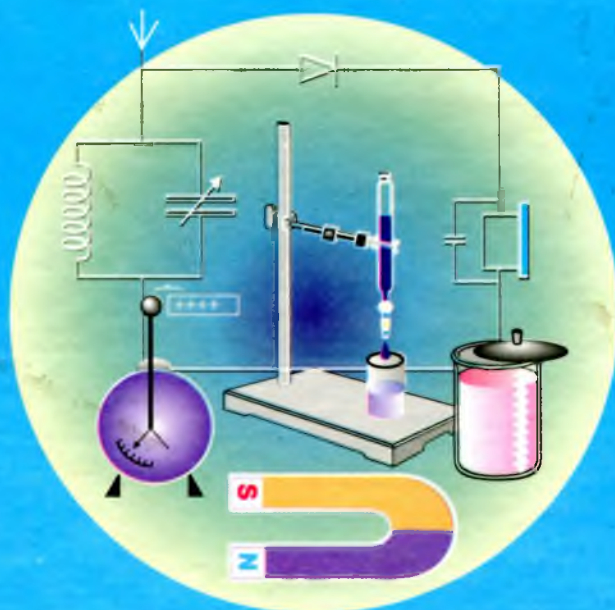


Y53(075)
F-72

FIZIKA

LABORATORIYA ISHLARI

Akademik litsey va kasb-hunar
kollejlari uchun



753(075)
F-72
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
O'RTA MAXSUS KASB-HUNAR TA'LIMI MARKAZI
O'RTA MAXSUS KASB-HUNAR TA'LIMINI
RIVOJLANTIRISH INSTITUTI

FIZIKA

LABORATORIYA

ISHLARI

*Akademik litsey va kasb-hunar
kollejlari uchun o'quv qo'llanma*

2- nashri

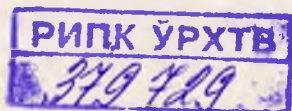
TOSHKENT «O'QITUVCHI» 2003

NAZORAT NUSXA

Mualliflar: J. NURMATOV, M. I. ISROILOV,
M. NISHONOVA, A. AVLIYOQULOV.

Taqrizchilar: Guliston davlat universiteti qoshidagi akademik
litseyning oliy toifali fizika o'qituvchisi, dotsent
T. RISBOYEV.

Fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent
A. S. NO'MONXO'JAYEV.



N 4306021200—26 Qat'iy buyurtma — 2003
353(04)—2003

ISBN 5—645—03989—0

© „O'qituvchi“ nashriyoti, 2002- y.

MUQADDIMA

O'zbekiston Respublikasining «Kadrlar tayyorlash milliy dasturi», «Ta'lim to'g'risida»gi qonun va uni amalga oshirish bo'yicha chiqarilgan O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Farmonlari va Vazirlar Mahkamasining qarorlarini o'z vaqtida bajarish Davlat ta'lim standartlarida ko'rsatilgan har bir o'quv fanini har tomonlama mukammal o'qitishga, talabalar bilimni chuqurlashtirishga, ularning ko'nikma va malakalarini rivojlantirishga xizmat qiladi.

Har qanday jamiyatda texnika taraqqiyoti, kundalik turmush tarzidan tortib yuqori avtomatlashgan ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarishgacha fizika fani qonuniyatlarisiz amalga oshmaydi. Shu nuqtai nazardan olib qaraganda alohida fizika fanini ham nazariy o'qitish, ham amaliyotda tatbiq etishga e'tibor berish—shu kunning muhim vazifasidir.

Zero, fizika fani qonunlari amaliyotda eng ko'p qo'llanilganligi uchun ham uni o'qitishdagi tajriba-amaliyot ishlariga alohida e'tibor berish vaqti yetib keldi. Mazkur o'quv qo'llanma shu maqsadda yozilgan bo'lib, unda akademik litseylarda «Aniq fanlar» yo'nalishi bo'yicha fizika fanini o'qitishdagi eng zaruriy laboratoriya ishlari berilgan.

O'quv qo'llanmada 70 ga yaqin laboratoriya ishining metodik tavsiyanomalari berilgan bo'lib, unda laboratoriya ishlarining mavzusi, maqsadi, qisqacha nazariyasi, qo'llaniladigan asbob-uskunalar ro'yxati keltirilgan.

Mualliflar mazkur ishning qo'lyozmasini o'qib, o'z fikr-mulohazalarini bildirgan O'zbekiston Milliy universitetining dotsenti B. Yo'ldoshev va professori K. Tursunmetovlarga, Toshkent pedagogika universiteti dotsentlari M. Mamadazimov, U. Begimqulovlarga hamda Toshkent arxitektura qurilish instituti «Fizika» kafedrası mudiri va institut qoshidagi litsey direktori, dotsent A. S. No'monxo'jayevga o'z samimiy minnatdorchiliklarini izhor etadilar.

Ushbu qo'llanma akademik litsey va kasb-hunar kollejlari o'quvchilari uchun mo'ljallangan. Undan ko'p sonli fizika amaliyotini o'rganuvchilar ham foydalanishlari mumkin.

Qo'llanma haqidagi fikr-mulohazalaringizni nashriyot manziliga yuborishingizni so'raymiz va avvaldan Sizlarga tashakkur bildiramiz.

FIZIK KATTALIKLAR QIYMATLARINI O'LCHASH VA ULARNING XATOLIKLARINI ANIQLASH USULLARI

O'lchashdagi xatoliklar. Tadqiqotda fizik kattalikni o'lchash — bu eng muhim va mas'uliyatli ish. Biror kattalikning o'lchangan son qiymati uning aniq qiymatidan qancha katta yoki kichikligini aniqlash muhimdir.

Bevosita o'lchash usulida biror aniq fizik kattalik o'lchov asboblarning ko'rsatishi asosida (masalan, vaqt—sekundomer, tok— ampermetr, yoritilganlik—lyuksmetr yordamida va sh.k.) aniqlanadi.

Ko'pchilik hollarda qidirilayotgan fizik kattalikni o'lchov asboblari ishlatmasdan, bog'lanishlar asosida hisoblash yo'li bilan ham topish mumkin. Masalan, jismning erkin tushish tezlanishi g ni o'lchov asboblari bilan o'lchab bo'lmaydi. Uni aniqlashda jismning biror h balandlikdan erkin tushishi uchun ketgan t vaqt sekundomer bilan, h balandlik chizg'ich bilan o'lchanadi va $u = h = gt^2/2$ formuladan foydalanib hisoblab topiladi. So'ngra g ning tajribada aniqlangan qiymati uning o'zgarmas kattaliklar kiritilgan jadvaldagi qiymati bilan taqqoslanadi. Xuddi shunday $Q = mc(T_2 - T_1)$ dan m , c , T_2 , T_1 kattaliklarning o'lchangan va jadvalda keltirilgan qiymatlari asosida issiqlik miqdori hisoblanadi va h.k.

Yuqorida keltirilgan hisoblash yoki o'lchash usullarida o'ziga xos xatoliklarga yo'l qo'yiladi.

Sanash bilan hisoblanadigan ayrim holatlarda, masalan, sinfdagi o'quvchilar sonini, stol ustidagi o'quvchi foydalana-yotgan kitoblar sonini hisoblashda va sh.k.da mutlaqo xatolik bo'lmasligi mumkin. Demak, har qanday turdagi fizik kattalikni o'lchashda muayyan xatolikka yo'l qo'yiladi. Unda *haqiqiy qiymat* (x_{haq}) bilan o'lchangan x *qiymat* o'rtasida musbat yoki

manfiy ishorali Δx farq bo'ladi. Bundan o'lchangan har qanday kattalik o'ziga xos xatolik bilan tavsiflanadi, degan fikr kelib chiqadi.

Xatoliklar ikki xil: sistematik xato va tasodifiy xato bo'ladi. *Sistematik xatoliklar* o'lchov asboblarning nosozligidan, ularning noto'g'ri ishlatilishidan hamda qo'llanilgan nazariyaning nomukammalligi, ya'ni hamma hodisalar e'tiborga olinmaganligidan paydo bo'ladi.

Tasodifiy xatoliklar o'lchash vaqtida nazorat qilib bo'lmaydigan tasodifiy ta'sirlar hisobiga paydo bo'ladi. Bu xatolik hisobiga o'lchash natijasi ma'lum qiymatga ortishi yoki kamayishi mumkin. Ushbu xatolikni hisobga olishda eng yaxshi usul — hamma o'lchash natijalarining o'rta arifmetik qiymatini olishdir, ya'ni:

$$x_{o'n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

$x_{o'n}$ ma'lum darajadagi xatolik bilan aniqlanadi. Shuning uchun ma'lum qiymatni undan ayirish yoki unga qo'shish zarur. Bu xatolik *o'lchashning absolut xatoligi* deyiladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta x_i = |x_{o'n} - x_i|, \quad (2)$$

uning o'rtacha qiymati esa

$$\Delta x_{o'n} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i}{n} \quad (3)$$

dan topilib, biror fizik kattalikning yaqinlashgan qiymati quyidagicha yoziladi:

$$x = x_{o'n} \pm \Delta x_{o'n}. \quad (4)$$

Yuqoridagi ifodalarda n — o'lchashlar soni; x_i — biror i -o'lchash natijasi; $x_{o'n}$ — hamma o'lchangan natijalarning o'rta arifmetik qiymati; Δx_i — i -o'lchash uchun absolut xatolik bo'lib, $\Delta x_{o'n}$ — uning o'rtacha qiymati.

O'lchashning sifati to'g'risida gap ketganda absolut xatolik yetarli bo'lmay qoladi. O'lchashning sifati faqat nisbiy xatolik asosida baholanishi mumkin.

Nisbiy xatolik deb, absolut xatolikning o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy yoki o'rtacha qiymati nisbatiga aytiladi va u foiz hisobida olinadi, ya'ni

$$E = \frac{\Delta x_{o'rt}}{x_{o'rt}} \cdot 100\% . \quad (5)$$

Masalan, havoning temperaturasi $t = 40^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ bo'lsa, nisbiy xatolik

$$E = \frac{0,5^{\circ}\text{C}}{40^{\circ}\text{C}} \cdot 100\% = 1,25\% \text{ bo'ladi.}$$

O'lchashlar soni qancha ko'p bo'lsa, nisbiy xatolikning ahamiyati shunchalik ortadi. Chunki o'lchashlar ko'p bajarilganida xatolik kamayadi. Undan tashqari, bir laboratoriya ishida o'lchanadigan barcha kattaliklarning nisbiy xatoliklari turli xil bo'lishi ham mumkin. Masalan, biror simning hajmini aniqlash kerak bo'lib, uning uzunligi santimetrli tasma yordamida o'lchanganda $256 \pm 0,5$ sm bo'lsin. Bunda nisbiy xatolik quyidagiga teng bo'ladi:

$$E_l = \frac{0,5}{250} \cdot 100\% = 0,2\% .$$

Simning diametri shtangensirkul yordamida o'lchanganda $2,0 \pm 0,06$ mm qiymat olinsa, uning nisbiy xatoligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$E_d = \frac{0,06}{2,0} \cdot 100\% \approx 3\% .$$

Ko'rinib turibdiki, simning uzunligi va diametrini o'lchashlardagi nisbiy xatoliklar bir-biridan ancha farq qiladi, ya'ni biri 0,2%, ikkinchisi 3% bo'layapti. Demak, diametrni o'lchash aniqligini yana ham oshirish kerak. Sim diametrini mikrometrda o'lchash yo'li bilan o'lchash aniqligini oshirish mumkin.

