Buning sababi, avvalo yorug'likning to'liq uzunligi λ to'siqlar (yoki tirqishlar) «a» o'lchamlaridan ko'p marta kichik bo'lishidir.

Shuning uchun difraksiyani, ya'ni yoritilganlikning oddiy tasvirdan farqlanishini kuzatish (geometrik optika asosida) to'siqqa nisbatan katta l masofalarda ($l \gg a^2/\lambda$) mumkin bo'ladi.

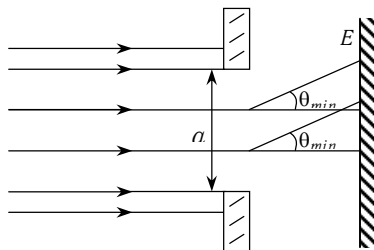
Misol uchun o'zgaruvchan tirqishning kengligidan to'liq fronti yassi bo'lgan yorug'likning (lazer nuri dastasining)

o'tishida quyidagi tasvirni kuzatish mumkin (13.1-rasm). Tirqish kengligi a nisbatan katta bo'lganda ($l \gg a^2/\lambda$) tirqish kengligini kamayishi tasvir o'lchamining kamayishiga olib keladi.

Tirqish kengligi a to'liq o'lchamiga tenglashgani sari ($l \gg a^2/\lambda$) tasvir o'lchami kuzatilayotgan masofada kattalashib boradi va bir necha tasvirlarga ajralib ketishi mumkin.

Difraksiya hodisalarini Gyuygens-Frenel prinsipi asosida tushuntirish mumkin. Bu prinsipga asosan **to'liq sirtining har bir nuqtasini ikkilamchi sferik to'liqlar manbalari sifatida qarash mumkin**.

Shuning uchun ekranning biror nuqtasidagi yorug'lik tebranishlarini, shu nuqtaga keluvchi ikkilamchi to'liqlarning amplituda va fazalarini e'tiborga olib, ularning qo'shilishidan iborat deb qarash mumkin.



13.1-rasm. Cheklangan nur dastasining burchakli yoyilishi

Yassi to'qlinning tirqishdan o'tishidagi to'qlin frontining cheklanishi nurlarning og'ishiga olib keladi: ko'ndalang kesimi chegaralangan yorug'lik oqimi tarqalgan sari kengayib boradi. Ikkilamchi to'qlinlarning interferensiya natijasida so'nishi ro'y beradigan eng kichik θ_{min} difraksiya burchagi, to'qlin sirtining tirqish a kengligining yarmiga teng masofada turuvchi nuqtalaridan keluvchi nurlarning Δ yo'l farqi kamida $\lambda/2$ ga teng bo'lish shartidan aniqlanadi:

$$\Delta = \frac{a}{2} \sin \theta_{min} \approx \frac{a}{2} \theta_{min} = \frac{\lambda}{2}, \text{ ya'ni } \theta_{min} \approx \frac{\lambda}{a}. \quad (13.1)$$

To'qlinlarning to'la so'nishi ushbu

$$\theta_n = n\lambda/a \quad (n=1,2,3...) \quad (13.2)$$

shartni qanoatlantiruvchi yo'nalishlarda ro'y beradi.

Tirqish kengligi qanchalik kichik bo'lsa nur dastasi shunchalik katta burchakka yoyiladi. Difraksion kengayishning nur dastasini boshlang'ich a kengligiga teng bo'lishini ta'minlovchi tirqishdan ekrangacha bo'lgan l masofa, $l\theta_{min} \approx a$ shartdan aniqlanadi. Yuqorida aytilganidek $\theta_{min} = \lambda/a$ bo'lsa, u holda

$$l \approx a^2/\lambda \quad (13.3)$$

bo'ladi.

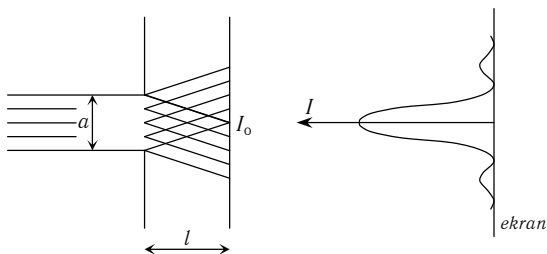
(13.3) formuladagi munosabatdan kattaliklarning o'zaro nisbatiga qarab uchta holni ko'rish mumkin:

- 1) $a^2/(\lambda l) \gg 1$ – geometrik optika holi; bu holda tirqish kengligi a katta, yoki tirqishdan kuzatish nuqtasigacha bo'lgan l masofa $l \approx a^2/\lambda$ masofadan kichik bo'lgani uchun, yoritilganlik taqsimoti geometrik optika qonuni asosida qoniqarli tushuntirilishi mumkin (soyaning chegarasi aniq ko'rinadi);
- 2) $a^2/(\lambda l) \approx 1$ – Frenel difraksiyasi;
- 3) $a^2/(\lambda l) \ll 1$ – Fraunhofer difraksiyasi.

Yorug'lik difraksiyasi hodisasining bir nechta sodda hollarini ko'raylik.

Doiraviy tirqishdan Frenel difraksiyasi

Yorug'lik (lazer) nuri yo'lga diametri a bo'lgan doiraviy teshikli to'siqni qo'yaylik. Difraksiya natijasida ekranda hosil bo'lgan tasvir 13.2-rasmda keltirilgan. Ekran markazida yorug' yoki qora dog' ko'rinishi mumkin va ular davriy ravishda almashinib turuvchi doiraviy yorug' yoki qora halqalar bilan o'ralgan bo'ladi.



13.2-rasm

Difaksion manzaraning markazidagi yorug'likning intensivligi teshik o'lchamiga va undan ekrangacha bo'lgan masofaga bog'liq. Agar

$$a^2 / (4l\lambda) = m = 2n - 1, \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (13.4)$$

bo'lsa, ekran markazida yorug'lik intensivligi maksimum bo'ladi. Agar

$$a^2 / (4l\lambda) = m = 2n, \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (13.5)$$

bo'lsa ekran markazida minimum bo'ladi. (13.4) va (13.5) formulalardagi m parametr Frenelning ochiq sohalar sonini bildiradi.

Markaziy dog'ning o'lchami taxminan $\sqrt{\lambda l}$ ga teng bo'ladi.

Tirqishdan Fraunhofer difraksiyasi

Bo'yi cheksiz uzun (odatda enidan bo'yi ko'p marta uzun bo'lgan) tirqishga yassi yorug'lik to'liqini tushayotgan bo'lsin. Tirqishdan so'ng linza qo'yaylik va linzaning fokal tekisligiga esa, ekran joylashtiraylik. Tushayotgan to'liqin sirti, tirqish tekisligi va ekran bir-birlariga nisbatan parallel bo'lsin. Kengligi a tirqishdan o'tgan to'liqin energiyasi oqimining burchak taqsimoti quyidagicha bo'ladi (13.3-rasm):

$$I(\theta) = I_0 \left[\frac{\sin U}{U} \right]^2 \quad (13.6)$$

bu yerda $U = \pi a \theta / \lambda$ hamda I_0 – difraksiyon manzara markazidagi yorug'lik intensivligi.

Difraksiyon manzaradagi markaziy maksimumga to'la energiyaning 85% i to'g'ri keladi, shuning uchun (13.1) formuladagi θ_{min} ni yorug'likning difraksiyon yoyilishi burchak o'lchami sifatida qarash mumkin.

Intensivlikning minimumlar soni tirqish a kengligining to'liqin uzunligiga bo'lgan munosabati bilan aniqlanadi. (13.2) formuladan $n\lambda/a \leq 1$ (ya'ni $\sin\theta_n \approx \theta_n \leq 1$) uchun

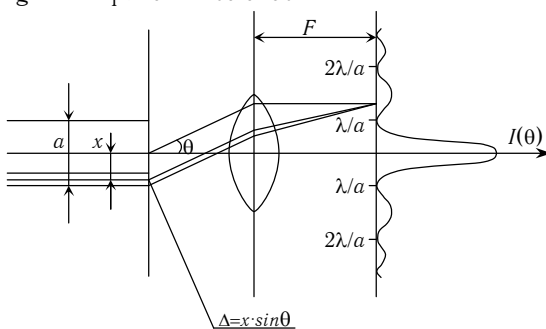
$$n \leq a / \lambda \quad (13.7)$$

bo'ladi.

Tirqish enining o'lchami to'liqin uzunligidan kichik bo'lsa, minimumlar umuman paydo bo'lmaydi. Bu holda intensivlik difraksiyon manzara markazidan chetlariga qarab bir tekis kamayib boradi.

(13.4) va (13.7) formulalarni solishtirish natijasida quyidagi xulosaga kelish mumkin. Agar tirqish kengligi Frenel markaziy sohasining kichik qismini ko'rish imkonini bersa ($m \ll 1$), Fraunhofer difraksiyasi kuzatiladi. Bu holda intensivlikning taqsimoti 13.3-rasmdagi markaziy egri chiziq bilan ifodalanadi.

Agar tirqishning kengligida Frenel sohalarining kerakligicha soni kuzatilsa ($m \approx 1$), ekranda markaziy maksimumning yonlarida yorug' va qorong'i yo'llar hosil bo'ladi (13.3-rasm). Va nihoyat tirqishning kengligidan katta miqdorda Frenel sohalar ($m \gg 1$) ko'rinsa, bu holda ekranda tirqishning bir tekis yoritilgan tasviri hosil bo'ladi. Faqat tasvirning geometrik soyasi chegarasida, ko'z bilan qiyalib



13.3–rasm

ko'rsa bo'ladigan, ingichka yorug' va qorong'i yo'lkalarni kuzatish mumkin. 13.3-rasmdan ko'rinib turibdiki, ekrandagi birinchi minimumning x holati quyidagicha aniqlanishi mumkin

$$x = F \cdot \operatorname{tg} \theta \approx F \cdot \sin \theta = F \theta.$$

Bundan

$$\theta = x / F, \quad (13.8)$$

bu yerda F – linzaning fokus masofasi.

(13.8) formulani (13.2) ga qo'yib birinchi minimum holatini aniqlash ifodasini olamiz:

$$x / F = \lambda / a \quad \text{yoki} \quad \lambda = ax / F \quad (13.9)$$

Shunday qilib tirqish enining o'lchami va linzaning F fokus masofasini bilgan holda difraksion manzaradagi birinchi minimum x holatini o'lchab λ to'lqin uzunligini aniqlash mumkin.

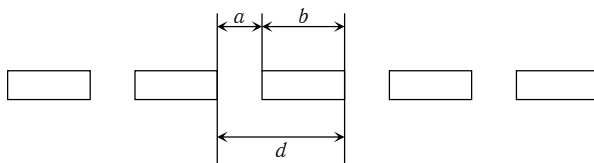
Difraksion panjara

Yorug'likning difraksiya hodisasini difraksiya hosil qiluvchi panjara yordamida ham kuzatish mumkin. Difraksiya hosil qiluvchi panjara deganimizda shaffof shisha plastinkaga davriy ravishda parallel qilib, nurni o'tkazmaydigan qora chiziqlar tushirilgan, oralari esa nurni o'tkazuvchi optik moslamaga aytiladi. Demak qora chiziqlar orasini tirqish deb qarash mumkin (tirqishlar soni 1 mm da 1700 ta gacha bo'lishi mumkin). Difraksiya hosil qiluvchi panjaraning d davri deganda, qora chiziqlar eni b bilan tirqishlar eni a yig'indisiga aytiladi. (13.4-rasm).

Demak

$$d = a + b \quad (13.10)$$

Difraksiya hosil qiluvchi (difraksion) panjaraning sirtiga parallel nurlar dastasi (yassi to'lqinlar) tushayotgan bo'lsin. Gyuygens-Frenel prinsipiga asosan difraksion panjaradagi tirqishning har bir nuqtasini turli yo'nalishlarda nurlar tarqatish markazi deb qarash mumkin.



13.4-rasm

Tirqishlardan chiqayotgan nurlar o'zaro interferensiyalashadi va bir xil yo'nalishlarda bir-birini kuchaytiradi, boshqa yo'nalishlarda susaytirishi, mumkin. Difraksiyalashgan nurlarning interferensiyasi natijasida linzaning fokal tekisligida joylashgan ekranda tiniq maksimum va minimumli intensivlik taqsimotiga ega bo'lgan difraksion manzara hosil bo'ladi. (13.5-rasm).

Manzaradagi bosh maksimumlarga bo'lgan θ_n yo'nalishlar (ularning fokal tekislikdagi holati) qo'shni tirqishlardan chiqqan ikkilamchi to'lqinlarning o'zaro kuchayishidan aniqlanadi (yo'l farqi butun songa karrali to'lqin uzunligiga teng):

$$d \sin \theta_n = \pm k \lambda, \quad (13.11)$$

bu yerda k – har qanday butun ($0, \pm 1, \pm 2, \dots$) son. Bu son markaziy maksimumdan

boshlab, qolgan maksimumlar tartibini (nomerini) bildiradi.

Bosh maksimum

uchun $k=0$, $\sin\theta=0$

bo'ladi va uning yorqinligi katta bo'ladi. Undan chapda va o'ngda 1-chi, 2-chi va hokazo tartibli yoritilganlik maksimumlari bo'ladi. Agar difraksiyalanayotgan nur monoxromatik bo'lsa, maksimumlar oralig'i ingichka qorong'i yo'lkalar bilan ajralgan bo'ladi.

Nolinchi va n tartibli maksimumlar

orasidagi x_n -masofa quyidagi ifoda bilan aniqlanadi.

$$x_k = F \tan \theta_k \approx F \sin \theta_k \quad (13.12)$$

Difraksiyaning kichik burchaklarida $\tan \theta_n \approx \sin \theta_n$ deb qarashimiz mumkin. Shuning uchun (13.11) va (13.12) formulalardan quyidagi munosabatni olish mumkin:

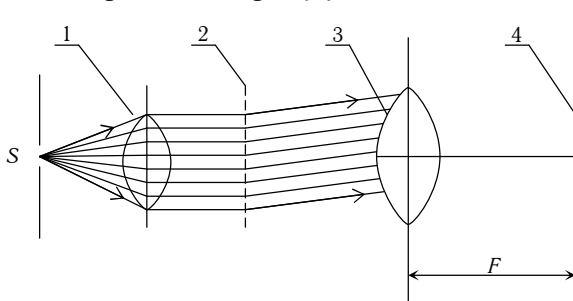
$$dx_k / F = k \lambda. \quad (13.13)$$

Bu ifodadan ko'rinib turibdiki, bizga λ – to'liq uzunligi, F – linzaning fokus masofasi ma'lum bo'lsa, x_k – kattalikni o'lchash natijasida panjaraning d – doimiysini aniqlash mumkin.

$$d = a + b = F k \lambda / x_k \quad (13.14)$$

Ishni bajarish tartibi

1. Qurilmaning 13.6-rasmda ko'rsatilgandek qilib yig'ing. Ekranni linzaning fokal tekisligida joylashtiriladi.



13.6–rasm

2. Difraksiyon panjara tirqishdan 50÷70 cm uzoqlikda optik taglikka o'rnatiladi.
3. Yorug'lik manbai tok manbaiga ulanadi va difraksiyon panjara orqali difraksiyon manzara kuzatiladi.
4. Tirqishdan difraksiyon panjaragacha bo'lgan Z masofa o'lchanadi.

5. Tirqishning chap va o'ng tomonida joylashgan birinchi va ikkinchi tartibli qizil, yashil va binafsha nurlarning maksimumlarigacha bo'lgan l_1 va l_2 masofalar o'lchanadi va ular uchun o'rtacha masofa $l_{o'r}=(l_1+l_2)/2$ hisoblanadi.
6. $tg\varphi=l_{o'r}/Z$ nisbat topiladi. Kichik burchaklar uchun $tg\varphi=sin\varphi\approx l_{o'r}/Z$ bo'lganligi uchun (13.11) formula quyidagi ko'rinishga keladi: $d\cdot l_{o'r}/Z=\pm k\lambda$. Bu formuladan to'liq uzunligini topsak

$$\lambda=d\cdot l_{o'r}/(kZ)$$

bo'ladi. Bu formula bo'yicha to'liq uzunliklarini hisoblaymiz.

1. Yorug'lik manbai; 2. difraksion panjara; 3. linza; 4. ekran.

7. O'lchash va hisoblash natijalarini quyidagi jadvalga yozamiz

Rang	d, m	k	Z, m	l_1, m	l_2, m	$l_{o'r}, m$	$\lambda, \mu m$	$\langle \lambda \rangle$	$\Delta \lambda$	$\langle \Delta \lambda \rangle$	ε
Binafsha		1									
		2									
yashil		1									
		2									
qizil		1									
		2									

8. Tajribadagi o'lchashlarning xatoliklarini aniqlanadi.

Sinov savollari

1. Difraksiya hodisasini tushuntiring va difraksiya kuzatish shartini yozing.
2. Gyuygens va Gyuygens-Frenel prinsiplarini tushuntiring.
3. Bir tirqish orqali difraksion manzarani chizing va difraksion maksimum va minimumlarning hosil bo'lishini tushuntiring.
4. Difraksion panjara uchun maksimum va minimum shartlarini yozing.

12 – laboratoriya ishi

YORUG'LIKNING QUTBLANISH HODISASINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: Malyus qonunini o'rganish; Bryuster qonunini o'rganish. Chiziqli qutblangan yorug'likdan doiraviy va elliptik qutblangan nurlanish olish.

Kerakli asboblari: yorug'lik manbai, qutblantirgich, qabul qilgich, milliampermetr.

Ishni bajarish uchun asos

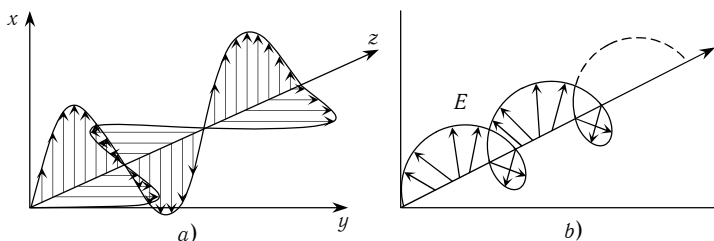
1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo'yicha to'liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

Ishni himoya qilish uchun asos

1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

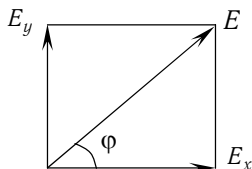
NAZARIY QISM

Elektromagnit yorug'lik to'qlinida elektr va magnit vektorlari tartibli ravishda tebransa bunday to'lqiniga *qutblangan to'qlin* deyiladi. Agar berilgan nuqtadan elektromagnit to'qlini o'tayotganda elektr maydon kuchlanganligi ma'lum yo'nalishdagi tekislikda tebranayotgan bo'lsa, bunday to'qlinni *yassi* yoki *chiziqli qutblangan* deyiladi (12.1 a-rasm). Agar berilgan nuqtadan elektromagnit to'qlin o'tayotganda, uning elektr maydon kuchlanganligi E modul jihatdan o'zgarmas bo'lib, tarqalish o'qi yo'nalishi atrofida doira bo'ylab aylansa bunday to'lqiniga *doiraviy qutblangan to'qlin* deyiladi (12.1 b-rasm)



12.1-rasm

Doiraviy qutblangan to'qlinni bir-biriga nisbatan ko'ndalang yo'nalishda tebranuvchi, amplitudalari o'zaro teng ($A_1=A_2$), lekin fazalar farqi $\pi/2$ bo'lgan ikki chiziqli qutblangan to'qlinlar yig'indisidan iborat deb qarash mumkin. Agar ikki to'qlinning A_1 va A_2 amplitudalari o'zaro teng bo'lmasa, ularning qo'shilishidan *elliptik qutblangan* to'qlin hosil bo'ladi (12.2-rasm).



12.2-rasm

$$E_x = A_1 \cos \omega t$$

$$E_y = A_2 \cos(\omega t \pm \frac{\pi}{2})$$

Elliptik qutblangan to'qlinning natijaviy elektr maydon E vektori bilan x o'qidagi tashkil etuvchisi orasidagi φ burchak quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{E_y}{E_x} = \frac{A_2 \cos(\omega t \pm \frac{\pi}{2})}{A_1 \cos \omega t} = \pm \frac{A_2}{A_1} \operatorname{tg} \omega t \quad (12.1)$$

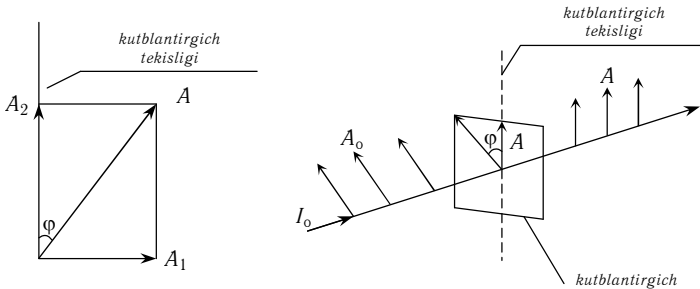
Natijaviy elektr vektorining aylanish yo'nalishiga qarab *chap* va *o'ng doiraviy* yoki *elliptik* qutblangan to'qlinlar deyiladi. Agar to'lqiniga uning tarqalish yo'nalishi tomonidan qaralganda elektr maydon vektori E soat millari aylanish yo'nalishida aylansa bunday qutblanishga *o'ng*, aksi bo'lsa *chap* qutblanish deyiladi.

Malyus qonuni

Tabiiy yorug'lik to'liqida elektr maydon vektori E tebranish tekisligi bo'ylab betartib joylashgan bo'ladi va vaqt o'tishi bilan tasodifiy ravishda o'zgarib turadi. Bu holda fazalar farqi π ga teng bo'lmaydi va u xoatik ravishda o'zgarib turadi. Bu holda natijaviy E elektr maydon tebranish tekisligi ham xoatik ravishda o'z holatini o'zgartirib turadi. Yassi qutblangan yorug'likni tabiiy yorug'likdan *qutblantirgich* deb ataluvchi optik asboblarga yordamida olish mumkin. Bu asboblarni yorug'lik tebranishlaridan o'zining qutblantirish tekisligiga mos bo'lganlarini o'tkazib, unga ko'ndalang bo'lganlarni to'la tutib qoladi.

Tabiiy yorug'likdan ma'lum bir tekislikda tebranuvchi nurlar dastasini ajratib olinishiga *qutblanish* deyiladi.

Qutblanish tekisligi bilan φ burchak tashkil etgan tekislikda tebranuvchi A amplitudali har qanday tebranishni ikki $A_{||}=A\cos\varphi$ va $A_{\perp}=A\sin\varphi$ amplitudali (12.3 a-rasm, nur rasm tekisligiga tik yo'nalgan) tebranishlarga ajratish mumkin. Birinchi $A_{||}$ tebranish qutblantirgich asbobdan o'tib, ikkinchisi $A_{\perp}$ da to'la tutilib qoladi. O'tgan to'liq intensivligi $A_{||}^2=A^2\cos^2\varphi$ ga proporsional, ya'ni $I\cos^2\varphi$ ga teng. Bu yerda $I - A$ amplitudali tebranishlarning intensivligi. Demak qutblantirgichning qutblantirish tekisligiga parallel tebranishlar intensivligi umumiy intensivlikni $\cos^2\varphi$ ning o'rtachasiga teng qismini, ya'ni $1/2$ ni tashkil etar ekan. Qutblantirgichni nur tarqalayotgan o'q atrofida aylantirilganda undan o'tgan to'liq intensivligi



12.3–rasm

o'zgarmasdan faqat to'liq tebranish tekisligi o'zgaradi.

Faraz qilaylik qutblantirgichga chiziqli qutblangan A_0 amplitudali va I_0 intensivlikka ega bo'lgan (yorug'lik) lazer nuri tushayotgan bo'lsin (12.3 b-rasm).

Qutblantirgichdan tebranishlarning $A=A_0\cos\varphi$ qismi o'tadi, bu yerda φ – qutblantirgichning qutblantirish tekisligi bilan unga tushayotgan to'liq tebranish tekisligi orasidagi burchak. Demak o'tgan yorug'likning I intensivligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$I=I_0\cos^2\varphi \quad (12.2)$$

va *Malyus qonuni* deyiladi.

To'liqning qaytishi va sinishidagi qutblanishi

Yorug'lik to'liqni ikki dielektrik muhit chegarasiga tushganida ikki hodisa ro'y beradi. Birinchisi yorug'likning qaytishi ($\alpha=\beta$), ikkinchisi yorug'likning sinishi.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21},$$

Bu yerda n_1 va n_2 birinchi va ikkinchi muhitlarning absolyut sindirish ko'rsatkichlari. Ikkala holda ham yorug'lik to'liqining tarqalish yo'nalishi o'zgaradi. Frenel elektromagnit to'liq nazariyasiga asoslanib, dielektrikdan aks etgan to'liq intensivligi tushayotgan yorug'lik to'liqining qutblanish holatiga, tushishi α burchagiga, hamda nisbiy sindirish n_{21} ko'rsatkichining kattaligiga bog'liqligini ko'rsatdi.