Takrorlanuvchi sistematik xatoliklar. O'lchashlarda olingan natijaning kutilgan natijadan ma'lum qiymatga farq qilishini tadqiqotchi o'lchov asboblarning yo'riqnomasi va o'lchashni o'tkazish usuliga mos ravishda nazorat o'lchashlarini bajarish yo'li bilan aniqlaydi. Har doim takrorlanadigan xatolikni topish va uni tuzatish albatta tadqiqotchining bilimdonligiga va sezgirlikiga bog'liq bo'ladi. Hamma joyda talab

qilinganidek, tajribani qo'yish va tadqiqot natijalarini o'lchov asboblari yordamida aniqlashdan avval, birinchi navbatda, elektr, mexanik va gidravlik va sh.k. o'lchov asboblari davlat o'lchov standarti talabiga mos tushishi tekshiriladi. Elektr o'lchov asboblaridan ampermetr, voltmeter, chastotamer, vattmetr, potensiometr, ko'priq va sh.k.lar har yili (yoki olti oyda) bir marta tekshiriladi va ularning aniq o'lchash sinfi ko'rsatiladi. Sinflarning (ya'ni o'lchash aniqligi %) 0,01; 0,1; 1 ko'rinishda berilishi o'lchov asbobi 1/100; 1/10; 1/1 aniqlikda o'lchay oladi, degan ma'noni bildiradi. O'lchov asbobi shkalasida asbob turining yoniga «0,1» belgi qo'yilgan bo'lsa, bu yozuv asbob 0,1% xatolik bilan o'lchaydi, degan ma'noni bildiradi.

Mexanik, elektr, optik o'lchov asboblarida ham o'lchash xatoliklari ko'rsatiladi. Masalan, po'latdan yasalgan metall chizg'ichning aniqligi $\pm 0,5$ mm, mikrometrniki $\pm 0,01$ mm, shtangensirkulniki $\pm 0,05$ mm.

Har qanday o'lchash ishlari olib borilganida bir o'lchashning o'zida ham tasodifiy, ham sistematik xatoliklar bo'lishi mumkin. Bunday holatlarda umumiy xatolikning kvadrati shu xatoliklar kvadratlari yig'indisiga teng bo'lishi mumkin, ya'ni:

$$\sigma_{um}^2 = \sigma_{tas}^2 + \sigma_{sist}^2$$

yoki

$$\sigma_{um} = \sqrt{\sigma_{tas}^2 + \sigma_{sist}^2}. \quad (6)$$

Natijalarga ishlov berish va xatoliklarni aniqlashda eng muhim tartibni eslatib o'tamiz.

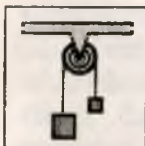
O'lchanishi kerak bo'lgan fizik kattalik qiymati kamida uch marta aniqlanadi, masalan:

$$I_1 = 2,10 \text{ A}; I_2 = 2,15 \text{ A}; I_3 = 2,17 \text{ A}; I_h = (I_1 + I_2 + I_3) / 3 = I_{o'n},$$

$$I_{o'n} - I_1 = \Delta I_1; \quad I_{o'n} - I_2 = \Delta I_2; \quad I_{o'n} - I_3 = \Delta I_3,$$

$$(\Delta I_1 + \Delta I_2 + \Delta I_3) / 3 = \Delta I_{o'n}.$$

Bunda I_h – zanjirdagi haqiqiy tok kuchi; $I_{o'n}$ – zanjirdagi o'rtacha tok kuchi; $\Delta I_{o'n}$ – tok kuchini o'lchashda uchrashi mumkin bo'lgan o'rtacha absolyut xatolik. U holda nisbiy xatolik 1,21% ni tashkil etadi.



I BOB

MEXANIKA

1.1. TO'G'RI GEOMETRIK SHAKLDAGI JISMLARNING ZICHLIGINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Jismlarni tarozida tortib, ularning massalarini aniqlashni o'rganish. 2. Har xil to'g'ri geometrik shakldagi jismlarning massalarini tarozi yordamida o'lchab va ularning chiziqli o'lchamlari orqali hajmini topib, moddalarining zichligini aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Moddalarning zichliklari ularning turlariga qarab har xil bo'ladi. Zichlik fizik kattalik bo'lib, jism massasining hajmiga nisbatiga teng va ρ harfi bilan belgilanadi hamda SI o'lchov birliklari sistemasida kg/m^3 da o'lchanadi. Moddaning zichligini aniqlash uchun uning massasi tarozida tortiladi va hajmini o'lchash usuli bilan aniqlab, bu kattaliklarning qiymatlari $\rho = m/V$ formulaga qo'yiladi va zichlik hisoblash yo'li bilan topiladi. Agar jism biror oddiy geometrik shaklga ega bo'lsa, jismning hajmi uning chiziqli o'lchamlarini o'lchash orqali aniqlanadi.

Aniq geometrik shaklga ega bo'lgan jismlarning zichligini aniqlashda quyidagi shakllardan foydalanish mumkin:

1. Parallelepiped shaklidagi jismning uzunligi l , eni b va balandligi h bo'lsin. U holda parallelepipedning hajmi quyidagiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$V = lbh. \quad (1)$$

Agar tarozida tortilgan jismning massasi m bo'lsa, uning zichligi quyidagi ifodadan hisoblab topiladi:

$$\rho = \frac{m}{lbh}. \quad (2)$$

2. Kub shaklidagi jism qirrasining uzunligi l bo'lsa, uning hajmi $V = l^3$ bo'lganligidan, kub shaklidagi jismning zichligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\rho = \frac{m}{l^3}, \quad (3)$$

bunda m — jism massasi.

3. Silindr shaklidagi jismning balandligi h , radiusi R bo'lsa, uning hajmi $V = \pi R^2 h$ bo'ladi, binobarin, zichligi quyidagi ifodadan topiladi:

$$\rho = \frac{m}{\pi R^2 h}. \quad (4)$$

4. Shar shaklidagi jismning radiusi R bo'lsa, uning hajmi $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ bo'ladi, mos ravishda, zichligi quyidagi ifodadan topiladi:

$$\rho = \frac{3m}{4\pi R^3}. \quad (5)$$

Geometrik shakldagi qattiq jismlarning o'lchamlari chizg'ich, shtangensirkul, mikrometr yoki o'lchov tasmasidan foydalanib o'lchanadi. Kichik o'lchamdagi jismlarning chiziqli o'lchamlari shtangensirkul va mikrometr yordamida bir necha bor o'lchanadi va ularning o'rtacha qiymati olinadi.

Shtangensirkulning o'zaro sirpanuvchi ichki tomonlari bir-biriga zich tegib turgan holda chizg'ichdagi shkalaning noli bilan nonius noli ustma-ust tushadi. O'lchanishi kerak bo'lgan jism shtangensirkul jag'lari orasiga ohista joylashtiriladi. Jag'larning ichki tomonlari jism sirtlariga zich tekkanidan so'ng, vint mahkamlanadi va shtangensirkulning asosiy shkalasi hamda noniusdan foydalanib, jismning o'lchami aniqlanadi.

Asbob-uskunalar

Zichligi o'lchanishi zarur bo'lgan turli geometrik shakldagi jismlar. Shtangensirkul. Mikrometr. Tarozi toshlari, chizg'ich va boshqa aslahalar.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Jismlarning massasini richagli yoki analitik tarozi yordamida 4 — 5 marta 0,0001 kg aniqlikkacha tortib aniqlang.
3. Jismlarning chiziqli o'lchamlarini shtangensirkul yoki mikrometr yordamida (ularning o'lchash aniqligi darajasigacha bo'lgan aniqlikda) 4—5 marta o'lchang.
4. (2), (3), (4) va (5) formulalarning biridan foydalangan holda berilgan jismlarning zichliklarini hisoblab toping.
5. Har bir jism uchun zichlikning o'rtacha qiymatini toping va adabiyotlarda keltirilgan jadvallardagi moddalar zichliklari qiymatlaridan foydalanib, jismlar qanday moddadan yasalganligini aniqlang.
6. Absolut, nisbiy, o'rta kvadratik va eng katta ehtimoliy xatoliklarni hisoblang.



Nazorat savollari

1. Moddaning zichligi deb nimaga aytiladi?
2. Zichlik qanday birliklarda o'lchanadi?
3. Zichlik jismning shakliga bog'liqmi? Temperaturaga-chi? Geografik kenglikka-chi?
4. Shayinli tarozi bilan prujinali tarozi orasida qanday farq bor? Bu tarozilar yordamida jismlarning og'irliklari qanday o'lchanadi?
5. Qanday o'lchov asboblari bilasiz va ular bilan qanday aniqlikkacha o'lchash mumkin?

1.2. TEKIS TEZLANUVCHAN HARAKATDA TEZLANISHNI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Tezlanuvchan harakatda tezlanish tushunchasini tajriba asosida mustahkamlash. 2. Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismning tezlanishini aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Vaqt o'tishi bilan jismning fazodagi vaziyatining boshqa jismlarga nisbatan o'zgarishi *mexanik harakat* deyiladi. Harakat

tekis, *notekis* va *tekis o'zgaruvchan* bo'ladi. Jism teng vaqtlar oralig'ida bir xil yo'l bosib o'tsa, bunday harakat *tekis harakat* bo'ladi. Aksincha, teng vaqtlar oralig'ida jism har xil yo'l bosib o'tsa, bunday harakat *notekis harakat* bo'ladi. Jismning istalgan teng vaqtlar oralig'ida tezligi bir xil o'zgaradigan harakati *tekis o'zgaruvchan harakat* deb ataladi.

Vaqt birligi ichida tezlikning o'zgarishiga son qiymat jihatidan teng bo'lgan kattalik *tezlanish* deyiladi va u tezlik o'zgarishining shu tezlik o'zgarishi uchun ketgan vaqtga nisbati shaklida ifodalanadi:

$$a = \frac{v-v_0}{t}. \quad (1)$$

Jismning harakat oxiridagi tezligi (1) ifodadan topiladi:

$$v = v_0 + at. \quad (2)$$

Boshlang'ich tezlik, tezlanish va harakatlanish vaqti ma'lum bo'lsa, jismning bosib o'tgan yo'li quyidagicha ifodalanadi:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}. \quad (3)$$

Agar jism boshlang'ich tezliksiz ($v_0 = 0$) harakat qilgan bo'lsa, u holda (3) tenglama quyidagi shaklga keladi, ya'ni

$$s = \frac{at^2}{2}. \quad (4)$$

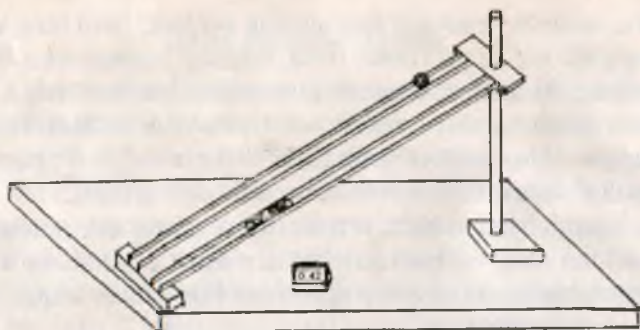
Demak, jismning olgan tezlanishi (4) dan topiladi:

$$a = \frac{2s}{t^2}. \quad (5)$$

Ko'rinib turibdiki, jismning bosib o'tgan yo'li va uni o'tish uchun ketgan vaqt ma'lum bo'lsa, u holda shu jismning harakat tezlanishini topish mumkin.

Asbob-uskunalar

Po'lat va plastmassa sharchalar. Silindrsimon metall va yog'och g'o'lachalar. O'lchov tasmasi yoki chizg'ich. Elektron sekundomer. Turli qalinlikdagi brusoklar. Metallardan yoki yog'ochdan yasalgan, qiyalik burchagi rostlanadigan qo'sh-novli qiya tekislik.



1.2.1- rasm. Laboratoriya ishining qurilmasi.



Ishni bajarish tartibi

1. Novni qiyalikni rostlash sistemasi yordamida yoki uning tagiga yog'och brusoklar qo'yib, gorizontga nisbatan qiya qilib o'rnatish.

2. Novning quyi uchiga metall yoki yog'och silindr o'rnatish.

3. Novning yuqori uchidan sharchani qo'yib yuboradigan nuqtani belgilang.

4. O'lchov tasmasi yoki chizg'ich yordamida sharcha dumalab qiya tekislikda o'tishi kerak bo'lgan s masofani o'lchang.

5. Sharni qiya tekislik yoki novda dumalatib, sekundomer yordamida uning s masofani bosib o'tish vaqtini aniqlang.

6. Formula (5) dan foydalanib, tezlanishni hisoblab toping.

7. Formula (2) dan foydalanib tezlikni aniqlang.

8. $s = f(t)$ funksiya koordinatalarida s yo'lining vaqtga bog'lanish grafigini chizing.