E elektr vektori tushish tekisligiga ko'ndalang yo'nalishida tebranayotgan yoruqlik ikki muhit chegarasiga tushayotgan bo'lsa, aks etgan yorug'likning $I_{\perp}$ intensivligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$I_{\perp} = I_0 \frac{\sin^2(\alpha - \gamma)}{\sin^2(\alpha + \gamma)}. \quad (12.3)$$

Bu yerda I_0 tushayotgan yorug'likning intensivligi. Agar tushayotgan to'liq tushish tekisligida chiziqli qutblangan bo'lsa, qaytgan yorug'likning $I_{||}$ intensivligi quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$I_{||} = I_0 \frac{\tan^2(\alpha - \gamma)}{\tan^2(\alpha + \gamma)}. \quad (12.4)$$

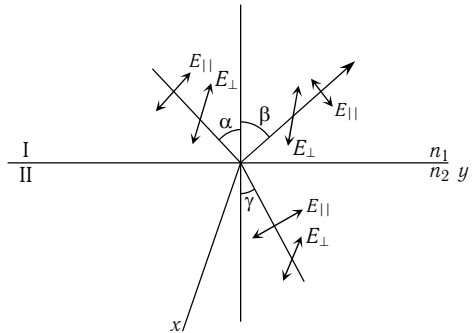
Tushish α va sinish γ burchaklarining kichik qiymatlarida $I_{\perp} \cong I_{||}$ shart bajariladi, lekin α va γ larning kata qiymatlarida $I_{\perp} \neq I_{||}$ bo'ladi. Shunday qilib ikki muhit chegarasidan aks etgan va singan nurlarning intensivligi tushayotgan nurning qutblanish holatiga bog'liq ekan, demak bu chegaraga qutblanmagan, ya'ni tabiiy nur tushayotgan bo'lsa, aks etgan va singan nurlar qisman qutblanadi. Bu holda aks etgan nurda tushish tekisligiga ko'ndalang yo'nalishda tebranishlar ko'proq bo'lsa, singan nurda tushish tekisligiga parallel bo'lgan tebranishlar ko'proq bo'ladi.

Agar

$$\alpha + \gamma = \pi/2 \quad (12.5)$$

shart bajarilsa $\tan(\alpha + \gamma) = \infty$ va $I_{||} = 0$, ya'ni aks etgan nurda tushish tekisligiga ko'ndalang bo'lgan tebranishlar bo'ladi. Aks etgan nur to'la qutblangan bo'lsa, bu

holda $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_2/n_1 = n_{21}$ va (12.5) formuladagi shartdan quyidagi ifodani olamiz

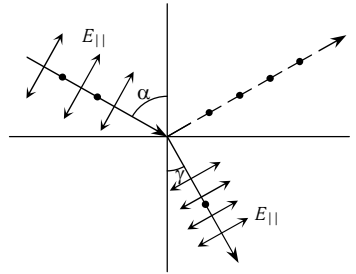


12.4–rasm

$$\operatorname{tg} \alpha_B = n_{21} \quad (12.6)$$

Agar nurning tushish burchagi $\alpha = \alpha_B$ Bryuster burchagiga teng bo'lsa, aks etgan yorug'likda faqat tushish tekisligiga ko'ndalang yo'nalishda tebranuvchi to'lqin qoladi va bunday burchakka to'la qutblanish burchagi deyiladi. (12.6) formula bilan ifodalangan munosabatni *Bryuster* qonuni deyiladi.

(12.6) formuladan kelib chiqadigan natijani ko'raylik. Bryuster qonuniga asosan yassi qutblangan to'lqin (lazer nurlanish) ikki muhitga Bryuster burchagi α_B ostida tushayotgan bo'lsin va unda $\mathbf{E}$ elektr maydon vektori tushish tekisligida tebranayotgan bo'lsa aks etgan nur intensivligi nolga teng bo'ladi.



12.5-rasm

Yassi qutblangan yorug'likning kristall plastinkadan o'tishi

Yorug'likning, kub simmetriyalı strukturadan tashqari, shaffof kristallardan o'tishida nurning ikkilanib sinish hodisasi ro'y beradi. Buning ma'nosi shundan iboratki yorug'lik shaffof kristalldan o'tishida ikki nurga (oddiy va g'ayrioddiy) ajraladi. Umuman, nurlar turli tezlik bilan, hamda turli yo'nalishlarda tarqaladi.

Bunday kristallar anizotrop kristallar bo'lib, ularda shunday yo'nalish borki, bu yo'nalishda odiy va g'ayrioddiy nurlar ajralmasdan bir xil tezlik bilan tarqaladi. Bu yo'nalish kristallning *bosh optik o'qi* deyiladi. Kristallning bosh optik o'qi yo'nalishida, hamda unga ko'ndalang yo'nalishdagi dielektrik singdiruvchanlik mos ravishda $\epsilon_{||}$ va $\epsilon_{\perp}$ bo'lib, ular o'zaro teng bo'lmasa, bunday kristalga *anizotrop kristall* deyiladi.

Odiy nurda elektr maydon kuchlanganlik vektori $\mathbf{E}$ ning tebranishi kristallning bosh optik o'qiga ko'ndalang bo'ladi. Bu nur $v_o = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{\perp}}} = \frac{c}{n_o}$ tezlik bilan tarqaladi. Elektr maydon kuchlanganlik vektori $\mathbf{E}$ ning tebranishi kristallning bosh optik o'qiga parallel bo'lgan g'ayrioddiy to'lqin tezligi esa $v_e = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{||}}} = \frac{c}{n_e}$ bo'ladi.

Yorug'likning d qalinlikdagi kristall sirtiga tik tushishida (plastinka bosh optik o'qiga parallel qilib kesilgan) odiy va g'ayrioddiy nurlar ajralmasdan, lekin turli tezliklar bilan tarqaladi. Plastinkadan o'tish vaqti ichida odiy va g'ayrioddiy nurlar orasida optik yo'l farqi

$$\Delta = (n_o - n_e) \cdot d, \quad (12.7)$$

va quyidagi fazalar farqi hosil bo'ladi:

$$\delta = 2\pi(n_o - n_e)\lambda_o \quad (12.8)$$

bu yerda λ_o – yorug'likning vakuumdagi to'lqin uzunligi.

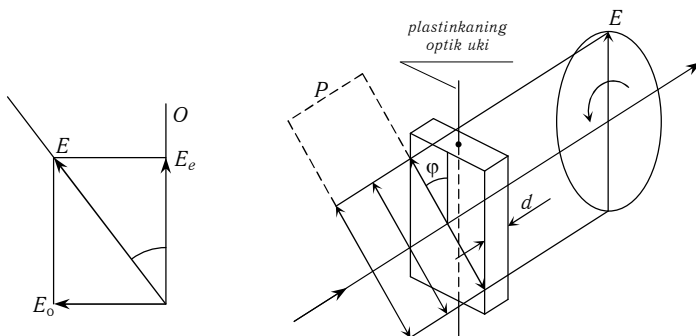
Optik o'qqa parallel qilib kesilgan plastinka uchun quyidagi

$$(n_o - n_e) \cdot d = m\lambda_o + \lambda_o/4, \quad (12.9)$$

(m –ixtiyoriy butun son), shart bajarilsa, bunday plastinkaga *chorak to'lqinli* ($\lambda/4$

to'liqinli) plastinka deyiladi.

Bunday plastinkadan o'tgan oddiy va g'ayrioddiy nurlar orasida $\pi/2$ ga teng faza farqi hosil bo'ladi. Yassi qutblangan yorug'likni $\lambda/4$ plastinkadan o'tishini



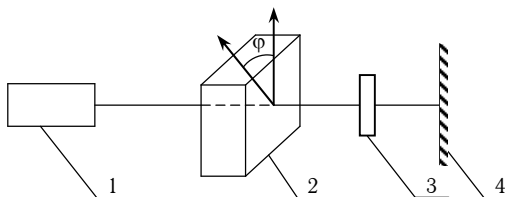
12.6-rasm

ko'raylik (12.6-rasm).

Kristallga elektr vektori E ning tebranishi, P tekislikda bo'lgan nur tushayotgan bo'lsin. Kristallda E vektor ikki E_o va E_e tashkil etuvchilarga ajralib turli tezliklarda tarqaladi va d qalinlikni o'tishda ular orasidagi faza farqi $\pi/2$ teng bo'ladi. Agar tushayotgan nurdagi elektr vektori E ning tebranish tekisligi P bilan plastinka optik o'qi orasidagi φ burchak 45° ga teng bo'lsa kristall plastinkadan chiqqan oddiy va g'ayrioddiy nurlardagi elektr maydon kuchlanganlarning amplitudalari o'zaro teng bo'ladi. Ya'ni bu holda biz ikki yassi qutblangan amplitudalari o'zaro teng, $\pi/2$ fazalar farqiga ega to'liqlarning qo'shilishidan hosil bo'lgan natijaviy to'liqinni olamiz. Burchak φ ning boshqa qiymatlarida plastinkadan chiqqan nurlarning amplitudalari turlicha bo'lib qoladi va elliptik qutblangan nurga ega bo'lamiz. Ellipsning bir o'qi kristallning optik o'qi bilan mos tushadi.

Ishni bajarish tartibi

1. 12.7-rasmda keltirilgan chizma bo'yicha qurilmani yig'iladi.



12.7-rasm

1. Yorug'lik manbai; 2. qutblantirgich; 3. yassi optik plastinka; 4. ekran.

2. Qutblantirgichni burib yorug'lik manбайдan chiqayotgan signalning maksimal qiymati olingan holatga qo'ying (0°).
3. Qutblantirgichni optik o'q atrofida 15° dan o'zgartirib (360° gacha), fototok bilan burchak φ orasidagi bog'lanishni oling va quyidagi jadvalga yozing.

N_0	Buralish burchagi φ	I, A	$\cos\varphi$	$\cos^2\varphi$
1	0			
2	15			
3	30			
4	45			
5	60			
...	...			
24	360			

4. Tajribada olingan natijalar asosida $I=f(\varphi)$ bog'lanish grafigini qutb koordinatalar tekisligida millimetovkaga chizing va uni Malyus qonuni asosidagi nazariy bog'lanish bilan solishtiring.

Sinov savollari

1. Tabiiy, yassi, elliptik va doiraviy qutblangan yorug'lik to'lqinlariga ta'rif bering.
2. Qutblangan yorug'lik olishning qanday uslublari bor?
3. Ikki muhit chegarasiga tushayotgan nurning qanday tushish burchagida singan nur to'la qutblangan bo'ladi?
4. Nima uchun yorug'lik nuri anizotrop muhitdan o'tayotib oddiy va g'ayrioddiy nurlarga ajraladi?
5. Oddiy va g'ayrioddiy nurlar qanday xususiyatlarga ega?

13 – laboratoriya ishi

YORUG'LIKNING SUYUQLIKDA YUTILISH KOEFFITSIYENTINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Yutilish ko'rsatkichini aniqlash va spektral o'tish va yutilish ko'effitsiyentlarini suyuq aralashmaning qalinligi va konsentratsiyasiga bog'liqligini olish.

Kerakli asboblari: ampermetr, yorug'lik manbai, o'lchanadigan suyuqliklar, fotoelement, silindrik idish.

Ishni bajarish uchun asos

1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo'yicha to'liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

Ishni himoya qilish uchun asos

1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

NAZARIY QISM

Yorug'likning moddalar (suyuqliklar, gazlar, qattiq jismlar) bilan o'zaro ta'siri uning absorbsiya, refraksiyasi, qutblanishi, sochilishi va hokazolar orqali namoyon bo'ladi. Bu hodisalarning har birini miqdoriy tavsiflash ma'lum bir

kattaliklar orqali ifodalanadi. Bular: yutilish ko'effitsiyenti, qutblanish darajasi, sochilgan nurning intensivligi va h.k. lar kabi nomlanadi.

Yorug'likning ikki muhit chegarasidan qaytishi va sinishini o'rganayotganda uning yutilishi va sochilishini hisobga olmaymiz. Shuning uchun bu jarayon faqat bitta kattalik –sindirish ko'rsatgichi n orqali ifodalanadi. Agar biz yorug'lik intensivligini kamayishini ham hisobga olmoqchi bo'lsak u holda sindirish ko'rsatkichi bilan bir qatorda muhitda yorug'likni yutilishi va sochilishini hisobga oluvchi ekstinksiya ko'effitsiyenti (yoki yutilish ko'rsatkichini) kiritishimiz kerak bo'ladi.

Biror muhitdan o'tayotgan yorug'lik to'lqinining elektromagnit maydoni ta'sirida muhitning elektronlari tebranadi va to'lqin energiyasining bir qismi elektronlarni (optik elektronlarni, ya'ni odatda atomga eng kuchsiz bog'langan valent elektronlarni yorug'lik dispersiyasining klassik nazariyasidagi modelga asosan) tebrantirishga sarf bo'ladi.