9. Xatolikni hisoblang.

10. Tajriba natijalarini quyidagi jadvalga kiriting.

O'lchash tartibi	s , m	t , s	a , m/s^2	Δa , m/s^2	$\overline{a}$, m/s^2	$\overline{\Delta a}$, m/s^2

11. Tezlanish qiymatini $a = \bar{a} \pm \Delta \bar{a}$ ko'rinishda yozib qo'ying.

12. Novning qiyaligini o'zgartirib tajribani uch marta takrorlang.



Nazorat savollari

1. Qanday harakat tekis tezlanuvchan harakat deyiladi?
2. Tezlanish nima? U qanday birliklarda o'lchanadi?
3. Tekis tezlanuvchan harakatda tezlik va yo'l grafiklarini chizing.
4. Qachon tezlanish musbat va qachon manfiy bo'ladi?
5. Harakat vaqti aniq bo'lmaganda tezlanishni qanday formuladan topish mumkin?

1.3. JISMNING ERKIN TUSHISHINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: Jismning erkin tushishini Atvud qurilmasida tajribalar asosida o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Erkin tushish deb, jismlarning havosiz bo'shliqda tushishiga aytiladi. Lekin qattiq jismlarning, masalan, metall sharlarning havoda tushishini ham erkin tushish deb qarash mumkin, chunki havoning qarshilik kuchi uning og'irlik kuchidan ancha kichik bo'ladi ($F_{\text{og'irlik}} \gg F_{\text{h.v}}$).

Erkin tushayotgan jismlarning harakati to'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakat bo'ladi. Tekis tezlanuvchan harakat tenglamalari quyidagicha ifodalanadi:

$$\left. \begin{aligned} v &= v_0 + at, \\ s &= v_0 t + \frac{at^2}{2}, \\ v^2 - v_0^2 &= 2as. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Erkin tushayotgan jism uchun (1) ni quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$\left. \begin{aligned} v &= v_0 + gt, \\ h &= v_0 t + \frac{gt^2}{2}, \\ v^2 - v_0^2 &= 2gh. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

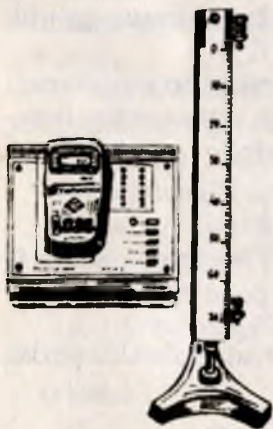
Yuqoridagilardan ko'rinib turibdiki, boshlang'ich tezliksiz harakatda $v_0 = 0$ bo'lgani uchun sharning tushish ballandligi h va uning tushish vaqti t ni tajribada aniqlab, so'ngra qiymatlarini (2) formulaga qo'yib, erkin tushish tezlanishini topish mumkin:

$$g = \frac{2h}{t^2}. \quad (3)$$

Bu vazifa laboratoriya ishini asosiy maqsadi bo'lib, o'quv maskani joylashgan geografik kenglik uchun g ning qiymatini aniqlash mumkin bo'ladi.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Laboratoriya ishini qurilmasi asosini Atvud mashinasi tashkil etadi. Qurilma jismlarning erkin tushishini tajribada kuzatishga moslashtirilgan bo'lib, u quyidagi qismlardan: og'ir taglikka o'rnatilgan shkalali vertikal ustun, jismning tushish vaqtini o'lchaydigan elektron sekundomer, qurilmaning tok manbai, avtomatik kalit (tok uzgich) va uning kosachasi, o'rganiladigan jismni tutib turuvchi elektromagnit (ignasi bilan).



1.3.1- rasm. Laboratoriya ishi qurilmasi.

Vertikal asosning yuqorisida o'rnatilgan elektromagnitning ignasiga magnit maydon yordamida sharcha ilinadi. Tajribani o'tkazish jarayonida elektromagnitdan elektr toki uzilganida elektromagnit ignasi magnitsizlanadi va sharchani tutib tura olmaydi. Natijada sharcha pastga qarab harakatlanadi va uning tushish yo'liga joylashtirilgan kosacha-kalitga kelib tushgan paytda kontakt uziladi, natijada elektron sekundomerga tok o'tmaydi va u to'xtaydi. Sekundomer sifatida Koreyadan keltirilgan «KES» elektron sekundomeri qo'llaniladi, chunki uni elektr zanjirga ulash va undan uzish avtomatlashtirilganligi

yuqori aniqlikdagi natijalar olishga imkon beradi. O'tkazilgan tajribalar natijalarining aniqligi ko'p jihatdan kosachakalit kontaktining yaxshi ishlashiga bog'liq.

Asbob-uskunalar

Jismlarning erkin tushishiga moslashtirilgan Atvud mashinasi; elektron sekundomerni avtomatik ulab-uzuvchi qurilma; po'lat sharchalar; tok manbai; boshqaruv sistemasi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishiningsho'riqnomasini o'qib o'rganing va ishga zarur bo'lgan asboblarning mavjudligini tekshiring hamda o'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Qurilmani 42 V o'zgaruvchan tok manbaiga ulang va sharchani elektromagnit ignasiga iling.

3. Maxsus tugmachali kalitlar (klavishlar) orqali boshqariladigan kalitni qo'shishdan avval kosachakalitni uzing (ya'ni kosachak o'tarib qo'yiladi), so'ngra boshqaruv kalitini ulang.

4. Sharning tushish vaqtini sekundomer avtomatik ravishda o'lchaydi, uning ko'rsatishini yozib oling.

5. Sharning tushish balandligini vertikal shkaladan aniqlang va uni yozib oling (shu balandlik uchun tajribani 7—10 marta takroriang).

6. Har bir h uchun tushish vaqtini aniqlang va erkin tushish tezlanishi g ni (3) formula yordamida hisoblang.

7. Xuddi shu tajribani boshqa balandliklar uchun ham takroriang.

8. Xatoliklarni hisoblang.

9. Tushish balandligining vaqtga bog'lanish grafigini chizing: $h = f(t)$.

10. O'lchashlarni quyidagi jadvalga yozing:

O'lchash tartibi	h_1 , m	t , s	v , m/s	g , m/s ²	Δv , m/s	Δg , m/s ²	$\frac{\Delta g}{g} \cdot 100\%$



Nazorat savollari

1. Erkin tushish nima va jismlar nima uchun erkin tushadi?
2. Erkin tushishga doir qanday kinematik ifodalarni bilasiz?
3. Laboratoriya ishining asosiy formulasini keltirib chiqaring.
4. $h = f(t)$ grafik nimani ifodalaydi?
5. Og'irlik kuchi tezlanishining qiymati qanday hollarda o'zgaradi?
6. v_0 tezlik bilan tik yuqoriga otilgan jism qancha vaqtda qanday balandlikka ko'tariladi?

1.4. JISMLARNING QIYA TEKISLIK OXIRIDAGI TEZLIGINI ANIQLASH

- Ishning maqsadi:** 1. Qiya tekislikda jism harakatini o'rganish.
2. Qiya tekislik oxiridagi tezlik jism turiga va sirpanish sirtining holatiga bog'liqligini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Jism (shar, silindr) biror h balandlikda mgh potensial energiyaga ega bo'ladi. Agar shar shaklidagi jism qiya tekislik bo'ylab harakatlansa, shu tekislik oxirida $mv^2/2$ kinetik energiyaga hamda aylanish natijasida $J\omega^2/2$ energiyaga ega bo'ladi.

Energiyaning saqlanish qonuniga binoan, qiya tekislik bilan harakatlanayotgan jism orasidagi ishqalanishni e'tiborga olmaydigan darajada kichik deb olinganida, potensial energiyani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}. \quad (1)$$

Qiya tekislik oxiridagi tezlik $\omega = \frac{v}{R}$ ekanligini e'tiborga olgan holda (1) formuladan nazariy tezlikni topamiz:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2gh}{1 + \frac{J}{mR^2}}} = k\sqrt{2gh}. \quad (2)$$

Bunda

$$k = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{J}{mR^2}}}, \quad (3)$$

R — o'rganilayotgan shar (jism) radiusi; ω — qiya tekislik oxiridagi sharning burchak tezligi.

Shar va silindrning tezligini topishda inersiya momenti formulalari

$$J_{sh} = \frac{2}{5} m R_{sh}^2, \quad (4)$$

$$J_s = 0,5 m R_s^2 \quad (5)$$

dan foydalanamiz. (4) va (5) ifodalarni (3) ga qo'yib, qiya tekislik balandligini va g ning qiymatini bilgan holda jismlarning qiya tekislik oxiridagi tezligini (2) formuladan topish mumkin:

$$v_{n.sh.} = \sqrt{\frac{10}{7} gh}, \quad v_{n.s.} = \sqrt{\frac{4}{3} gh}. \quad (6)$$

Tajriba yo'li bilan tezlik quyidagicha topiladi. Qiya tekislik oxiridagi jism tezligi gorizontal va vertikal tashkil etuvchilarga ajratiladi. Ilgarilanma harakat qonunidan:

$$\begin{aligned} x &= v_x t, & y &= v_y t + \frac{gt^2}{2} = \frac{v_y}{v_x} x + \frac{gt^2}{2}, \\ y &= x \operatorname{tg} \alpha + \frac{gt^2}{2}. \end{aligned} \quad (7)$$

Bu formulada x — gorizontal ko'chish, y — vertikal bo'yicha jism o'tgan yo'l, t — jism ko'chishi davomida ketgan vaqt:

$$t = \frac{x}{v_x} = -\frac{x}{v \cos \alpha}, \quad t = \frac{2}{g} \sqrt{y - x \operatorname{tg} \alpha}.$$

$$\text{Bundan tezlikni topamiz: } v = \frac{x}{t \cos \alpha}. \quad (8)$$

Yuqoridagi formulalarni bir umumiy yo'nalishda yechib va soddalashtirib qiya tekislik oxiridagi tezlik uchun quyidagi ifoda topiladi, ya'ni:

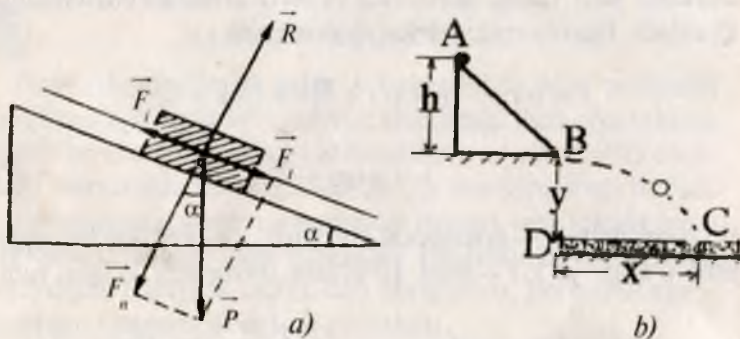
$$v = \frac{x \sqrt{g}}{\sqrt{2 \cos \alpha} \sqrt{y - x \operatorname{tg} \alpha}}. \quad (9)$$

Qiya tekislik; qumli quticha; chizg'ich; to'g'ri geometrik shakldagi har xil jismlar; elektron sekundomer va boshqa yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Mazkur ishni bajarishda burchagi rostlanadigan qiya tekislikdan foydalaniladi (1.4.1- rasm, *a*).

Qurilma qiya tekisligining burchagini vertikal tayanch yordamida o'zgartirish yo'li bilan jismning har xil burchak ostida sirpanib, dumalab tushishiga sharoit yaratiladi. Qiya tekislik ustiga turli xil materiallar joylashtirib, har xil materiallar uchun qiya tekislik oxiridagi tezlik topiladi. Bunday tayyor qurilma mavjud bo'lmasa, uni yog'ochdan 1.4.1- rasmda ko'rsatilgandek tayyorlash mumkin.



1.4.1- rasm. Qiya tekislikdagi jismga ta'sir etuvchi kuchlar (*a*) va uning harakati (*b*) sxemalari.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va uni bajarish uchun kerakli aslahalarni tekshiring.