Moddaning sirtiga I_0 intensivlikli monoxromatik parallel nurlar dastasi (yassi to'lqin) tushayotgan bo'lsin, intensivlikning (dI) kamayishi moddaning qalinligi (dx) ga va muhitdan o'tayotgan (I) intensivlikka proporsional bo'ladi.

$$-dI=\beta I dx \quad (13.1)$$

Bu formuladan

$$-\frac{dI}{I}=\beta dx.$$

Bu ifodaning chap tomonini I_0 dan I gacha, o'ng tomonini esa 0 dan x gacha integrallab quyidagini olamiz:

$$I=I_0 e^{-\beta x}, \quad (13.2)$$

bu yerda: I_0 –modda sirtiga tushayotgan yorug'likning intensivligi, x – modda qatlaminig qalinligi.

(13.2) ifoda adabiyotda **Buger qonuni** nomini olgan. Bu qonunni Buger (1729 yil) tajribada topgan va nazariy jihatdan asoslagan.

Undagi β ko'pincha ekstinksiya ko'effitsiyenti (yoki yutilish ko'rsatkichi) deb ataladi va muhitdan o'tayotgan yorug'likning intensivligini susayishini ifodalaydi. Agar biz ko'rayotgan moddada yorug'likning sochilishi hisobga olinmaydigan darajada kichik bo'lsa (yutilishga nisbatan) ekstinksiya ko'effitsientini **yutilish ko'rsatkichi** deb olinadi. Aksincha, agar yorug'likning sochilishi uning yutilishiga nisbatan katta bo'lsa, sochilish hisobiga yuzaga kelgan ekstinksiya ko'effitsiyenti deyishimiz o'rinliroq bo'ladi.

Bu ishda yorug'likning sochilishini uning yutilishiga nisbati juda kam bo'lgani uchun yorug'lik intensivligini kamayishi asosan yutilish hisobiga sodir bo'ladi, ya'ni (13.1) dagi proporsionallik ko'effitsiyenti β yutilish ko'rsatkichini bildiradi va u

$$\beta=-\frac{1}{x} \ln \frac{I(x)}{I_0} \quad (13.3)$$

formula orqali hisoblanadi.

β moddaning yorug'lik intensivligini $e=2,72$ marta kamaytiruvchi qatlaminig qalinligini ko'rsatadi. Bundan β ning o'lchov birligi cm^{-1} yoki m^{-1} ekanligi kelib chiqadi.

Yorug'likning yutilish qonuni yuqorida aytilganidek Buger tomonidan aniqlanganbo'lib keyinchalik esa Lambert va Berlar har tomonlama o'rganishgan. Shuning uchun bu qonunni **Buger-Lambert-Ber** qonuni ham deyiladi. Bu qonunni qo'llanish sohasini Vavilov o'rgangan va u tushayotgan yorug'lik intensivligini $10^{10} \div 10^{20}$ martagacha o'zgartirganda ham Buger qonuni o'rinli ekanligini aniqlagan.

Aralashmali suyuqliklarda yorug'likni yutilishini har tomonlama o'rganib, Ber yutilish ko'rsatkichini (ekstinksiya koeffitsiyentini), quyidagi ko'paytma sifatida tekshirdi:

$$\beta = k_c c, \quad (13.4)$$

bu yerda k – yorug'likning solishtirma yutilish ko'rsatkichi, c – aralashma konsentratsiyasi. U holda Buger qonuni quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$I = I_0 e^{-k_c x} \quad (13.5)$$

va bu formuladan k uchun quyidagi ifodani olamiz

$$k = -\frac{1}{cx} \ln \frac{I(x)}{I_0}. \quad (13.6)$$

Berning tajribalaridan olingan asosiy hulosalardan biri solishtirma yutilish ko'rsatkichi k aralashmalarning konsentratsiyasiga bog'liqligidir. Bu hulosa **Ber qoidasi** deb ataladi va asosan kichik konsentratsiyali aralashmalar uchun o'rinlidir. Bundan tashqari ekstinksiya (yutilish ko'rsatkichi) koeffitsiyenti konsentratsiyaga proporsional (β , c) bo'lishi bilan birgalikda solishtirma yutilish ko'rsatkichi k ham tashqi faktorlarga bog'liq bo'lishi mumkin (temperatura, erituvchining tabiatiga va h.k.).

Huddi shunga o'xshash bir jinsli moddalar uchun yutilish ko'rsatkichi moddaning zichligi ρ ga proporsional ekanligini aniqlash mumkin, ya'ni

$$\beta = k_p \rho. \quad (13.7)$$

(13.4) va (13.7) ifodalarni **Ber qonuni** (qoidasi) ham deyiladi. (13.4) va (13.7) lardan

$$k_c = \beta / c \quad (13.8)$$

va

$$k_p = \beta / \rho. \quad (13.9)$$

k_c va k_p larning doimiyligi aralashmalardagi molekularlarning o'zaro ta'siri (kichik konsentratsiyalar uchun) ekstinksiya koeffitsiyentiga ta'sir qilmaydigan darajada kichik bo'lganida o'rinli bo'ladi. Bu qoidaning fizik ma'nosi **molekularning yutish qobiliyati atrofidagi molekular ta'siriga bog'liq emasligidan iboratdir**.

Konsentratsiya ancha kattalashganda, ya'ni yutuvchi modda molekularlari orasidagi masofalar kichiklashganda bu qonundan chetlashishlar kuzatiladi.

Buger-Ber qonuni (13.6) yorug'lik yutishni o'lchash yo'li bilan yutuvchi modda konsentratsiyasini aniqlash uchun juda foydalidir. Bu usul ko'pincha ximiyaviy analizi juda murakkab bo'lgan moddalar konsentratsiyasini tez topish uchun laboratoriya va sanoatda qo'llaniladi.

Bulardan tashqari ximiyaviy toza suyuqlikni yoki aralashmani optik xususiyatlarini xarakterlash uchun yorug'likning muhitdan o'tish koeffitsiyenti

$$A = \frac{I(x)}{I_0} = \exp(-\beta x) \quad (13.10)$$

va yorug'likning muhitda yutilishini xarakterlaydigan kattalikni aniqlash mumkin.

$$B = \frac{I_0 - I(x)}{I_0} \quad (13.11)$$

kattaliklarni aniqlash mumkin.

A va B koeffitsiyentlar ayniqsa tajriba har xil to'liq uzunlikli yorug'likda olib borilganda spektral o'tish va yutilishni xarakterlovchi kattaliklar sifatida katta ahamiyatga ega bo'ladi.

Qurilma va o'lchash metodikasi

Suyuqliklarda yorug'likni yutilishini o'rganish va Buger-Lambert-Berqonunini tekshirish uchun yasalgan qurilmaning sxemasi 13.1-rasmda keltirilgan.

Bu qurilma umumiy asosga o'rnatilgan bo'lib, u yorug'lik manbai (1), vertikal holda o'rnatilgan silindr idish (2) va yorug'likni qayd qiluvchi fotoelement (3) lardan iborat. Fotoelement silindrik idishning tagiga o'rnatilgan. Hosil bo'lgan fototokni o'lchash uchun milliampmetruga ulangan. Silindrik idishga suyuqlik solinadi va uning har xil qalinligi uchun fotoelementda hosil bo'luvchi tokning ti o'lchab boriladi.

Yorug'lik manбайдan tushayotgan nur suyuqlik sirtining past qismiga tushadi. Suyuqlikning ma'lum qalinligidan o'tgan nurning intensivligi fotoelementda elektr tokini (fototok) hosil qiladi.

Ma'lumki fotoelementlarda hosil bo'lgan fototok uning yuziga kelib tushayotgan yorug'likning intensivligiga to'g'ri proporsionaldir. Demak biz suyuqlikning har xil qalinligiga mos keluvchi fototokni o'lchab berilgan intensivlikdagi nurning (I_0) qancha qismi suyuqlik tomonidan yutilib ($I_0 - I$), qancha qismi suyuqlikdan o'tganligini (I) bilishimiz mumkin.

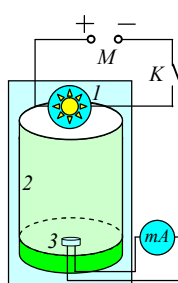
Silindrik idish tashqi sirtiga joylashtirilgan darajalangan o'lchagich yordamida suyuqlik qatlamini bilib, unga mos keluvchi fototokni

o'lchagan holda $\beta = \frac{1}{x} \ln \frac{I(x)}{I_0}$ formula orqali berilgan suyuqlikda yorug'likning

yutilish (yoki ekstinksiya koeffitsiyentini) ko'rsatkichini hisoblaymiz.

Bu yerda I_0 ni bilish ma'lum qiyinchiliklar hosil qilishi mumkin. I_0 ni suyuqlik sirtiga tushayotgan yorug'likning intensivligi deb, ya'ni kyuvetada suyuqlik yo'qligida o'lchangan fototok deb belgilashimiz mumkin. Lekin suyuqlik sirtiga nur kelib tushganda uning bir qismi suyuqlik sirtidan qaytadi.

Bu qiyinchilikni yengish uchun berilgan suyuqlikning (distirlangan suv) yoki aralashma uchun har xil qalinliklari uchun (suyuqlik balandligini 1 cm ga o'zgartirib) o'tgan yorug'lik intensivligiga mos keluvchi fototokni o'lchab yorug'likning yutilish koeffitsiyentini hisoblash kerak. Masalan x_1 qalinlik uchun intensivlik I_1 va x_2 uchun I_2 bo'lsa yutilish koeffitsiyenti



13.1 – расм

$$\beta = \frac{1}{(x_2 - x_1)} \ln\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$$

bo'ladi.

Yuqorida qayd qilingan o'lchashlarni bajarishga kirishishdan oldin berilgan qurilma bilan mukammal tanishib chiqish tavsiya qilinadi. Undan tashqari optik xususiyatlari o'rganiladigan suyuqlik va har xil konsentratsiyadagi aralashmalar tayyorlanib, konsentratsiyasini son qiymati ko'rsatilgan shisha idishlarga solinadi. Berilgan konsentratsiyali aralashma uchun tajribalar o'tkazilib bo'lingandan so'ng o'lchash kyuvetasi distirlangan suv bilan bir necha bor chayib tashlanadi. Buning uchun qo'shimcha shisha idishga distirlangan suv solinib bir necha marta yuqoriga ko'tarilib pastga tushirib chayib tashlanadi.

1 – M A S H Q

Bu mashqni bajarishdan asosiy maqsad distirlangan suvda yutilish ko'rsatkichi β hamda o'tish A va yutilish B koeffitsiyentlari aniqlanib, Buger-Ber qonunining bajarilishi tekshiriladi.

Mashqni bajarish uchun 0,5 litrli idishda distirlangan suv olinadi.

Birinchi bo'lib shisha idishga distirlangan suv solinadi. Fototokni o'lchash sxemasi ulanib, uni ishchi holatida ekanligini tekshirib ko'riladi. Yorug'lik manbai yoqiladi. Bunda fotoelementda hosil bo'lgan tok o'lchanadi. Bu tok yorug'lik intensivligi boshlang'ich qiymatiga (I_0) mos keladi. Bunda bir necha marta tokning qiymatini o'lchab, o'rtachasi olinadi. So'ngra silindik idishga 1 cm qalinlikdagi distillangan suv solinadi. Yana tokni o'lchash sxemasi ulanib shu qalinlikka mos keluvchi fototokni mikroamper ko'rsatishidan yozib olinadi. Suvning ustuni to 10 cm bo'lguncha har 1 cm qalinlikdagi fototok o'lchab boriladi va o'lchashlar suv sathi 1 cm dan kamaytirilib tajriba takrorlanadi. Suvning har qalinligi uchun tokning o'rtacha qiymati olinadi.

O'lchash natijalari 1-jadvalga yoziladi.

1-jadval

№	x, m	I_0, A	I, A	β	$\langle \beta \rangle$	A	$\langle A \rangle$	B	$\langle B \rangle$
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
7.									
8.									
9.									
10.									

Olingan natijalardan foydalanib yutilish ko'rsatkichi β hamda (13.10) va (13.11) ifodalardan o'tish A va yutilish B koeffitsiyentlarini topamiz.

2 – M A S H Q

Bu mashqni bajarishdan asosiy maqsad biror konsentratsiyali aralashma uchun yutilish ko'rsatkichi β hamda o'tish A va yutilish B koeffitsiyentlari aniqlanib, Buger-Lambert qonuni bajarilishini o'rganish.

Mashqni bajarish uchun 0,5 litrli idishda biror konsentratsiyali aralashma olinadi.