2. $x = DC$ masofani (C nuqta — qumdagi belgigacha) o'lchang va $y = DB$ masofa har xil h balandlik uchun o'zgarmas ekanligini unutmang.

3. Formula (9) dan foydalanib, jismning « B » nuqtadagi tezligini toping. Aniqlanadigan natija (6) formuladan topiladi.

4. (8) formuladan foydalanib, har xil jismlar uchun harakatlanish vaqtini toping. Topilgan natijalarni jadvalga kiriting.
5. O'lchash xatoliklarini foizlarda ifodalang.

	O'lchash tartibi	h	l	x	$\cos \alpha$	$\lg \alpha$	y				
							v_{uz}	v_n	Δv	Δv_{ozn}	E
	1										
	2										



Nazorat savollari

1. Mexanik energiyaning saqlanish qonunini ayting.
2. Harakatlarning mustaqillik prinsipi nima?
3. Ilgarilanma va aylanma harakat kinetik energiyalari formulalarini yozing va ularning farqini tushuntiring.
4. Jismning inersiya momenti deganda nimani tushunasiz?

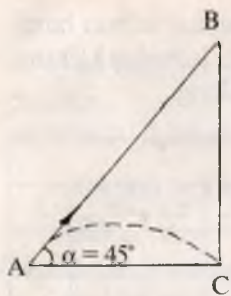
1.5. GORIZONTAL, VERTIKAL VA BURCHAK OSTIDA OTILGAN JISMNING HARAKATINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: 1. Jismning harakat trayektoriyasi uning gorizontga nisbatan harakatining boshlang'ich momentida qanday burchak ostida harakatlana boshlaganiga bog'liqligini o'rganish. 2. Harakatlarning mustaqillik prinsipiga asoslanib egri chiziqli harakatlarni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Jismlar gorizonttal, vertikal va ma'lum burchak ostida otilishi mumkin. Ularning bunday harakatlari vaqtida jismga ta'sir etadigan kuchlar va ularning teng tashkil etuvchisining yo'nalishi turlicha bo'lishi mumkin. Burchak ostida otilgan jism harakatini murakkab deb qarab, uni AC chiziqli bo'yicha v_0 tezlik bilan harakatlanuvchi tekis harakatga va BC chiziqli bo'yicha harakatlanuvchi tekis tezlanuvchan harakatga ajratish mumkin (1.5.1- rasm). Demak, yuqoridagi mulohazalarimizdan quyidagini hosil qilish mumkin:



1.5.1- rasm.

$$h = BC = \frac{gt^2}{2},$$

$$AB = v_0 t = \sqrt{2}s, \text{ chunki burchak } \alpha = 45^\circ.$$

$$\text{U holda } v_0 = \frac{\sqrt{2}s}{t} \text{ va } t = \sqrt{\frac{2s}{g}}.$$

$$\text{Demak, } v_0 = \sqrt{\frac{2s^2 g}{2s}} = \sqrt{sg}.$$

Shunday qilib, o'rganilayotgan holatda jismning boshlang'ich tezligi yuqoridagi ifodadan topiladi.

Yuqoridagilardan ko'rinib turibdiki, jism turli xil burchak ostida otilganida uning ko'tarilish balandligi va harakatlanish yo'li ham turlicha bo'lishi mumkin. Shularni tajribada qarab chiqamiz va o'rganamiz.

Asbob-uskunalar

Ballistik to'pponcha; o'lchov tasmasi; laboratoriya shtativi (mufta va halqasi bilan); qumli quticha va boshqa aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Tajriba o'tkaziladigan qurilmaning sxematik tasviri 1.5.2-rasmda keltirilgan. Rasmda ko'rsatilgan ballistik to'pponcha qurilmaning asosi hisoblanadi. To'pponcha *a* spiral shaklidagi prujinadan iborat bo'lib, uning ichidan tepki vazifasini bajaruvchi *b* sterjen o'tgan. Jismning otilish burchagini ko'rsatuvchi taxtacha to'pponcha korpusining bosh qismiga qotirilgan. To'pponchaga yana qisqich orqali jismning otilish burchagini rostlashga mo'ljallangan, o'yiq kanalli metall o'zak mahkamlangan.

Otiladigan jism (sharcha) to'pponcha stvoliga tushiriladi va tepki vazifasini o'tovchi ilgak yordamida prujina siqiladi. Ilgakni 90° burchakka (o'ng tomonga) burib kesikka tushiriladi. To'pponchaning ustiga o'z o'qida erkin 45° burchakka buriladigan kesikli tepki o'rnatilgan. Tepki chap tomonga burilganida uning kesigida joylashgan ilgakni surib to'pponcha



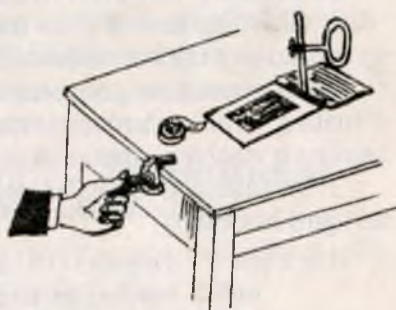
1.5.2- rasm. Ballistik to'pponcha va uni tayanchga mahkamlaydigan qisqichning sxematik tasviri.

kesigidan chiqaradi. Shunda erkin sterjen uchi prujinaning elastiklik kuchi hisobiga oldinga qarab keskin harakatlanadi va sharni zarb bilan turtadi. Shar shu kuch hisobiga otiladi. Shar borib tushadigan stol yuziga bir varaq oq qog'oz qo'yiladi va yuzi nusxalovchi qog'oz (qora qog'oz) bilan qoplanadi. Bu esa sharcha tushgan joyida qog'ozda belgi qoldirishiga imkon beradi. To'pponcha qisqichga shunday mahkamlanganki, bunda u turli burchaklar ostida o'rnatilganida ham sharchaning markazi siljimag qoladi. Shunday qilib, uchish masofasini o'lchashda hisob boshi hamma vaqt o'zgarmaydi.

Sharning uchish balandligi va uzoqligini o'lchashda ikki tomoni santimetrlarga bo'lib qo'yilgan, uzunligi 150 sm bo'lgan o'lchov tasmasidan foydalaniladi.

Ballistik to'pponchali qisqich stolning chetiga vint yordamida mahkamlanadi va to'pponcha sterjeni stol bo'yicha yo'nalgan holda o'rnatiladi (1.5.3- rasm).

To'pponcha burchak o'lchagich yordamida 45° burchak ostida o'rnatiladi. Uning kanaliga shar tushiriladi va prujina siqiladi. Asbobni tekshirib ko'rish



1.5.3- rasm.

uchun sinov otish o'tkaziladi. Shar tushgan joy belgilanib olinadi va shu joyga oq qog'oz qo'yib, uning usti nusxalovchi qog'oz bilan qoplanadi.

Sharni bir necha marta otgandan keyin nusxalovchi qog'oz olinadi va oq qog'ozda sharning tushgan joylari aniqlanadi. Asboblari to'g'ri o'rnatilganda sharning tushgan joylari uncha tarqoq bo'lmaydi. Shuning uchun tajribani juda aniqlikda bajarish zarur bo'ladi.

Eslatma. 1. Tajriba o'tkazishda to'pponchadan o'ta ehtiyotkorlik bilan foydalanish kerak! 2. To'pponchaga shar joylanganida unga ko'z bilan qarash mutlaqo man etiladi!



Ishni bajarish tartibi

Birinchi topshiriq. Shar uchish uzoqligining otish burchagiga bog'liqligini o'rganish.

1. To'pponchani turli burchak ostida (20° dan 70° gacha) o'rnatib va har bir holatda uch, to'rt marta otib ko'ring.

2. Shar tushgan nuqtalarni qalam bilan belgilang va ularning o'rtacha tushish nuqtasini aniqlang. O'lchov tasmasi bilan sharning uchish uzoqliklarini o'lchang va natijalarni jadvalga kiriting.

Burchak, gradus hisobida	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Masofa, sm hisobida											

3. Tajribada topilgan natijalar asosida xulosalar chiqaring.

Ikkinchi topshiriq. Boshlang'ich tezlikni aniqlash.

1. Sharning boshlang'ich tezligini aniqlash uchun yuqorida o'tkazilgan tajriba natijalaridan foydalaning.

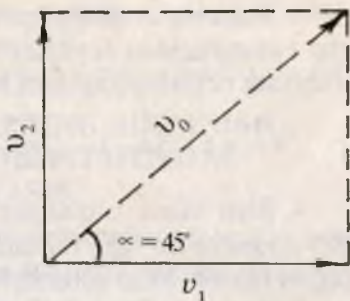
2. To'pponchani gorizontga nisbatan 45° burchak ostida o'rnatib va uni uch marta o'qlab oting hamda uchish uzoqligining o'rtacha qiymatini aniqlang.

3. Aniqlangan natijalar asosida sharning boshlang'ich tezligini hisoblang.

Uchinchi topshiriq. Shar ko'tarilish balandligining otish burchagiga bog'liqligini o'rganish.

Gorizontga nisbatan 45° burchak ostida otilgan sharning boshlang'ich tezligi v_0 murakkab tezlik bo'lib, uni gorizon-

tal yo'nalgan tekis harakat tezligi v_1 va vertikal yo'nalgan tekis sekinlanuvchan harakatning boshlang'ich tezligi v_2 dan iborat tashkil etuvchilarga ajratish mumkin (1.5.4- rasm).



1.5.4- rasm.

Rasmdan ko'rinib turibdiki, uchburchak teng yonli, shunga ko'ra $v_1 = v_2$ va Pifagor teoremasiga ko'ra $v_0^2 = v_1^2 + v_2^2$ bo'ladi. Sharning ko'tarilish balandligi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$h = \frac{v_2^2}{2g} = \frac{v_0^2}{4g}.$$

Biz tekshirayotgan harakatda vertikal yo'nalgan tezlik gorizontaal tezlikka teng. Shunga ko'ra, teng vaqt oraliqlarida yuqoriga vertikal ko'tarilish balandligi sharning gorizontaal yo'nalishda uchib o'tgan masofasining yarmidan ikki marta kichik bo'lishi kerak, ya'ni:

$$h = \frac{s}{4}.$$

1. Hisoblash yo'li bilan topilgan natijani tajribada tekshiring.

2. Laboratoriya shtativini shar otiladigan nuqtadan $s/2$ masofada o'rnatish.

3. Shtativga mahkamlangan va vertikal tekislikda joylashgan halqa markazini 33,3 sm balandlikda o'rnatish.

Eslatma. Shar 45° burchak ostida otilganida va masofa to'g'ri tanlanganida u halqa ichidan o'tadi.

To'rtinchi topshiriq. Gorizontaal otilgan sharning uchish uzoqligini aniqlash.

1. Stol oxiriga shtativ o'rnatib, unga balandroq qilib gorizontaal holda to'p ponna mahkamlang.

2. O'lchov tasmasi yordamida to'p ponna stol yuzidan balandligini o'lchang.

3. Sharning avval topilgan boshlang'ich tezligi va to'pponcha balandligidan foydalanib, quyidagi formulalar asosida sharning uchish uzoqligini hisoblab toping:

$$s = v_0 t \quad \text{va} \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad \text{shunga ko'ra} \quad s = \sqrt{\frac{2v_0^2 h}{g}}.$$

4. Shar bilan o'qlangan to'pponchani otib, shar tushgan joygacha bo'lgan masofani o'lchang va uni hisoblab topilgan masofa bilan solishtiring.

Eslatma. Bu yerda 4—5 sm farq bo'lishiga erishish uchun to'pponchaning gorizontal holda o'rnatilganligi burchak o'lchagich asbobi — transportir yoki shayton bilan tekshirishi lozim.

Beshinchi topshiriq. Yuqoriga tik otishda sharning ko'tarilish balandligini aniqlash.

1. Sharning boshlang'ich tezligini bilgan holda, uning ko'tarilish balandligini nazariy yo'l bilan quyidagi formula yordamida hisoblang:

$$h = \frac{v_0^2}{2g}.$$

2. To'pponchani vertikal otish uchun o'rnatish va bir necha marta otib, sharning ko'tarilish balandligini aniqlang.

3. Tajribada topilgan natijani nazariy hisoblangan natija bilan taqqoslang.

Eslatma. Odatda, farq 1—2 sm dan oshmaydi.

Ogohlantirish. O'quvchi bayon qilingan 5 ta ishni ikki soatda bajarib ulgurmasligi mumkin. Ulgurmagan qism darsdan tashqari vaqtdagi mashqlarda mustaqil bajariladi.



Nazorat savollari

1. Nima uchun gorizontal otilgan jism parabola bo'ylab harakatlanadi?
2. Vertikal otilgan jismning harakat qonunlarini tushuntiring.
3. Gorizontga burchak ostida otilgan jism harakatini tushuntiring.
4. v_0 boshlang'ich tezlik bilan vertikal otilgan jism qanday balandlikka ko'tariladi?

5. v_0 boshlang'ich tezlik bilan vertikal otilgan jism qancha vaqtda maksimal balandlikka ko'tariladi?

6. Otilgan jism nima uchun cheksiz osmonga uchib ketmaydi?

1.6. QATTIQ JISMLARNING SIRPANISH ISHQALANISH KOEFFITSIENTINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Tribometr yordamida turli qattiq jismlar orasidagi sirpanish ishqalanish koefitsientini aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Jismlarning o'zaro tegib turgan sirtlari orasida paydo bo'ladigan va ularning harakatlanishiga qarshilik ko'rsatuvchi kuch *ishqalanish kuchi* deb ataladi. Bu kuch jismlar sirtlari bo'ylab yo'nalgan va harakatga qarshi bo'ladi. Ishqalanish ikki xil bo'ladi: tashqi va ichki ishqalanish. Tashqi ishqalanish ikki qattiq jism sirtlari o'zaro tegib turgan nuqtalarda bo'ladi. Jismlar o'zaro bir-biriga nisbatan qo'zg'almas bo'lganida ular orasidagi ishqalanish *tinch ishqalanish* bo'ladi. Jismlar harakatlanganda *sirpanish ishqalanish* paydo bo'ladi. Qattiq jismlarning biri tinch turib, uning ustida ikkinchisi dumalaganda hosil bo'ladigan ishqalanish *dumalash ishqalanish* deyiladi. Suyuqlik va gazlarning o'zaro harakatida ichki ishqalanish (qovushqoqlik) paydo bo'ladi. Jism tekis harakatlanganida jismni tortish kuchi uning ishqalanish kuchiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$F = F_i. \quad (1)$$

U holda dinamikaning asosiy qonunini quyidagicha yozish mumkin:

$$F + F_i = ma,$$

bunda F — jismni tortish kuchi; F_i — ishqalanish kuchi; a — tezlanish; m — jism massasi.

Eng katta ishqalanish kuchi jism tinch turganda bo'ladi. Sirpanish ishqalanish o'rinli bo'lganida ishqalanish kuchi tortish kuchiga proporsional bo'ladi va jism tekis tezlanishsiz harakatlanadi, ya'ni

$$F_i = \mu N, \quad (2)$$

bunda μ – ishqalanish koeffitsienti.

Agar tribometr ustidagi taxtachani harakatlantiruvchi F kuch F_i sirpanish ishqalanish kuchidan katta bo'lsa, taxtachalar tezlanishga ega bo'ladi. Agar $F_i > F$ bo'lsa, u vaqtda harakat sekinlanuvchan bo'lib, jism asta-sekin to'xtab qoladi. Agar $|F_i| = |F|$ bo'lsa, u holda taxtacha tekis harakat qiladi. Demak, taxtachani tekis harakatga keltirib, sirpanish ishqalanish kuchini aniqlash mumkin. Buning uchun taxtacha sekin turtib yuborilganida u tekis harakatga kelguncha pallachaga tarozi toshlaridan qo'yib borish kerak (1.6.1.- rasmga q.) Bu vaqtda taxtachani harakatlantiruvchi F kuch tarozi toshlari bilan pallacha og'irliklarining yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni

$$F = P_t + P_p,$$

bunda P_t — tarozi toshlarining og'irligi, P_p — pallachaning og'irligi.

Ishqalanish kuchi son qiymati jihatidan harakatlantiruvchi kuchga teng bo'lgani uchun $F_i = P_t + P_p$ deb yoza olamiz. $P_t = m_t g$, $P_p = m_p g$ ekanligini nazarga olsak (bu yerda: m_t — toshlarning massasi, m_p — pallachaning massasi), u holda $F_i = (m_t + m_p)g$ bo'ladi.

Binobarin, sirpanish ishqalanish koeffitsientining ifodasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$k = \frac{(m_t + m_p)g}{mg} = \frac{m_t + m_p}{m}, \quad (1)$$

bu yerda m — taxtachaning massasi, $P = mg$ — taxtachaning og'irligi.

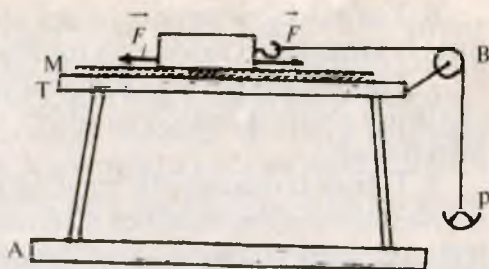
Asbob-uskunalar

Tribometr. Ishqalanish koeffitsienti aniqlanadigan yog'och va metall taxtachalar. Tarozi toshlari. Shayton. Shtangensirkul.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Sirpanish ishqalanish kuchini *tribometr* deb ataladigan asbob yordamida o'tkazilgan tajribalar asosida aniqlash mumkin. Tribometrning tuzilishi 1.6.1- rasmda keltirilgan. Uzunligi

50—60 sm va kengligi 10—15 sm bo'lgan A stolcha ustiga bir-biriga parallel holda T taxtacha va silliq sirtli M metall yotqizilgan. T taxtachaning che-tiga deyarli ishqalanishsiz harakatlanadigan B blok



1.6.1.- rasm. Tribometrning sxematik tasviri.

mahkamlangan. Silliq sirt ustida yog'och yoki metall taxtacha (yuk)ni harakatga keltirish uchun unga bog'langan ip blok orqali o'tkazilib, ipning ikkinchi uchidagi P pallachaga toshlar qo'yiladi va og'irlik kuchi ta'sirida taxtacha harakatga keladi.

Bunda og'irlik kuchi ta'sirida ipning tarangligi ortadi va bu kuch hisobiga silliq tekislik ustidagi taxtacha harakatga keladi. Og'irlik kuchining kattaligiga mos ravishda taxtacha tez yoki sekin harakatlanishi mumkin. Bu tajribani o'tkazish jarayonida tanlanadi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishiniing yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Tribometrni gorizontol holatda o'rnatish va M metall silliq sirt ustiga shaytonni joylashtirib, uning gorizontalligini tekshiring.
3. Yog'och va metall taxtachaning m massalarini (alohida-alohida) hamda pallachaning m_p massasini tarozida 3—4 marta tortib aniqlang va ularning o'rtacha arifmetik qiymatini toping.
4. Taxtachalardan birini, masalan, yog'och taxtachani tribometr ustiga qo'ying va uning ilgagiga ipni ilib blok orqali o'tkazing va ipning ikkinchi uchiga pallachani bog'lang.
5. Pallachaga tarozi toshlaridan qo'yib, jismni yuqorida aytilganidek, tekis harakatga keltiring. U tekis harakatga kelgan holatda pallachaga qo'yilgan tarozi toshlarining m_1 massasini aniqlang.

6. Yog'och bilan temir orasidagi ishqalanish ko'effitsiyentini (1) formuladan foydalanib hisoblang.

7. Tajribani kamida 4—5 marta takrorlang. Yog'och taxtachasi ustiga aluminiy taxtachani qo'yib, tajriba 4-banddagidek takrorlanadi.

8. Tribometr ustidagi silliq temir ustiga aluminiy taxtachani qo'yib (tajriba 4-banddagidek takrorlanadi) alyuminiy bilan temir orasidagi ishqalanish ko'effitsienti hisoblab topiladi.

9. Temir taxtacha o'rniga aluminiy taxtacha olib, uning ustiga yog'och taxtachani qo'yib (tajribani 4-banddagidek yana bajaring) va aluminiy bilan yog'och orasidagi ishqalanish ko'effitsientini aniqlang.

10. Har bir holat (yog'och va temir, aluminiy va temir) uchun ishqalanish ko'effitsientlarining o'rtacha qiymatini hisoblang.

11. Absolut va nisbiy xatoliklarni hisoblang.

12. Bajirilgan ishdan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Ishqalanish deganda nimani tushunasiz? Ishqalanishning qanday turlarini bilasiz? Misollar keltiring.

2. Ishqalanish kuchi deb nimaga aytiladi? Ishqalanish ko'effitsienti deb-chi? Ularning qiymati nimalarga bog'liq?

3. Ishqalanishning foydali va zararli tomonlarini tushuntiring.

4. (1) formulani keltirib chiqaring.

5. Tribometr qanday asbob? Undan foydalanib ishqalanish ko'effitsienti qanday topiladi?

1.7. TUSHAYOTGAN SHARNING POTENSIAL VA KINETIK ENERGIYASINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Grimzel asbobidan foydalanib po'lat sharning kinetik va potensial energiyalarini aniqlash yo'li bilan mexanik energiyaning aylanish va saqlanish qonunini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Hayotda doimo bir-biriga kuch bilan ta'sir qilayotgan jismlarga duch kelamiz. Ko'p hollarda kuch ta'sirida jismlar

fazodagi vaziyatini o'zgartirib ko'chadi. Kuchlarning jismlar ko'chishi bilan bog'liq bo'lgan ta'sirini tavsiflash uchun mexanikada *ish* deb ataladigan fizik kattalik qabul qilingan.

Qo'yilgan kuch ta'sirida jismning ko'chishi natijasida mexanik ish bajariladi. Kuch qancha katta bo'lsa va shu kuch qo'yilgan jism qancha uzoq masofaga ko'chsa, ish ham shuncha katta bo'ladi.

Bajarilgan ishning kattaligi kuch yo'nalishida jism bosib o'tgan yo'lining qo'yilgan kuchga ko'paytmasi bilan o'lchanadi, ya'ni

$$A = Fs \cos \alpha,$$

bunda: A — bajarilgan ish, s — jismning F kuch ta'sirida ko'chish masofasi, α — kuch bilan ko'chish yo'nalishi orasidagi burchak.

Ish bajara olish qobiliyatiga ega bo'lgan har qanday jism yoki jismlar sistemasi energiyaga ega bo'ladi. *Energiya* jismning holatini, uning bir holatdan boshqa holatga o'tishda ish bajara olish qobiliyatini tavsiflaydigan kattalik.

Jismlarning mexanik harakatiga va holatiga bog'liq bo'lgan energiya mexanik energiya deyiladi.

Mexanik energiya ikki turga: potensial va kinetik energiyaga bo'linadi. Jismlarning o'zaro joylashishiga yoki bir jism qismlarining o'zaro joylashishiga bog'liq bo'lgan o'zaro ta'sir energiyasi *potensial energiya* deb ataladi. Jismlarning harakati tufayli paydo bo'ladigan energiya *kinetik energiya* deb ataladi.

Jismning kinetik va potensial energiyalarining yig'indisi jismlarning *to'la mexanik energiyasi* deb ataladi.