Birinci bo'lib shisha idishga biror konsentratsiyali aralashma solinadi. Fototokni o'lchash sxemasi ulanib, uni ishchi holatida ekanligini tekshirib ko'riladi. Yorug'lik manbai yoqiladi. Bunda fotoelementda hosil bo'lgan tok o'lchanadi. Bu tok yorug'lik intensivligi boshlang'ich qiymatiga (I_0) mos keladi. Bunda bir necha marta tokning qiymatini o'lchab, o'rtachasi olinadi. So'ngra silindik idishga 1 cm qalinlikdagi aralashma solinadi. Yana tokni o'lchash sxemasi ulanib shu qalinlikka mos keluvchi fototokni mikroamper ko'rsatishidan yozib olinadi. Aralashmaning ustuni to 10 cm bo'lguncha har 1 cm qalinlikdagi fototok o'lchab boriladi va o'lchashlar aralashma sathi 1 cm dan kamaytirilib tajriba takrorlanadi. Aralashmaning har qalinligi uchun tokning o'rtacha qiymati olinadi.

O'lchash natijalari 2-jadvalga yoziladi.

2-jadval

№	x, m	I_0, A	I, A	β	$\langle \beta \rangle$	A	$\langle A \rangle$	B	$\langle B \rangle$
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
7.									
8.									
9.									
10.									

Olingan natijalardan foydalanib yutilish ko'rsatkichi β hamda (13.10) va (13.11) ifodalardan o'tish A va yutilish B koeffitsiyentlarini topamiz.

Olingan natijalarni bir-biri bilan taqqoslab hulosalar chiqarish kerak.

Sinov savollari

1. Yorug'lik to'liqini suyuqlik sirtiga tushganda qanday jarayonlar ro'y beradi?
2. Buger qonunini ta'riflang va ifodasini yozing.
3. Buger-Ber qonunini tushuntiring va ifodasini yozing.
4. Ushbu qonunlarning qo'llanish chegarasi nimalarga bog'liqligini tushuntiring.

14 – laboratoriya ishi

STEFAN-BOLTSMAN DOIMIYSINI ANIQLASH

- Ishning maqsadi:** Issiqlik nurlanish qonunlaridan biri Stefan-Boltsman qonunining qo'llanishini o'rganish.
- Kerakli asboblari:** potensiometr, pirometr, lampochka, tok manbai.

Ishni bajarish uchun asos

1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo'yicha to'liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

Ishni himoya qilish uchun asos

1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

NAZARIY QISM

Jismlarni qizdirish orqali vujudga keladigan nurlanish *issiqlik* (yoki *temperaturaviy*) nurlanish deb ataladi. Bu nurlanish quyidagi ikki asosiy kattalik bilan xarakterlanadi:

1. Nurlanishining integral sezgirliigi R – *vaqt birligida birlik yuzadan to'liq uzunligining barcha intervalida nurlanayotgan to'liq energiyasi*:

$$R = \frac{E}{S} \quad (14.1)$$

2. Nurlanishning monoxromatik differensial intensivligi – *biror to'liq uzunligi intervalida vaqt birligida birlik yuzadan nurlanayotgan energiya*:

$$r_\lambda = \frac{dE_\lambda}{dt} \quad (14.2)$$

Ba'zan bu kattalikni *nur chiqirish qobiliyati* ham deb ataladi. Ta'riflarga asosan nurlanishning integral va monoxromatik intensivliklari orasida quyidagi munosabat mavjuddir:

$$R = \int_0^\infty r_\lambda d\lambda \quad (14.3)$$

Jismga λ , $\lambda+d\lambda$ to'liq uzunliklar intervalida tushayotgan nur energiyasi E_λ bo'lsin, bunda E_λ' yutilgan va E_λ'' qaytgan nur energiyasi hisoblansa, energiyaning saqlanish qonuniga asosan

$$E_\lambda = E_\lambda' + E_\lambda'' \quad (14.4)$$

(14.4) tenglamaning ikkala tomonini E_λ ga bo'lib

$$\frac{E_\lambda'}{E_\lambda} + \frac{E_\lambda''}{E_\lambda} = 1 \quad (14.5)$$

ni hosil qilamiz.

$E_\lambda'/E_\lambda = d(\lambda, T)$ kattalik jismning nur yutish qobiliyati bo'lib, to'liq

uzunliklari intervalida tushgan nurning qancha qismi yutilganligini ko'rsatadi.

$E_{\lambda}''/E_{\lambda}=r(\lambda, T)$ – esa qaytarish qobiliyati deb ataluvchi o'lchamsiz kattalik bo'lib, λ , $\lambda+d\lambda$ to'lqin uzunligi intervalida tushgan nurning qancha qismi qaytganligini ko'rsatadi.

Tushayotgan nurlanish energiyasini to'liq yutadigan jismni *absolyut qora jism* deb ataladi, bunday jism uchun $E_{\lambda}''=0$ va $d(\lambda, T)=1$ bo'ladi.

Adiabatik qobiq bilan o'ralgan jismlar sistemasi ma'lum vaqtdan keyin temperaturalari tenglashib muvozanat holatni egallaydi. Bu holatdagi jismlar uchun Kirxgof qonunni quyidagicha ta'riflanadi: *nur chiqarish (nurlanishning) monoxromatik differensial intensiologiyasi va yutish qobiliyatlarining o'zaro nisbati jismlarning tabiatiga bog'liq bo'lmay, hamma jismlar uchun bir xil bo'lib to'lqin uzunligi (chastota) hamda temperaturaning universal funksiyasidir.*

$$\frac{r(\lambda, T)}{d(\lambda, T)} = \varepsilon(\lambda, T) \quad (14.6)$$

Binobarin, jism qanday nurni yutsa, huddi shunday nurni chiqaradi va aksincha. Absolyut qora jism uchun $d(\lambda, T)=1$ shuning uchun $r(\lambda, T)=\varepsilon(\lambda, T)$. Shunday qilib $\varepsilon(\lambda, T)$ absolyut qora jismning nur chiqarish qobiliyatidir. Boshqa jismlar uchun $r(\lambda, T)=\varepsilon(\lambda, T) \cdot d(\lambda, T)$.

Nurlanishning kvant tabiati haqidagi gipotezaga asoslanib, statistik fizika metodlaridan foydalanib Plank quyidagi ifodani taklif qiladi.

$$\varepsilon(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda T}} - 1} \quad (14.6')$$

Bu erda h – Plank doimiysi, k – Boltsman doimiysi, c – yorug'likning vakuumdagi tezligi. (14.3) va (14.6') formulalariga asoslanib

$$R = \int_0^{\infty} \varepsilon(\lambda, T) d\lambda = \frac{2\pi^5 k^4}{15C^2 h^3} \cdot T^4 \quad \text{yoki} \quad R = \sigma T^4 \quad (14.7)$$

ni hosil qilamiz. Demak, absolyut qora jismning sochayotgan to'lqin energiyasi absolyut temperaturaning to'rtinchi darajasiga proporsional ekan. Bu Stefan-Boltsman qonunidir. σ – Stefan-Boltsman doimiysi deb yuritiladi. Yuqoridagi qonunga ko'ra, temperaturasi T_1 bo'lgan absolyut qora jismning birlik sirtidan uning atrofidagi T_2 temperaturali muhitga tarqatayotgan energiya miqdori.

$$R = R_1 - R_2 = \sigma(T_1^4 - T_2^4) \quad (14.8)$$

Boshqa jismlarning nurlanishi ham bir to'lqin uzunligidagi nur uchun absolyut qora jism nurlanishidan A marta kichik bo'lgan shunday qonunga bo'ysunadi. Ularning nurlanishi

$$R = A\sigma T^4 \quad (14.9)$$

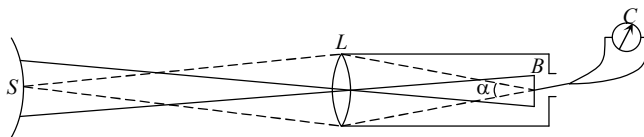
bo'ladi, A – modda doimiysi.

Absolyut qora jism uchun Stefan-Boltsman doimiysini aniqlash uchun quyidagi (14.1-rasm) sxemadan foydalaniladi.

Cho'g'lanma lampa tolasining birlik sirtiga berilayotgan energiya

$$Q = R = \frac{I^2 R_o}{S} \quad (14.10)$$

I – toladagi tok kuchi, R_0 – uning qarshiligi, S – tola sirti. (14.8) va (14.10) ifodani solishtirib quyidagini hosil qilamiz.

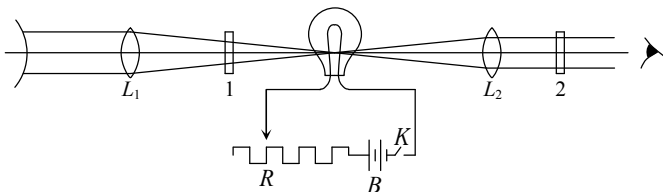


14.1-rasm

$$\sigma = \frac{I^2 R_0}{AS(T_1^4 - T_2^4)} \quad (14.11)$$

Sxemasi 14.2-rasmda keltirilgan pirometrdan foydalanib, T_1 – temperatura o'lanadi.

L_1 – linza temperaturasi o'lchanayotgan sirtning tasvirini S – lampochka tolasi joylashgan tekislikka tushiriladi. L_2 – linza esa tasvirni kattalashtirib ko'rsatuvchiga yo'naltirib beradi.



14.2-rasm

Temperaturani o'lchash tekshirilayotgan jism bilan lampochka tolasi nurlanishini taqqoslash yo'li bilan bajariladi. Bu asbob bilan $700 \div 1200^\circ\text{C}$ temperaturani o'lchash mumkin. Sxemadagi galvonometr temperaturaga darajalab qo'yilgan.

Ishni bajarish tartibi

1. Qurilma bilan tanishiladi.
2. Sxemani tok manbaiga ulab potensimetr yordamida tokning minimal qiymati o'rnatiladi.
3. Shu tok kuchiga mos keluvchi volfram tolasining temperaturasi T_1 pirometr yordamida o'lanadi.
4. Turli tok qiymatlari uchun temperaturalar o'lanadi.
5. O'lchangan qiymatlarni jadvalga yoziladi.

N	I	R	S	T	σ	$\langle \sigma \rangle$	$\Delta \sigma$	$\langle \Delta \sigma \rangle$	η
1									
2									
3									
4									
5									

6. (14.11) formula yordamida Stefan-Boltsman doimiysi hisoblanadi.
7. σ ning o'rtacha absolyut $\langle \Delta\sigma \rangle$ va nisbiy xatoliklari $\eta = \langle \Delta\sigma \rangle / \langle \sigma \rangle \cdot 100\%$ hisoblanadi.

Sinov savollari

1. Issiqlik nurlanishi va uning asosiy xarakteristikalarini tushuntiring.
2. Absolyut qora jism deb nimaga aytiladi?
3. Stefan-Boltsman qonunini keltirib chiqaring.
4. σ ning fizikaviy ma'nosi nima?
5. Kirxgof qonunini ta'riflab bering.

15 – laboratoriya ishi

FOTOEFFEKT QONUNLARINI TEKSHIRISH

Ishning maqsadi: fotoeffekt hodisasining fizik mazmuni bilan tanishish va fotoelement hossalari o'rganish.

Kerakli asboblari: optik taglik, etalon lampa, mikroampermetr, fotoelement, voltmeter.

Ishni bajarish uchun asos

1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo'yicha to'liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

Ishni himoya qilish uchun asos

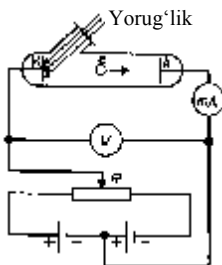
1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

NAZARIY QISM

Yorug'lik ta'sirida modda sirtidan elektronlarni urib chiqarilishiga *fotoelektrik effekt* yoki *tashqi fotoeffekt* deyiladi. Uchib chiqqan fotoelektronlar tufayli vujudga kelgan (hosil bo'lgan) elektr toki *fototok* deb ataladi. Tashqi fotoeffekt, asosan metallarda va metall oksidlarida kuzatiladi. Mazkur fotoeffektdan tashqari ichki va ventilli fotoeffektlar ham mavjuddir. Ichki fotoeffekt yarim o'tkazgichlarda va dielektriklarda kuzatiladi. Bunda elektronlar yorug'lik energiyasini yutib, valent zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tadi (bog'langan holatdan erkin holatga o'tadi).

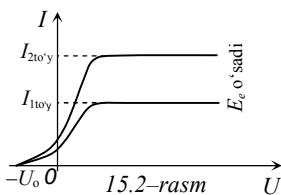
Ikki tur elektr o'tkazuvchanlikka (elektron va kovak o'tkazuvchanlikka) ega bo'lgan yarimo'tkazgichlar chegarasiga yoki metall bilan yarimo'tkazgich chegarasiga yorug'lik tushishi natijasida elektr yurituvchi kuch paydo bo'lish hodisasi *ventilli fotoeffekt* deb ataladi, Fotoeffekt hodisasi birinchi bo'lib rus olimi A.G.Stoletov tomonidan batafsil tekshirilgan. Fotoeffektning qonuniyatlarini o'rganish uchun 15.1-rasmda tasvirlangan qurilmadan foydalaniladi. Anod va

katodga ega bo'lgan havosi so'rib olingan shisha ballonning devorlari yorug'lik o'tkazmaslik uchun qoraytirilgan. Tok manbaining manfiy qutbi katodga ulangan bo'lib, katodga yorug'lik faqat maxsus kvarts oyna bilan qoplangan darcha orqali tushadi. Yorug'lik ta'sirida katoddan ajralib chiqqan elektronlar katod atrifida to'planib elektron bulutini hisil qilishadi. Ulardan ba'zilarining tezliklari juda katta bo'lgani uchun ular anodga yetib borishadi va fototok hosil qilishadi. Anod va katod orasiga kuchlanish bersak uning maydonida elektron buluti harakatga keladi va anodga yetib boradi. Natijada anodda paydo bo'lgan tokni milliampermetr mA qayd qiladi. Zanjirdagi voltmeter V katod-anod orasidagi kuchlanishni



15.1-rasm

o'lchash uchun, reostat R esa bu kuchlanishni o'zgartirish uchun xizmat qiladi. Mazkur qurilma yordamida fototokning volt-amper xarakteristikasi tekshiriladi. Fototokning katod-anod oralig'idagi kuchlanishga bog'liqligini ko'rsatuvchi $I_F=f(U)$ grafik fototokning *volt-amper xarakteristikasi* (VAX) deyiladi. 15.2-rasmda tushayotgan yorug'lik oqimining ikki qiymati uchun VAX tasvirlangan, VAX dan ko'rinishicha, katod-anod oralig'idagi kuchlanish $U=0$ ga teng bo'lganda ham fotoelektronlar anodga yetib borib fototokni hosil qiladi. Kuchlanish ortib borishi bilan fototokning qiymati ham ortib boradi, ya'ni anodga yetib borayotgach fotoelektronlar soni ko'payib boradi. Lekin katod-anod kuchlanishining ma'lum bir qiymatidan boshlab, berilgan yorug'lik oqimi uchun fototokning qiymati o'zgarmas bo'lib qoladi. Fototokning bu qiymati *to'yinish toki* deb ataladi. Katoddan 1 sekunda ajralib chiqqan elektronlarning barchasini shu vaqt ichida anodga yetib kelishi natijasida paydo bo'lgan tokka *to'yinish fototoki* deyiladi. To'yinish fototoki yorug'lik oqimiga mutanosibdir, ya'ni qancha ko'p yorug'lik tushsa, shunchalik ko'p elektronlar ajralib chiqadi (15.2-rasmda $\Phi_2 > \Phi_1$), Yorug'lik ta'sirida katoddan ajralib chiqayotgan elektronlar har xil boshlang'ich tezliklarga ega. Shuning uchun katod-anod oralig'idagi maydon tormozlovchi bo'lganda ham (anod manfiy, katod musbat potensialga ega) anodga yetib keluvchi elektronlar mavjuddir. Tormozlovchi



maydonning potensial energiyasi elektronlarning maksimal kinetik energiyasiga teng bo'lgandagi kuchlanishning qiymatida fototok yo'qoladi, ya'ni anodga elektronlar yetib kelmaydi. Kuchlanishning bu qiymati to'xtatish kuchlanishi U_0 deyiladi:

$$\frac{mv_{max}^2}{2} = eU_0, \quad (15.1)$$

bu yerda $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ C – elektronning zaryadi. Fototokning volt-amper xarakteristikasini o'rganish natijasida fotoeffektning quyidagi qonunlari aniqlangan.

1. Muayyan fotokatodga tushayotgan yorug'likning spektral tarkibi o'zgarmas bo'lsa, fototokning to'yinish qiymati yorug'lik oqimiga to'g'ri mutanosibdir, ya'ni:

$$I_F = j\Phi, \quad (15.2)$$

bunda I_F – fototok, j – mutanosiblik koeffitsiyenti bo'lib, u fotoelementning integral sezgirliqi deyiladi. $[j]=\mu A/lm$, Φ – yorug'lik oqimi.

2. Muayyan fotokatoddan ajralib chiqayotgan fotoelektronlar boshlang'ich tezliklarining maksimal qiymati v_{max} yorug'lik intensivligiga bog'liq emas. Yorug'likning chastotasi ortib borishi bilan fotoelektronlarning maksimal tezliklari ham ortib boradi.
3. Har bir fotokatod uchun biror "qizil chegara" mavjud bo'lib, undan kattaroq to'lqin uzunlikka era yorug'lik ta'sirida fotoeffekt vujudga kelmaydi. λ_0 ning qiymati yorug'lik intensivligiga mutlaqo bog'liq emas, u faqat fotokatod materialining ximiyaviy tabiatiga va sirtning holatiga bog'liq.
4. Yorug'likning fotokatodga tushishi bilan fotoelektronlarning hosil bo'lishi orasida sezilarli vaqt o'tmaydi.

Yuqorida zikr etilgan qonunlarning faqat birinchisinigina yorug'likning elektromagnit to'lqin nazariyasi asosida tushuntirish mumkin. Ammo qolgan uchta qonunni bu nazariya tushuntira olmaydi. Fotoeffekt hodisasini tushuntirish uchun Eynshteyn M.Plank gipotezasidan foydalanibgina qolmay, balki uni rivojlantirdi. Uning fikriga ko'ra: *yorug'lik kvantlar tariqasida nurlanibgina qolmay, balki yorug'lik energiyasining tarqalishi ham, yutilishi ham kvantlangan bo'ladi*. Demak, metall sirtiga tushayotgan yorug'likni kvantlar oqimi deb tasavvur qilish kerak ekan. Bunda har bir yorug'lik kvanti energiyasi quyidagaga teng bo'ladi:

$$\varepsilon = h\nu. \quad (15.3)$$

(15.3) ifodada ε – yorug'lik kvanti (foton) energiyasi, ν – yorug'likning tebranish chastotasi, h – Plank doimiysi ($h=6,62 \cdot 10^{-34}$ J·s). Energiyaning saqlanish qonunidan foydalanib Eynshteyn fotoeffektini tushuntirdi. Bunda metall sirtiga tushayotgan fotonning energiyasi ularning o'zaro ta'sirlashuvi natajasida elektron energiyasiga aylanadi. Agar shu energiya chiqish ishi A dan kata bo'lsa (ya'ni $h\nu > A$), fotoeffekt ro'y beradi. Energiyaning qolgan qismi metalldan tashqariga chiqqan fotoelektronning kinetik energiyasiga aylanadi. Shu fikrni matematik tarzda quyadagicha yozish mumkin:

$$h\nu = A + m v_{max}^2 / 2. \quad (15.4)$$

(15.4) ifodani fotoeffekt uchun Eynshteyn formulasi deyiladi. Eynshteynning mazkur formulasi yordamida fotoeffektning barcha qonunlarini tushuntirish mumkin. (15.4) formulaga ko'ra, fotoeffekt ro'y berishi uchun $h\nu = A$ bo'lishi kifoya. Mazkur tenglik asosida fotoeffektning qizil chegarasini tushuntirish mumkin. "qizil chegara" tushayotgan yorug'lik fotonining chastotasagagina bog'liq bo'lib, uning intensivligiga aslo bog'liq emas (intensivlik deganda *birlik yuzaga tushayotgan fotonlar soni* tushuniladi). Ko'pchilik metallar uchun "qizil chegara" spektrning infraqizil qismida joylashgan bo'ladi. Ishqoriy metallar uchun esa u yorug'likning ko'rinuvchan qismida joylashganligi tufayli fotoelementlarda fotokatod ishqoriy metallardan yasaladi. Fotoeffektga asoslangan qurilma *fotoelement* deb ataladi (15.3-rasm). Ichidan havosi so'rib olingan kvarts shishadan yasalgan ballon fotoelement qobig'ini tashkil qiladi. Ballon ichiga halqa ko'rinishida metall sim kavsharlangan bo'lib, u anod vazifasini bajaradi. Shisha ballonning ichki sirtining bir qismi seziy elementi atomlari yoki biror boshqa elementning oksidi bilan qoplangan bo'ladi. Mazkur yupqa qatlamga sim kavsharlangan bo'lib, u shisha ballondan

tashqariga chiqarib qo'yilada. Bu sim esa tok manbaining manfiy qutbiga ulanadi. Metallning yupqa qatlami katod vazifasini bajaradi, katodga yorug'lik oqimi tushishi uchun katod ro'parasida ballon devorida kichik darcha qoldirilib, ballonning qolgan qismi yorug'lik o'tkazmaydigan parda bilan qoplanadi. Fotoelementlar hozirgi zamon texnikasida va turmushda, uzoqdan boshqarish sistemalarida va hokazolarda keng ko'lamda qo'llanilmoqda.

Fotoelementning sezuvchanligini oshirish uchun ballon bosimi 1 Pa atrofida bo'lgan inert gaz bilan to'ldiriladi. Fotoelektronlar inert gaz atomlariga urilib ularni ionlashtirishi natijasida tok qiymati ortadi. Bunday fotoelementlarda katod-anod orasidagi kuchlanish ma'lum qiymatdan ortmasligi kerak, aks holda gazda mustaqil gaz razryadi ro'y berib fotoelementni ishdan chiqaradi. Bu holda to'yinish fototoki kuzatilmaydi.

Ishni bajarish tartibi

1-mashq. Yorug'lik oqimi o'zgarmas ($\Phi=const$) bo'lganda fototok qiymatining anod kuchlanishiga bog'liqligini o'rganish.

1. Fotoelement optik taglikda yorug'lik manбайдan $l=15$ cm uzoqlikda o'rnatiladi.
2. Yorug'lik manbai (lampa) ga kuchlanish beriladi va u tajriba davomida o'zgartirmasdan saqlanadi.
3. Sxema o'qituvchi tomonidan tekshirilgandan so'ng tok manbaiga ulanadi. Potensiometr yordamida anod kuchlanishi 0 dan 100 V gacha oshirilib boriladi. Kuchlanish 10 volt dan oshirilib unga to'g'ri keluvchi fototok qiymatlari o'lchanadi. Keyin tajriba teskari yo'nalishda amalga oshiriladi, ya'ni kuchlanish 100 V dan 0 gacha kamaytiriladi. Bunda ham kuchlanish 10 V dan kamaytirilib fototokning qiymatlari o'lchab boriladi va 1-jadvalga yoziladi,

1-jadval

№	l, m	U_a, V kuchlanish ortganda	$I_F, \mu A$	U_a, V kuchlanish kamayganda	$I_F, \mu A$	$\langle I_F \rangle,$ μA
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
6.						
8.						
9.						
10.						

4. Absissa o'qiga U_a qiymatini, ordinata o'qiga $\langle I_F \rangle$ fototok qiymatini qo'yib, anod kuchlanishi bilan fototok qiymati orasidagi bog'lanash grafigi chiziladi.

2-mashq. O'zgarmas kuchlanishda yorug'lik oqimi bilan fototokning bog'lanishini o'rganish.

1. Fotoelementga 100 V anod kuchlanishi beriladi va u tajriba oxirigacha o'zgartirmasdan saqlanadi.
2. Fotoelement yorug'lik manbaidan 15 cm dan 60 cm gacha uzoqlashtiriladi. Har 5 cm siljishga mos kelgan fototok qiymati yozib boriladi.
3. Fotoelement 60 cm dan 15 cm gacha lampaga yaqinlashtiriladi va yana har 5 cm kamaytirishdagi fototok qiymati yozib olinadi. Bunda lampaning yorug'lik kuchi 25 sham deb olinadi.
4. I ning har bir qiymati uchun Φ ning qiymatlari

$$\Phi = IS / l^2,$$

formuladan hisoblab topiladi. Bunda S – fotokatod yuzasi (4 cm^2), I – lampaning cho'g'lantirish kuchlanishi $U=220 \text{ V}$ bo'lgandagi yorug'lik kuchi.

5. (15.2) formula yordamida fotoelementning integral sezgirliigi (j) I ning barcha qiymatlari uchun hisoblanadi.
6. Olingan tajriba natijlari 2-jadvalga yozib boriladi.

2-jadval

N ^o	$U, \text{ V}$	$l, \text{ m}$ uzoqlashtirish	$I_F, \mu\text{A}$	$l, \text{ m}$ yaqinlashtirish	$I_F, \mu\text{A}$	$\langle I_F \rangle, \mu\text{A}$	$j, \mu\text{A}/\text{lm}$
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
6.							
8.							
9.							
10.							