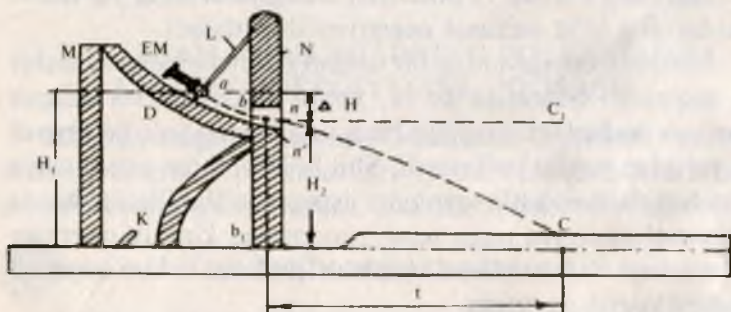
Mexanik energiyaning bir turdan ikkinchi turga aylanish va saqlanish qonuniga ko'ra, yopiq sistemada bo'ladigan mexanik hodisalarda energiya hech vaqt bordan yo'q bo'lmaydi va yo'qdan paydo bo'lmaydi. Shu holatni faqat gravitatsiya maydonida harakatlanayotgan jismga qo'llanilsa, u holda potensial energiya unga teng miqdordagi kinetik energiya ko'rinishiga o'tib turadi va aksincha. Bu holat uchun quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$W = K + \Pi = mv^2/2 + mgh.$$

Grimzel asbobi; po'lat sharchalar; o'lchov tasmasi; qumli quticha; elektromagnit; tok manbai; shtangensirkul; elektr kalit va boshqa yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Laboratoriya ishi qurilmasining asosini Grimzel asbobi tashkil qiladi. Uning tuzilishi 1.7.1- rasmda tasvirlangan. Mazkur asbob quyidagi qismlardan tashkil topgan. Gorizontaal taxtacha ustiga n va n' tirqishli N ustun tik o'rnatilgan. M va N tik ustunlarga D metall yoy o'rnatilgan bo'lib, undagi elektromagnit (EM)ni har xil burchakka siljitish mumkin. Elektromagnit asbobning asosiga o'rnatilgan K tumbler vositasida tok manbaiga ulanadi. M ustunga bifilyar (ikkita ip yoki sterjen) yordamida mis (aluminium) halqa shunday o'rnatilganki, u erkin osilib turganda halqaning teshigi n va n' tirqishga to'g'ri keladi. Agar po'lat sharchani halqa teshigiga kiritib, biror a holatga chetlatsak va tokni ulasak, elektromagnit halqani sharcha bilan birga tutib qoladi. Tok uzilganda elektromagnit ularni qo'yib yuboradi, shunda sharcha abc trayektoriya bo'yicha harakatlanadi. Elektromagnitni metall yoy bo'ylab siljitib, sharchaning ko'tarilish balandligini o'zgar-



1.7.1- rasm. Grimzel asbobining kesimi.

tirish mumkin. Harakatlanayotgan sharchaning energiyasi qanday o'zgarishini ko'rib chiqaylik. Sharcha a holatdan o'tayotganda $E_{a1} = PH_1$ va b holatdan o'tayotganda $E_{a2} = PH_2$ potensial energiyaga ega bo'ladi. Ma'lumki, bunda $P = mg$ — sharchaning og'irligi, m — massasi.

Sharcha b holatga yetib kelganda uning potensial energiyasining o'zgarishi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\Delta E = E_{a2} - E_{a1} = -mg\Delta H. \quad (1)$$

Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra, sharchaning potensial energiyasi kamayganda, kinetik energiyasi ortadi va u quyidagiga teng bo'ladi:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}, \quad (2)$$

bunda v — sharchaning b nuqtadagi tezligi.

Sharchaning b nuqtadagi kinetik energiyasini hisoblash uchun uning shu nuqtadagi v tezligini bilish kerak. Buning uchun quyidagicha mulohaza yuritamiz. Sharcha harakatiga gravitatsion maydon ta'sir etmagan bo'lsin. Unda u o'z inersiyasi bilan bc yo'nalishda v tezlik bilan harakat qilgan bo'lar edi. Shuningdek, sharcha b nuqtadan boshlang'ich tezliksiz tashlab yuborilganda, u bb_1 tik yo'nalishda erkin tushgan bo'lar edi (1.7.1- rasmga qarang).

Tortishish maydonining mavjudligi tufayli va sharcha boshlang'ich tezlikka ega bo'lgani uchun u bc egri chiziq bo'yicha harakatlanadi. Shu bilan birga, sharcha tezligining gorizontal tasallil etuvchisi o'zgarmay qoladi va u b nuqtadagi tezlikka teng bo'ladi, binobarin, sharcha gorizontal yo'nalishda tekis harakatlanib, l masofaga siljiydi. Harakatlarning mustaqillik prinsipiga asosan, sharchaning N_2 balandlikdan tushish vaqti bilan l masofaga siljish vaqti o'zaro teng bo'ladi. Bu vaqt quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$H_2 = \frac{gt^2}{2}, \quad l = vt.$$

Ushbu formulalarni v tezlikka nisbatan yechib, quyidagi ifoda topiladi:

$$v = l \sqrt{\frac{g}{2H_2}}. \quad (3)$$

(3) ni (2) ga qo'yib kinetik energiya ifodasi hosil qilindi, ya'ni

$$E_k = \frac{mgl^2}{4H_2}. \quad (4)$$

Energiyaning aylanish va saqlanish qonuniga asosan sharchaning b nuqtadagi kinetik energiyasi, muhitning qarshiligini hisobga olmaganda, uning a va b nuqtalardagi potensial energiyalari farqiga teng bo'lishi kerak.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini va qurilma ko'rsatmasini o'qib o'rganing.

2. Sharchaning massasini tarozida tortib aniqlang.

3. H_2 balandlikni o'lchang.

4. Elektromagnitni metall yoyning yuqoriroq qismiga o'rnatib va uni K tumbler yordamida tok manbaiga ulang, so'ngra unga sharcha kiritilgan halqani yaqinlashtiring. Elektromagnit ularni tutib qoladi.

5. H_1 balandlikni o'lchang va balandliklar farqi $\Delta H = H_2 - H_1$ ni hisoblang.

6. K tumblerini uzing va sharcha borib tushgan c nuqtadan b_1 nuqttagacha bo'lgan l masofani o'lchang.

7. O'lchangan kattaliklarning qiymatini (1) va (4) formulalarga qo'yib, sharchaning b nuqtadagi kinetik energiyasi, a va b nuqtalardagi potensial energiyalari ayirmasini hisoblang, natijalarni jadvalga kiriting.

8. Elektromagnitni metall yoy bo'yicha siljitish yo'li bilan H_1 balandlikni o'zgartirib, tajribani 4—5 marta takrorlang.

9. H_1 balandlikning har bir qiymati uchun E_k kinetik energiya bilan ΔE_p potensial energiyalar farqini hisoblang.

10. $\Delta E = \Delta E_p - E_k$ kattalikni hisoblang va $\Delta E = f(H)$ grafikni chizing.

Eslatma. Elektromagnit uzoq vaqt tokka ulangan holatda qolmasligi lozim.

Tajribada topilgan natijalar quyidagi jadvalga yoziladi:

O'lchash tartibi	m	H_1	H_2	$H_1 - H_2$	L	ΔE_p	E_k



Nazorat savollari

1. Energiyaning, jumladan, mexanik energiyaning saqlanish va aylanish qonunini ta'riflang. Misollar keltiring.
2. Ish bilan energiyaning orasida qanday farq bor? Nima uchun energiya ham, ish ham bir xil birliklarda o'lchanadi?
3. To'la, potensial va kinetik energiyalar nima va ular qanday ifodalanadi? Ularning formulalarini yozing.
4. Harakatning mustaqillik prinsipi deganda nimani tushunasiz?
5. Potensial energiyalar farqi nima uchun kinetik energiyaga teng emas?
6. $E = f(H)$ grafikni izohlab bering.
7. Elektromagnit nima uchun uzoq vaqt tok manbaiga ulangan holatda qolmasligi kerak?

1.8. MATEMATIK MAYATNIK YORDAMIDA ERKIN TUSHISH TEZLANISHINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Matematik mayatnikning tebranish davrini tajribada aniqlashni o'rganish. 2. Tebranish davrining mayatnik yelkasi uzunligiga bog'liqligini o'rganish. 3. Tajribada topilgan natijalar asosida erkin tushish tezlanishini hisoblashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Moddiy nuqtaning muvozanat vaziyatidan istalgan vaqt-dagi $x(t)$ siljishi—sinus yoki kosinus qonunlariga binoan o'zgaradigan garmonik tebranma harakatdir.

Nyuton matematik mayatnik yordamida og'irlik kuchi tezlanishini juda katta aniqlik bilan topgan. Bu usulning aniqligi shunchalik kattaki, u g og'irlik kuchi tezlanishining geografik kenglikka bog'liq o'zgarishi (Δg)ni hamda Yer qatlami



1.8.1- rasm.
Matematik mayatnik.

zichligining o'zgarishi tufayli g ning normal qiymatidan chetlanishi (Δg_2)ni yaqqol aniqlashga imkon beradi.

Matematik mayatnik deb, vaznsiz va cho'zilmaydigan ipga osilgan moddiy nuqtaga aytiladi. Mayatnikning uzunligi osma ipning bog'lanish nuqtasidan uning og'irlik markazigacha bo'lgan masofaga teng. Og'irlik markazigacha bo'lgan masofani aniqlash qulay bo'lishi uchun mayatnik sifatida shar shaklidagi qattiq jism olinadi. Real matematik mayatnik bilan tanishishda uni uzunligi l , massasi m bo'lgan moddiy nuqtadan iborat va yuqorida ko'rsatilgan shartlarni qanoatlantiruvchi ideal matematik mayatnik bilan almashtirish mumkin (1.8.1- rasm).

Muvozanat holatidan α burchakka og'irilgan moddiy nuqtaga ikkita kuch ta'sir qiladi: og'irlik kuchi ($P = mg$) va ipning taranglik (F) kuchlari.

Agar P og'irlik kuchini ipning yo'nalishi bo'yicha yo'nalgan P_2 va nuqtaning harakat yoyiga o'tkazilgan urinma bo'yicha yo'nalgan P_1 tashkil etuvchilarga ajratsak, nuqtaning normal (markazga intilma) tezlanishi ip bo'ylab yo'nalgan kuchlar farqi bilan, tangensial tezlanishi esa faqat P_1 kuch bilan aniqlanadi, ya'ni

$$\vec{a}_n = \frac{\vec{F} - \vec{P}_2}{m}. \quad (1)$$

Nyutonning II qonuniga asosan tangensial tezlanishni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$a_t = \frac{P_1}{m} = \frac{P \sin \alpha}{m} = \frac{mg \sin \alpha}{m} = g \sin \alpha. \quad (2)$$

Demak, bu ifodadan ko'rinadiki, tebranma harakat qiluvchi nuqtaning tangensial tezlanishi uning massasiga bog'liq emas.

Tezlikning son qiymati, shuningdek, bir chetki holatidan ikkinchi chetki holatiga kelish uchun ketadigan vaqt

ham nuqtaning massasiga bog'liq bo'lmasligi kerak. Tangensial tezlanish son qiymati jihatidan nuqta tezligining o'zgarishini ifodalaydi, ya'ni:

$$a_t = \frac{dv}{dt}.$$

Nuqtaning tezligini quyidagi

$$v = \frac{dx}{dt}$$

shaklda ifodalasak, unda tangensial tezlanishni

$$a_t = \frac{d^2x}{dt^2}$$

deb yozish mumkin, bu yerda dx — nuqtaning dt vaqt oralig'ida yoy bo'ylab bosib o'tgan yo'li. — dv va dx lar bir-biriga nisbatan qarama-qarshi ishorali, chunki dx musbat (nuqta muvozanat holatidan chetga chiqayotganida siljish ortib boradi) bo'lganda, dv manfiy (tezlik kamayib boradi) bo'ladi. Shuning uchun tangensial tezlanishni tebranma harakat qonuniga mos ravishda yozish mumkin:

$$d^2x / dt^2 = -g \sin \alpha.$$

Og'ish burchagi kichik bo'lganida ($\alpha \leq 0,2 \text{ rad} = 0,2 \cdot 57^\circ = 11,4^\circ$) $\sin \alpha \approx \alpha$ (bunda xatolik 0,4% atrofida) bo'ladi. Ushbu holda tangensial tezlanish ifodasi yana ham soddalashadi, ya'ni:

$$d^2x / dt^2 = -\alpha g.$$

Agar α burchak nuqtaning muvozanat holatidan og'ish masofasi (x) orqali ifodalansa (ya'ni $\alpha \approx x / l$), u holda:

$$a = -\frac{d^2x}{dt^2} = gx / l. \quad (3)$$

Demak, istalgan vaqt uchun nuqtaning siljish kattaligidan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli hosila siljishga to'g'ri proporsional. Nuqtaning harakat qonunini aniqlash uchun istalgan vaqtdagi muvozanat holatidan siljishni ifodalovchi $x = x_0(t)$ funksiyani topish lozim. Agar nuqta tebranma harakat qilsa, uning funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$x = x_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad (4)$$

bunda x_0 — tebranish amplitudasi, φ — tebranishning boshlang'ich fazasi.

ω esa siklik chastota bo'lib, u quyidagicha ifodalanadi:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}. \quad (5)$$

Tenglama (4) dagi burchaklar radianlarda o'lchansa, uni qanoatlantiruvchi harakat garmonik harakat bo'ladi, bu harakatning tebranma harakatdan iborat ekanligi sinusning davriyligidan ma'lumdir. Bu funksiyaning davri 2π ga teng, ya'ni $(\omega t + \varphi)$ kattalik 2π ga o'zgarganda x qiymat takrorlanadi.

Demak, moddiy nuqta bir yo'nalishda harakat qilib, o'zining holatini takror o'tishi uchun kerak bo'ladigan T vaqt quyidagi shartdan topiladi:

$$(\omega t_2 + \varphi) - (\omega t_1 + \varphi) = 2\pi.$$

Bundan matematik mayatnik yoki nuqtaning tebranish davri topiladi, ya'ni:

$$T = t_2 - t_1 = \frac{2\pi}{\omega}. \quad (6)$$

Ushbu tenglamaga (5) ni qo'yib, tebranish davrining mayatnik yelkasining uzunligiga va jismning erkin tushish tezlanishiga bog'lanish ifodasi hosil qilinadi:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (7)$$

Demak, mayatnikning tebranish davri uning uzunligiga va berilgan nuqtadagi og'irlik kuchi tezlanishiga bog'liq ekan. Bu formuladan mayatnik uzunligining tebranish davri kvadratiga nisbati o'zgarmas kattalik bo'lib, uning qiymati og'irlik kuchi tezlanishiga tengligini keltirib chiqarish mumkin:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}. \quad (8)$$

Yuqoridagilardan ko'rinadiki, tajribada mayatnik uzunligini va uning tebranish davrini o'lchab, kattaliklarni (8) tenglamaga qo'yib, g ning qiymatini hisoblab topish mumkin ekan.

Nyuton tomonidan bajarilgan o'lchashlardan foydalalanib, Yerning massasi yetarlicha aniqlik bilan topilgan, chunki gravitatsion maydon nazariyasidan ma'lumki, og'irlik kuchi tezlanishi quyidagicha ifodalanadi:

$$g = \gamma \frac{M_{\text{Yer}}}{R^2}.$$

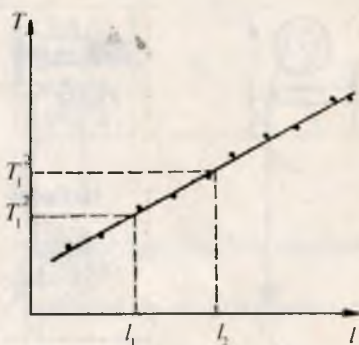
bu yerda M_{Yer} — Yer massasi; R — Yer radiusi; γ — gravitatsiya doimiysi. Bunda γ Kavendish tajribasiga o'xshash tajribalardan, Yer radiusi esa astronomik o'lchashlardan aniqlanishi mumkin. Nyuton har xil moddadan yasalgan va massasi har xil bo'lgan mayatniklarning tebranish davrlarini kuzatib, og'irlik kuchi tezlanishining qiymati mayatnik massasiga bog'liq emas, degan xulosaga kelgan. Bu xulosa, o'z navbatida, inert va tortishish massalarining bir-biriga ekvivalent massalar ekanligini bildiradi.

Og'irlik kuchi tezlanishini (8) formula bilan hisoblanganda, vaqtni katta aniqlikda o'lchash qiyin bo'lganligidan, hisoblash xatoligi katta bo'ladi. Hisoblash xatoligini kamaytirish maqsadida quyidagi usuldan foydalanamiz. Ma'lumki,

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} l,$$

ya'ni mayatnik tebranish davrining kvadrati uning uzunligiga chiziqli bog'lanishda bo'lib, burchak koeffitsienti

$\frac{4\pi^2}{g}$ ga teng. Agar mayatnikning har xil uzunligi uchun tebranish davri topilsa va ulardan foydalanib, T^2 ning l ga bog'lanish grafiqi (1.8.2-rasm) chizilsa, hosil bo'lgan to'g'ri chiziqning burchak koeffitsientidan foydalanib, g ni hisoblash mumkin. Bu usul-



1.8.2- rasm. Tebranish davrining mayatnik yelkasi uzunligiga bog'liqligi.

ning boshqalaridan afzalligi shundan iboratki, ipning uzunligini o'lash o'rniga uning o'zgarishini o'lash kifoyadir. Bu esa o'lash xatoligini kamaytirib, g ning aniqligini oshiradi. Hatto bu usul bilan g ni topishda sharchaning radiusi o'lchanmasligi mumkin. Haqiqatan ham, mayatnikning uzunligi $l_1 = l_1 - r$ bo'lganda, to'la tebranish davri T_1 va $l_2 = l_2 - r$ bo'lganda T_2 bo'lsin. U holda (8) ga asosan erkin tushish tezlanishini quyidagicha yozish mumkin:

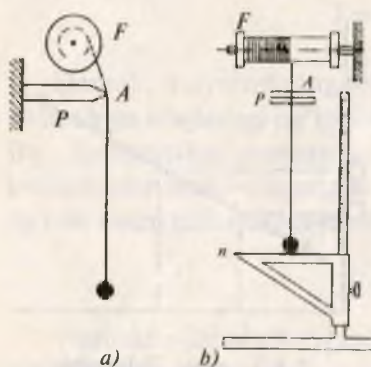
$$g = -\frac{4\pi^2(l_2 - l_1)}{T_2^2 - T_1^2}. \quad (11)$$

Bu yerda l_1 va l_2 — mayatnikning osilish nuqtasidan sharchaning pastki nuqtasigacha bo'lgan masofalar, T_1 va T_2 lar esa mos ravishda l_1 va l_2 larga tegishli to'la tebranish davrlari.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma sinf devoriga o'rnatilgan vertikal taxtaga mahkamlangan masshtabli chizg'ich, uchburchak chizg'ich, kichkina sharcha, mayatnik bog'lanadigan ip (g'altagi bilan), elektron sekundomerdan tashkil topgan. Og'irlik kuchi tezlanishini aniqlashda 1.8.3 - a, b rasmlarda ko'rsatilgan qurilmadan foydalanib tajriba o'tkaziladi. Shar osilgan ip katta

ishqalanish bilan aylanuvchi F g'altakka o'ralgan. Ip g'altakdan sal pastroq joylashgan P prizmasidagi A nuqtadan oshirilib tashlangan bo'lib, bu nuqta atrofida tebranish sodir bo'ladi. Tebranish tekisligiga perpendikular tekislikda masshtabli chizg'ich mahkamlangan bo'lib, uning yordamida mayatnikning uzunligi o'lchanadi (1.8.3- b rasm).



1.8.3- rasm. Laboratoriya ishini qurilmasi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishinings yo'riqnomasini o'qib o'rganing va qurilmadagi hamma o'lchov asboblari va boshqa yordamchi aslahalarning mavjudligini tekshiring. O'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Mayatnik ipi o'ralgan «F» g'altakni burab, mayatnikning eng kichik uzunligi ($l \gg 2r$ shartga mos)ni tanlangan masshtab chizg'ichdan aniqlang.

3. Mayatnikni biror kichik burchakka og'diring va uning sekondomer bilan bir vaqtda tebranishini ta'minlang hamda 50 marta tebranishi uchun ketgan t_1 vaqtni aniqlang.

4. Mayatnik uzunligini o'zgartiring va 3- banddagidek shu uzunlik uchun t_2 vaqtni aniqlang.

Eslatma. 1. Tajribadagi o'lchashlarning har biri kamida 3 martadan bajariladi. 2. Mayatnik uzunliklari kamida 3—4 marta o'zgartiriladi.

5. Yuqorida o'tkazilgan tajribalarni teskari yo'nalishda, ya'ni mayatnik uzunligini kamaytirib borgan holda takrorlang.

6. Tajribada olingan natijalarni quyidagi jadvalga kiriting va ularga tayangan holda (8) va (11) formulalar bo'yicha hisoblashni bajaring.

O'lchash tartibi	50 ta tebranish uchun ketgan vaqt		Erkin tushish tezlanishi, g	T_1^2	T_2^2
	T_1^I	T_1^{II}			



Nazorat savollari

1. Nima sababdan mayatnik tebranishining burchak amplitudasini kichik qilib olish tavsiya qilinadi?

2. Berilgan mayatnik shaxtaga tushirilsa, tebranish davri qanday o'zgaradi?

3. Aynan shu mayatnik Oyda qanday davr bilan tebranadi?

4. Ushbu ishni bajarishda qaysi kattalikning o'lchash aniqligini yuqori qilib olish zarur?

1.9. AG'DARMA MAYATNIK YORDAMIDA OG'IRLIK KUCHI TEZLANISHINI ANIQLASH

(Qoshimcha praktikum)

Ishning maqsadi: 1. Fizik mayatnik xossalarini o'rganish, aylanma harakat dinamikasining bosh tenglamasi yordamida garmonik tebranishdagi jismning davrini aniqlash va ag'darma mayatnik yordamida og'irlik kuchi tezlanishini hisoblab topish.



NAZARIY MUQADDIMA

Qattiq jismlarni biror nuqtasidan ilib, ularni qo'zg'almas o'qqa nisbatan tebratish mumkin. Bunday tebranma harakatdagi jismlar *mayatnik* deyiladi. Og'irlik markazidan o'tmaydigan qo'zg'almas o'qqa osilgan, og'irlik kuchi ta'sirida tebrana oladigan qattiq jism *fizik mayatnik* deyiladi. Garmonik tebranish va uning tavsiflarini (tebranish davri, tezligi, tezlanishi va h.k.) fizik mayatnik deb ataluvchi mexanik sistema yordamida aniqlash mumkin.

Faraz qilaylik, mayatnik muvozanat vaziyatidan chiqarilib, ya'ni kichik burchakka og'dirilib, qo'yib yuborilsa, u og'irlik ($P = mg$) kuchining F tashkil etuvchisi — qaytaruvchi kuch ta'sirida muvozanat holatiga qaytadi. Olgan inersiyasi tufayli muvozanat holatidan o'tib ketadi va tebranish amplitudasi eng katta bo'lgandan so'ng teskari tomonga og'adi, yana muvozanat vaziyatidan o'tadi, natijada mayatnikning tebranma harakati yuzaga keladi.

Mayatnikni muvozanat holatiga qaytaruvchi F kuchni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$F = -P \sin \alpha = -mg \sin \alpha, \quad (1)$$

bu yerda m — mayatnikning massasi, kg; g — erkin tushish tezlanishi, m/s^2 ; «—» ishorasi kuch yo'nalishi bilan og'ish burchagining yo'nalishlari hamma vaqt qarama-qarshi bo'lishini ifodalaydi.

Mayatnikka ta'sir qiluvchi og'irlik kuchining momenti ta'sir etuvchi kuchga va mayatnik yelkasining uzunligiga bog'liqligidan quyidagini yozish mumkin:

$$M = Fl = -mg l \sin \alpha, \quad (2)$$

bunda l — aylanish o'qidan og'irlik markazigacha (S nuqtaga) bo'lgan masofa, m.

Kichik og'ish burchaklarida ($\alpha < 0,14$ rad $\approx 6^\circ$; $\sin \alpha \approx \alpha$) siljish kattaligi $x = \alpha l$ bo'lganligi uchun (1) tenglamani quyidagi shaklga keltirish mumkin:

$$F = -mg x / l. \quad (3)$$

Qattiq jism aylanma harakati tufayli burchak tezlanishga ega bo'lganligi sababli, Nyutonning ikkinchi qonunini shu holat uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$M = I\beta, \quad (4)$$

bunda I — mayatnikning osilish o'qiga nisbatan inersiya momenti; β — burchak tezlanishi, rad/s.