7. Olingan malumotlar asosida yorug'lik oqimi Φ bilan fototok orasidagi bog'lanish grafigi chiziladi. Grafikdan foydalanib, burchak tangensining qiymati hisoblanib, fotoelementning sezgirliigi topaladi va tajribadan olingan natijasi bilan solishtirilib ko'raladi.

Sinov savollari

1. Fotoeffekt nima, uning qanday turlari mavjud?
2. Fototokning qiymati qanday kattaliklarga bog'liq?
3. Tashqi fotoeffektning 4 ta qonunini ayting.
4. Tashqi fotoeffekt uchun Eynshteyn formulasini yozing va uni tushuntiring.
5. Chiqish ishi nima?
6. Fotoeffektning qizil chegarasi nima?
7. To'xtatish kuchlanishi nima?

16 – laboratoriya ishi

TERMOPARA DOIMIYSINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Kontakt hodisalarini o'rganish. Qurilma tavsifi bilan tanishish va termoparani darajalash.

Kerakli asboblari: termopara, isitgich, termometr, qarshiliklar magazini, mikroampermetr.

Ishni bajarish uchun asos

1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo'yicha to'liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

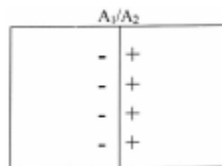
Ishni himoya qilish uchun asos

1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

NAZARIY QISM

Ikki xil metall o'zaro tekkazilganda kontakt potentsiallar farqi yuzaga keladi. Juftlangan metallarning kontakt potentsiallar farqi ularning ximiyaviy tarkibiga va temperaturasiga bog'liq. Kontakt potentsiallar farqining yuzaga kelish sababini metallarning elektron nazariyasi tasavvurlari asosida tushintirish mumkin.

1. Ikki xil metall kontaktidan iborat zanjirni tasavvur etaylik (16.1-rasm). Birinchi metallning chiqishi ishi A_1 , ikkinchi metallniki esa A_2 bo'lsin (*chiqish ishi* deganda metall sirtidan elektronlarni vakuumga chiqishi uchun zarur bo'lgan minimum energiya tushiniladi). Harkatlanuvchi elektronlarning eng katta tezlikka ega bo'lganlari kontakt sirtlari orqali birinchi metall dan ikkinchisiga, ikkinchisidan birinchisiga o'tib turadi.



16.1 – rasm

Agar birinchi metallning chiqish ishi A_1 ikkinchi metallning chiqish ishi A_2 dan katta bo'lsa, u holda sharoitlar bir xil bo'lgan holda, birinchi metall dan elektronlarning chiqishi ikkinchisining qaraganda qiyinroq bo'ladi.

Elektronlarning kontakt sirtlari orqali o'zaro o'tishi natijasida birinchi metall da elektronlar ikkinchisiga qaraganda ko'proq to'planadi. O'zaro tekkazilganda ikki metallning chiqish ishlari turlicha bo'lganligi tufayli, kontakt potentsiallar farqi quydagiga teng bo'ladi:

$$\Delta\varphi' = \varphi_1' - \varphi_2' = -(A_1 - A_2)/e, \quad (16.1)$$

bunda e – elektronning zaryadi. Mazkur (16.1) ifodga ko'ra birinchi metall manfiy ishora bilan zaryadlanishi, ikkinchisining esa elektronlar yetishmasligi tufayli musbat ishora bilan zaryadlanishi ko'rinadi. (Bunda $\varphi_1 < \varphi_2$ ekanligiga e'tibor bering).

2. Metallarda erkin elektronlar konsentratsiyasi n_0 turlicha bo'lganligi natijasida kontakt potentsiallar farqi hosil bo'ladi. (n_0 – birlik hajmdagi erkin elektronlar soni). Elektronlarni ideal gaz deb tasavvur qilib, unga ideal gaz bosimi formulasini qo'llaymiz:

$$p = n_0 k T. \quad (16.2)$$

Bu ifodada k – Bolsman doimiysi, T – absolyut harorat. Hattoki, bir xil haroratlarda ham elektron gazining metallardagi bosimi p_1 va p_2 turlicha bo'ladi. Bosimlar farqi $p_1 - p_2$ ning ta'siri natijasida birinchi metallardagi elektronlar ikkinchi metallga o'ta boshlaydi. Mazkur o'tish hosil bo'lgan elektr maydonning aks ta'siri bosimlar farqini kompensatsiyalaguncha davom etadi. Ikkinchi metall chegarasida elektronlarning diffuzion o'tishi tufayli yuzaga kelgan potentsiallar farqi:

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = g' (kT/e) \ln(n_{01}/n_{02}). \quad (16.3)$$

Ikki metall orasidagi to'liq kontakt potentsiallar farqi (16.1) va (16.3) ifodalarning yig'indisiga teng, ya'ni:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi' + \Delta\varphi'' = -(A_1 - A_2)/e + (kT/e) \ln(n_{01}/n_{02}). \quad (16.4)$$

(16.4) ifodaning klassik tasavvurlar asosida olingan ikkinchi hadi unchalik aniq bo'lmagan miqdoriy natijalarni beradi. Aniqroq natijalar kerak bo'lgan hollarda klassik tasavvurlar kvant nazariya bilan almashtiriladi.

Ikki xil metall o'tkazgichlarni kavsharlab, berk zanjir tuzaylik (16.2-rasm). Mazkur berk zanjirlarning elektr yurituvchi kuchi potentsial sakrashlarining algebraik yig'indisiga teng, ya'ni:

$$\varepsilon = \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2.$$

$T_1 > T_2$ shart bajarilgan holda esa elektr yurituvchi kuch $\varepsilon > 0$ va u

$$\varepsilon = (k/e) \ln(n_{01}/n_{02}) (T_1 - T_2) \quad (16.5)$$

ga teng. (16.5) ifodadagi $(k/e) \ln(n_{01}/n_{02})$ koeffitsiyent muayyan metall jufti uchun o'zgarmas kattalik bo'lganligi tufayli uni C harfi bilan belgilaymiz. U holda (16.5) ifoda quydagi ko'rinishga keladi.

$$\varepsilon = C(T_1 - T_2). \quad (16.6)$$

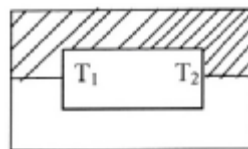
(16.6) ko'ra, termoelektrik yurituvchi kuch kavsharlarning haroratlari farqiga to'g'ri mutanosibdir. Bu ifodadan C koeffitsiyentni topaylik:

$$C = \varepsilon / (T_1 - T_2). \quad (16.7)$$

Mazkur formulaga ko'ra C koeffitsiyent *kavsharlar haroratlari farqi 1 gradusga teng bo'lganda berk konturda hosil bo'ladigan termoelektrik yurituvchi kuchga* son jihatidan teng.

Metallardagi termoelektrik hodisalar haroratlarini o'lchashda qo'llanadi. Bu maqsadlar uchun o'zaro kavsharlangan ikki xil metallardan iborat termoparalardan foydalanadi. Kavsharlarning biri harorati t o'lchanadigan muhitga, ikkinchisi esa uzgarmas t_0 haroratli muhitga joylashtiriladi. Termopara haroratni keng intervalda o'lchash imkonini beradi. Xususan, temir-konstantandan iborat termopara haroratni 5000°C gacha o'lchashi mumkin va doimiy $C = 5,3 \cdot 10^{-5} \text{ V/grad}$ ga teng.

Mazkur ishda termopara darajalanadi, ya'ni galvanometrning ko'rsatishi bilan haroratlar farqi orasidagi bog'liklik grafik tarzida $n = f(t - t_0)$ topiladi. Uning asosida termopara doimiysi C topiladi.

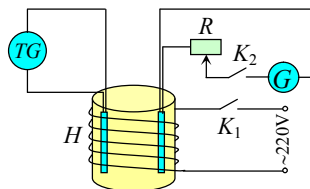


16.2 – rasm

Qurilmaning tavsifi va ishlash usuli

- a) Termoparani darajalash 16.3-rasmda ko'rsatilgan qurilma yordamida amalga oshiriladi.

Termopara doimiysi C ni aniqlash quyidagicha amalga oshiriladi. Qarshilik $R_1=0$ o'chirilgan (uzilgan) holatda haroratlar farqi $t-t_0$ ga mos termotok kuchi I_0 o'lchanadi. Keyin huddi shu haroratlar farqiga mos tok kuchi I_1 ni, termoparaga qarshilikni ketma-ket ulab o'lchanadi. Unda Om qonuniga binoan quyidagi tenglamalarga ega bo'lamiz:



16.3 - rasmda

$$\varepsilon = I_0 R_0; \quad \varepsilon = I_1 (R_0 + R_1). \quad (16.8)$$

(16.8) ifodada R_0 – galvanometr va termoparaning noma'lum ichki qarshiligi. Mazkur tenglamalar sistemasini yechish natijasida

$$\varepsilon = \frac{I_0 I_1}{I_0 - I_1} R \quad (16.9)$$

hosil bo'ladi. (16.8) formuladagi ε ning qiymatini (16.6) ga quyib

$$C = \frac{I_0 I_1 R}{(I_0 - I_1)(t_1 - t_0)} \quad (16.10)$$

ni topamiz. Tok kuchi $I_0 = k_i \cdot n_0$, $I_1 = k_i \cdot n_i$ ga teng bo'lib, bunda k_i –galvanometrning sezgirligi n_0 va n_i galvanometrning I_0 va I_i tok kuchlariga mos bo'lgan ko'rsatishi. (16.10) formulaga I_0 va I_i lar qo'yilgandan so'ng u quyidagi ko'rinishga keladi:

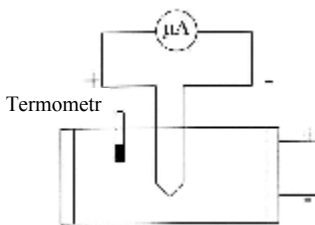
$$C = \frac{n_0 n_i R k_i}{(n_0 - n_i)(t_1 - t_0)}. \quad (16.11)$$

Ishni bajarish tartibi

1. Sxema yig'iladi (tekshiriladi). Sovuq kavsharning temperaturasi o'lchanadi.
 2. Isitgich tok manbaiga ulanadi va har 10°C temperatura oralatib, qarshilik R ulanmagan holdagi galvanometrning ko'rsatishlari mos ravishda n_0 va n_i lar aniqlanadi. O'lchashlar $130\div 140^\circ\text{C}$ temperaturaga qadar olib boriladi.
 3. Galvanometrning ko'rsatishi bilan temperaturalar farqi $n=f(t-t_0)$ ning grafigi chiziladi va (16.11) formuladan C hisoblanadi. Uning o'rtacha qiymati olinib absolyut va nisbiy xatolik topiladi.
 4. Darajalovchi grafikdan foydalanib qizigan kavshar temperaturasi topiladi. Buning uchun galvanometrning ko'rsatishi n_0 ga mos temperaturalar farqi grafikdan $\Delta t = t_1 - t_0$ aniqlanadi. Keyin esa $t_1 = t_0 + \Delta t$ hisoblanadi.
- b) Elektrotexnika stolida 16.4-rasmdagi sxema yig'iladi. Mazkur sxemada isitgich sifatida kuchlanishi $U=120\text{ V}$ gacha bo'lgan o'zgarmas tok vositasida qizdiriladigan PEV-50 –22 Ω qarshilik qo'llaniladi. Termoparada hosil bo'ladigan tok mikroampermetr vositasida o'lchanadi.

Ishni bajarish tartibi

1. Sxema yig'iladi. Sxema kuchlanish manbaiga ulanib $0 \div 120$ V kuchlanish beriladi.
2. Istgichga termometr kiritilib termoparaning sovuq holdagi temperaturasi o'lchanadi.
3. Kuchlanishni 0 dan 30 V gacha o'zgartirib mikroampermetrdagi 2, 4, 6 μA toklar termoparaning qanday temperaturasi mos kelishini o'lchab olinadi. O'lchashlar asosida termopara toki I ning qizdirilgan va sovuq temperaturalari farqi ($T_q - T_s$) orasidagi bog'lanish grafigini chizing (termoparani darajalash grafigi).
4. Termoparani darajalash grafigidan $I=3$ va 5 μA toklarga mos keluvchi termoparaning temperaturalari aniqlanadi.



Sinov savollari

1. Chiqish ishi deb nimaga aytiladi?
2. Kontakt potentsiallar farqi deb nimaga aytiladi?
3. Kontakt potentsiallar farqi vujudga kelish sababini tushuntirib bering.
4. Sovuq va issiq kavsharlarda potentsial sakrashlar natijasida vujudga keladigan termoelektrik yurituvchi kuch ifodasini yozing.
5. Termoelektr yurituvchi kuch deb nimaga aytiladi va u qanday kattaliklarga bog'liq?
6. Termopara doimiysi deb nimaga aytiladi va u amalda qanday aniqlanadi?
7. Termopara yordamida jismning haroratini o'lchash usulini tushintirib bering.

17 – laboratoriya ishi

YARIM O'TKAZGICHLI TO'G'RILAGICHNING ISHLASHINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: yarim o'tkazgichli ($p-n$ o'tish) to'g'rilagichning volt-amper xarakteristikasi (VAX) ni olish.

Kerakli asboblari: yarimo'tkazgichli diod, ampermetr, voltmeter, o'zgarmas tok manbai.

Ishni bajarish uchun asos

1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval bo'yicha to'liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

Ishni himoya qilish uchun asos

1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

NAZARIY QISM

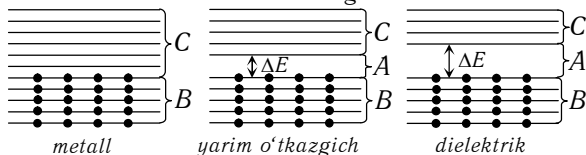
Tabiatdagi jismlar elektr nuqtai nazaridan metallarga, dielektriklarga va yarim o'tkazgichlarga bo'linadilar. Metallar o'zidan elektr tokini yaxshi o'tkazadilar. Ularning solishtirma qarshiliklari juda kichik ($\rho_{\text{metall}}=10^{-6}\div 10^{-8} \Omega\cdot\text{m}$).

Dielektriklar o'zlaridan elektr tokini yomon o'tkazadilar; ularning solishtirma qarshiliklari nihoyatda katta ($\rho_{\text{met}}=10^8\div 10^{13} \Omega\cdot\text{m}$).

Yarim o'tkazgichlar deb shunday moddalarga aytiladiki, ularning elektr o'tkazuvchanligi sharoitning (temperatura, bosim, yorug'lik, magnit maydoni va boshqalar) o'zgarishiga qarab keskin o'zgaradigan qattiq jismlarga aytiladi.

Ularning solishtirma qarshiliklari $\rho=10^{-8}\div 10^6 \Omega\cdot\text{m}$ oraliqda bo'ladi.

Kremniy (Si), Germaniy (Ge) va Selen (Se), Bor (B) keng tarqalgan yarim o'tkazgichlardir. Yarim o'tkazgichlarning hossalarni klassik elektron nazariyasi yordamida to'la tushuntirib bo'lmaydi. Ularni kvant mexanikasi va hozirgi zamon qattiq jismlar fizikasi yordamida tushuntiriladi. Qattiq jism zonalar nazariyasiga asosan elektronlar qattiq jismlarda ma'lum bir energetik sathlar bo'yicha joylashgan bo'ladi. Bu joylashish metall, dielektrik va yarim o'tkazgichlar uchun keskin farq qiladi. Energetik zonalar 17.1-rasmda ko'rsatilgan.



17.1-rasm

Bu yerda B – valent zonasi, C – o'tkazuvchanlik zonasi va A – ruxsat etilmagan zona.

Metallni tashqi elektr maydoniga kiritdik, valent zonadagi elektronlar elektr maydon yo'nalishida qo'shimcha impuls olib o'tkazuvchanlik zonasiga o'tadilar. Natijada, metallda tokni vujudga keltiruvchi elektronlarning tartibli harakati vujudga keladi. Ammo issiqlik ta'sirida ham elektronlar valent zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga impuls olib o'tishi mumkin, lekin ular tartibsiz harakatda bo'lganligi sababli tok hosil qilmaydi.

Yarimo'tkazgichlarda ta'qiqlangan zona energiyasi (A zonasi, rasimga qarang) $0 < \Delta E \leq 6 \text{ eV}$ oraliqida bo'ladi. Yarimo'tkazgichlarni ozgina qizdirsak, elektronlar valent zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tadilar. Buning natijasida yarim o'tkazgichlar elektr maydon ta'sirida o'zidan elektr tokini o'tkazadigan bo'lib qoladi. Yarimo'tkazgichlarda elektronlar valent zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'ta boshlaganda valent zonada hosil bo'lgan bo'sh joy (kavak) *p*-tipi tok tashuvchi zaryad, hamda C o'tkazuvchanlik zonasida *n*-tipi tok tashuvchi elektronlar o'tkazuvchanliklarini vujudga keltiradi.

Shunday qilib yarimo'tkazgichlarda tashqi maydon ta'sirida elektronlarni maydonga qarshi, kavaklarni maydon bo'yicha harakatini vujudga keltiradi. Bu o'z navbatida elektronli "*n*" va kavakli "*p*" o'tkazuvchanlikni vujudga keltiradi. Elektron harakati tufayli hosil bo'lgan tokka *elektron toki*, kavakning harakati natijasida hosil

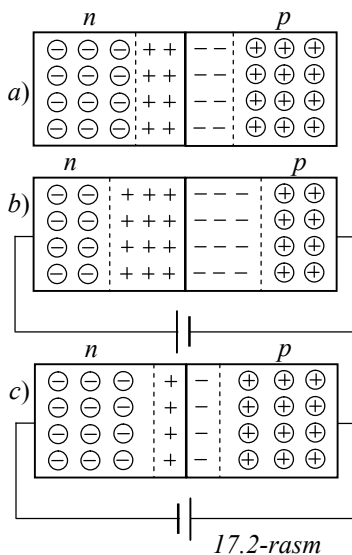
bo'lgan tokka *kavak toki* deb ataladi. Bunday holatlarda yarimo'tkazgichlarda *xususiy o'tkazuvchanlik* hosil bo'ladi. Hususiy o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarimo'tkazgichlardan tashqari aralashmali yarimo'tkazgichlar ham mavjuddir. Yarim o'tkazgich hajmiga kirgan begona atomlar aralashmasi o'tkazuvchanlik zonasiga (C) qo'shimcha elektron bersa, bunday aralashma *donor aralashma* deyiladi, agar kiritilgan begona atomlar valent zonasidan elektron olsa *akseptor aralashma* deyiladi. Yarimo'tkazgichlarda aralashmaning energetik sahlari ta'qiqlangan zonada bo'lib, o'tkazuvchanlik zonasiga yaqin joylashgan bo'ladi, akseptorlarning energetik sahlari esa valent zonasiga yaqin bo'ladi. Elektron o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarim o'tkazgichlarni *n-tipdagi*, teshikli (kavakli) o'tkazuvchanlikka ega bo'lganini *p-tipdagi* yarim o'tkazgichlar deb yuritiladi. Yarimo'tkazgichlarning *n*-tipi va *p*-tipi kontaktga keltirilganda, *p-n* o'tish hosil bo'ladi. Bunday *p-n* o'tish yaxlit kristallda hosil qilinadi. *p-n* o'tish chegarasida ichki elektr maydon ta'sirida elektronlar *n*-o'tkazuvchanlik qatlamidan *p*-o'tkazuvchanlik qatlamiga va bu qatlamdagi teshiklar *p*-o'tkazuvchanlik qatlamidan *n*-o'tkazuvchanlik qatlamiga o'tadilar. Bu o'tish jarayoni termodinamik muvozanat vujudga kelgunga qadar davom etadi. Natijada *p-n* chegarasida hajmiy zaryad qatlami hosil bo'ladi (17.2 a-rasmga qarang).

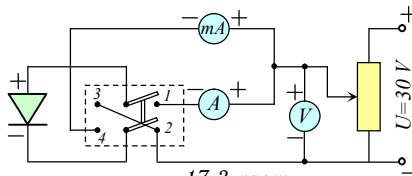
Bu qo'shzaryad qatlami ichki elektr maydon kuchlanganligini hosil qiladi. Bu *p-n* o'tishli yarim o'tkazgichni 17.2 b-rasmga ko'rsatilgandek qilib tashqi elektr maydonga ulansa, kontaktga hosil bo'lgan elektr potensial to'siqning qiymati ortib ketadi hamda *n* va *p* larning chegaradan o'tishi nihoyatda kamayadi, natijada *p-n* o'tish qarshiligining keskin ortishiga olib keladi. Natijada zanjirdan o'tayotgan tok miqdori keskin kamayadi va bu tokka *teskari tok* deyiladi. Agarda *p-n* o'tishga 17.2 c-rasmga ko'rsatilgandek elektr manbai ulansa, hajmiy zaryad qatlami qalinligi kichrayadi, potensial to'siq kamayadi, buning natijasida qarshilik keskin kamayadi. Bu esa tokni keskin ortishiga olib keladi va bu tokka *to'g'ri tok* deyiladi.

Agar o'zgarmas elektr manbaini o'zgaruvchan elektr manbai bilan almashtirsak, kuchlanining ma'lum bir yarim davrida zanjirdan tok o'tadi, ikkinchi yarim davrida esa tok o'tmaydi. Bunday holat yarimo'tkazgichning *tokni to'g'rilovchi* jarayoni deyiladi.

Yarimo'tkazgichdan tokning o'tishi unga qo'yilgan kuchlanish U ga bog'liq bo'ladi. Tok kuchi I ni kuchlanish U ga bog'liqligini xarakterlaydigan egri chiziqqa yarim o'tkazgichni *volt-ampere xarakteristikasi* (VAX) deyiladi.

17.3-rasmga germaniyli yarimo'tkazgichli to'g'rilagichning volt-ampere xarakteristikasini olish sxemasi ko'rsatilgan.





Ishni bajarish tartibi

1. Elektr sxema yig'iladi. PK ulagichni 1-2 holatga ulaganda A ampermetrdan o'tayotgan to'g'ri tokning kuchi o'lchanadi; PK ulagichni 3-4 holatga o'tkazilsa, mA milliampermetr yordamida o'tayotgan teskari tokning kuchi o'lchanadi.
2. p - n o'tishli to'g'rilagichga (diodga) qo'yilgan kuchlanish R qarshilik orqali berilib, kuchlanish V voltmetr orqali nazorat qilinadi. Ampermetr, milliampermetr va voltmetrni elektr manbaiga ulaganda albatta bu asboblarning qutblariga nihoyatda e'tibor berish kerak.
3. R qarshilik yordamida kuchlanish U_m ni **0 dan 0,5 V gacha** 0,1 V qadam bilan berilib, har bir berilgan qadamdagi kuchlanishga mos kelgan $I_{to'g'}$ (to'g'ri) tok kuchi o'lchab boriladi. Huddi shu tarzda PK ulagichni 3-4 holatga o'tkazib, U_{tes} (teskari) kuchlanishga mos kelgan I_{tes} (teskari) tok kuchining qiymati yozib olinadi. O'lchangan kattaliklar quyidagi jadvalga yoziladi.

1-jadval

№	$U_{to'g'ri}$	$I_{to'g'ri}$	$U_{teskari}$	$I_{teskari}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				

4. O'lchangan kattaliklar asosida x o'qiga kuchlanishni, y o'qiga tok kuchini qo'yib, grafik chiziladi. Bu chizilgan grafik to'g'rilagichning volt-amper xarakteristikasini ko'rsatadi.

Sinov savollari

1. Qattiq jismlarning zonalar nazariyasini qisqacha tushuntirib bering.
2. Donor va akseptor aralashmalarini tushuntiring.
3. Yarim o'tkazgichli to'g'rilagichlarning to'g'rilash xususiyatlarini tushuntiring.
4. To'g'ri va teskari toklarni hosil bo'lishini tushuntiring.

Adabiyotlar

1. Axmadjonov O., Fizika kursi, T.2, – T.: O'qituvchi, 1989.
2. Detlaf A.A., Yarovskiy B.M., Fizika kursi, – M.: Akademiya, 2007.
3. Savelev I.V., Umumiy fizika kursi, T.2, – M.: Oliy maktab, 1989.
4. Xaydarova M.Sh., Nazarov U.K., Fizikadan laboratoriya ishlari, – T.: O'qituvchi, 1989.
5. Maysova N.N., Umumiy fizikadan praktikum. – M.: Oliy maktab, 1973.

**YUSUPOV Djavdat Bakidjanovich
KAMOLXO'JAEV Sharobuddin Muxitdinovich
GAIBOV Abdumalik Gaybullaevich
UZOQOV Abdulla Abduraimovich**

**FIZIKA FANIDAN
LABORATORIYA ISHLARI UCHUN
USLUBIY KO'RSATMA**

II qism

(ELEKTR VA MAGNETIZM, OPTIKA, KVANT MEXANIKASI)

Laboratoriya ishlarini bajarish
bo'yicha uslubiy ko'rsatma

**Muharrir Sadikova K.A.
Musahhih Adilxodjaeva Sh.**