Aylanayotgan jismning burchak tezlanishi bilan tebranishning chiziqli tezlanishi o'zaro $\beta = a / l$ munosabat orqali bog'langan. Shu asosida (4) tenglamani soddalashtirib, mayatnikni muvozanat holatiga qaytaruvchi kuch topiladi, ya'ni

$$M = Fl = Ia / l; \text{ bundan } F = Ia / l^2; \quad (5)$$

Tebranayotgan jismga ta'sir etuvchi kuch vaqt birligida o'zgarib boradi va natijada a tezlanishli garmonik tebranma harakat vujudga keladi. Garmonik tebranish tenglamasi $x = A \sin \omega t$ ni nazarga olib, tebranma harakat tezlanishini quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$a = d^2 x / dt^2 = -\omega^2 A \sin(\omega t + \varphi_0) = -\omega^2 x. \quad (6)$$

Tezlanish qiymatini (5) tenglamaga qo'yib,

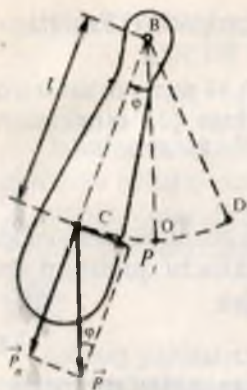
$$F = -I \omega^2 x / l \quad (7)$$

ni hosil qilamiz. (3) va (7) tenglamalarning o'ng tomonlarini tenglashtirib, undan fizik mayatnikning tebranish davri formulasini hosil qilamiz:

$$T = 2\pi / \omega = 2\pi \sqrt{I / mgl}, \text{ bunda } \omega = \sqrt{\frac{mgl}{I}}. \quad (8)$$

Bu tenglamada $L = I / ml$ — fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi deyiladi.

Mayatnik keltirilgan uzunligining fizik ma'nosini oydinlashtirish maqsadida Gyuygens—Shteyner teoremasiga murojaat qilamiz:



1.9.1- rasm. Fizik mayatnik.

$$I = I_c + ml^2,$$

bu yerda I_c — mayatnikning C og'irlik (massalar) markazidan o'tuvchi parallel o'qqa nisbatan inersiya momenti (1.9.1- rasm). Bu teorema asosan fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi quyidagi shaklda ifodalanadi:

$$L = l + I_c / ml. \quad (9)$$

Ushbu tenglamadan quyidagi xulosani chiqarish mumkin: mayatnikning keltirilgan uzunligi osilish nuqtasidan massalar markazigacha bo'lgan masofadan katta; mayatnikning osilish nuqtasidan l_c masofada joylashgan nuqta *tebranish markazi* deyiladi. Demak, tebranish markazi va mayatnikning osilish nuqtasi massalar markazining yuqori va past tomonlarida har xil masofada bir vertikal chiziqda joylashar ekan. Shuning uchun ham mayatnikning markazidan bir xil uzoqliklarda yotgan barcha osilish nuqtalariga keltirilgan o'zgarmas uzunlik mos keladi, ya'ni keltirilgan o'zgarmas uzunlikda tebranishlar davri o'zgarmas bo'ladi.

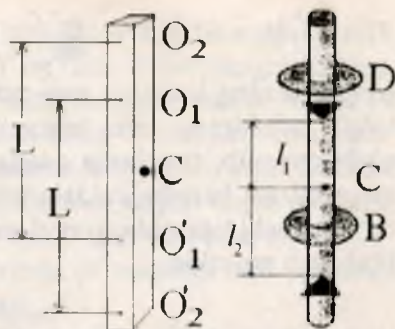
Mayatnikning osilish nuqtasi va uning tebranish markazi o'zaro qo'shaloq nuqtalardir, ya'ni ikkala nuqtani ham osilish nuqtasi deb qabul qilinsa, tebranishlar davri o'zgarmaydi. Mayatnikni O' tebranish markazidan osib tebratilsa, uning tebranish davri O nuqtaga nisbatan o'zgarmaydi va haqiqiy osilish O nuqtasi yangi tebranish markazi bo'lib qoladi. Bu qonun *Gyuygens teoremasi* deyiladi.

Demak, tebranish davrlari o'zgarmas bo'lganida osilish nuqtalari orasidagi masofa *fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi* deyiladi. Fizik mayatnikning tebranish davri o'zgarmas bo'lishi uchun butun massasi tebranish markazida yig'ilgan matematik nuqta bo'lishi kerak.

Gyuygens teoremasidan foydalanib ag'darma mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini tajribada aniqlash mumkin.

Ag'darma mayatnik 1.9.2—1.9.3- rasmlarda sxematik tasvirlangan. Mayatnik po'lat sterjendan yasalgan bo'lib, u

O va O' tayanch prizmalar va biri qo'zg'ala oladigan, ikkinchisi qo'zg'almas qilib mahkamlangan yasmiqsimon D va B po'lat yuklardan tashkil topgan. O va O' tayanch prizmalari ag'darma mayatnikning osilish nuqtalari bo'lganida siljiydigan yasmiqsimon yukni sterjen bo'ylab ko'chirish natijasida tebranish davrlarining bir xil bo'lishiga erishiladi. Shu shart bajarilganida ag'darma mayatnik prizmalari qirralari orasidagi L masofa *fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi* bo'la oladi. Tebranish davrini tajribada aniqlab, (8) formuladan g ni hisoblab topish mumkin:



1.9.2- rasm. Ag'darma mayatnik.

$$g = 4\pi^2 L / T^2,$$

bunda L — prizmalar orasidagi masofa, m.

Agar tajribani o'tkazish jarayonida bir xil tebranishlar davriga erishish qiyin bo'lsa, ag'darma mayatnik avval birinchi prizмага, keyin mayatnikni ag'darib, ikkinchi prizмага osiladi. Mayatnikning har bir holati uchun uning tebranish davrlari tenglamalarini quyidagicha yozish mumkin:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}}, \quad T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{I_1}{mgl_1}}, \quad T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{I_2}{mgl_2}},$$

bunda: l, l_1, l_2 — tayanch nuqtalari bilan inersiya (massalar) markazlari orasidagi masofalar, m; I, I_1 va I_2 — mayatnikning tayanch nuqtalariga nisbatan inersiya momentlari.

Mayatnikning holatlari uchun Shteyner tenglamasini quyidagicha ko'rinishda yozamiz:

$$I = I_c + ml^2, \quad I_1 = I_c + ml_1^2, \quad I_2 = I_c + ml_2^2,$$

bulardan tebranish davri tenglamalari quyidagi ko'rinishga keladi:

$$T_2 = \frac{4\pi^2}{mgl} (I_c + ml^2); T_1^2 = \frac{4\pi^2}{mgl} (I_c + ml_1^2); T_2^2 = \frac{4\pi^2}{mgl} (I_c + ml_2^2).$$

Mayatnikning holatlari mos ravishda keltirilgan uzunlikka to'g'ri kelishini va uning tebranish davrlari bilan bog'liqligini e'tiborga olib, tenglama asosiga ayrim o'zgartirish, shakl almashtirish hamda soddalashtirishlarni kiritgandan so'ng, og'irlik kuchi tezlanishini aniqlash formulasini quyidagi shaklda ifodalash mumkin:

$$g = \frac{4\pi^2(l_1^2 - l_2^2)}{l_1 T_1^2 - l_2 T_2^2}. \quad (10)$$

Demak, mayatnikning har bir holatiga mos keluvchi uzunligini va uning tebranish davrlarini tajribada topib, g ning qiymatini hisoblash mumkin ekan.

Asbob-uskunalar

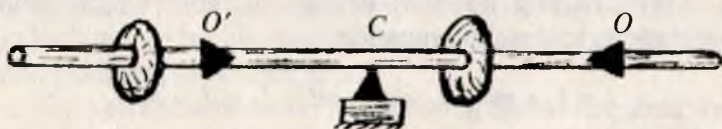
Ag'darma mayatnik qurilmasi; metrli o'lchov tasmasi yoki metall chizg'ich (ruletka); metall ponali taglik; tebranishlar sonini qayd qiluvchi va uni hisoblash qurilmasi; mayatnikni istalgan burchak ostida tutib turuvchi elektromagnit.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va ishni bajarishga kerakli asbob-uskunalarining mavjudligini tekshiring.

2. Mayatnikni stol ustidagi tekis joylashtirilgan prizma (metall ponali taglik) qirrasiga gorizontal holatda joylashtirib, uning C muvozanat nuqtasi (1.9.3- rasm)ni toping va shu nuqtadan prizmalargacha (osilish nuqtalarigacha) bo'lgan l_1 , l_2 masofalarni o'lchab, yozib oling.



1.9.3- rasm. Mayatnikning gorizontal holatdagi muvozanat (og'irlik) markazini aniqlash sxemasi.

3. Ag'darma mayatnikni birinchi prizma (0 nuqta)ga osib, uni muvozanat vaziyatidan 5° og'dirib elektromagnitga iling, so'ngra tugmachani bosib, elektromagnitni uzing. Mayatnik tebrana boshlaydi. Shunda qayd qilish va hisoblash qurilmalari tebranishlarni avtomatik ravishda sanaydi. To'la tebranishlar soni $n = 25$ marta bo'lgan holat uchun ketgan vaqtni aniqlang. So'ng tebranish davrini $T_1 = t_1 / 25$ dan hisoblab toping.

4. Mayatnikni ikkinchi prizma (0' nuqta)ga osib, o'lchashlarni takrorlab, T_2 ni aniqlang.

5. Aniqlangan natijalar (l_1 , l_2 , T_1 va T_2) ni jadvalga kiriting va (10) formula bo'yicha g ni hisoblang.



Nazorat savollari

1. Fizik mayatnik deb nimaga aytiladi?
2. Mayatnikning tebranish davri va keltirilgan uzunligi deb nimaga aytiladi?
3. Mayatnik keltirilgan uzunligining fizik ma'nosini tushuntiring.
4. Nisbiy xatolik qanday usul bilan aniqlanadi?
5. Fizik mayatniklar qayerlarda qo'llaniladi?

1.10. PRUJINALI MAYATNIK

Ishning maqsadi: Prujinali mayatnik tebranishi qonuniyatlarini: a) xususiy tebranishlar davrining osilgan yuk massasiga bog'liqligini o'rganish; b) doiraviy chastotaning yuk massasiga bog'liqligini o'rganish.



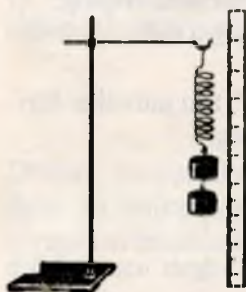
NAZARIY MUQADDIMA

Prujinaga osilgan yukning tebranma harakati eng sodda, ya'ni garmonik tebranishdir. Yuqorida garmonik tebranishlar tenglamalarini keltirganimizni e'tirof etib, bu tenglamalar to'g'risida batafsil to'xtalmaymiz.

Prujinaga osilgan yukni tebranma harakatga keltirib va N marta to'la tebranishi uchun ketgan t vaqtni tajribada aniqlab, $T = t / N$ dan mayatnikning tebranish davrini, $\omega = 2\pi / T$ dan davriy chastotasini topish mumkin. Mayatnikning tebranishlar davrining va davriy chastotasining yuk massasiga bog'liqligini tekshirish uchun bikrligi ($k = P / \Delta l$) ma'lum bo'lgan prujinalardan va turli massali (5—6 ta) yuklardan foydalaniladi.

Shkalali shtativ. Bikrligi turlicha bo'lgan prujinalar to'plami. Turli og'irlikdagi yuklar to'plami. Elektron sekundomer.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI



1.10.1- rasm.
Qurilmaning sxematik
tasviri.

Qurilma laboratoriya shtativi, bikrligi har xil bo'lgan prujinalar, har xil og'irlikdagi yuklar, elektron sekundomer, yuklar qo'yiladigan ilgakli pallacha va boshqa yordamchi aslahalardan tashkil topgan. Qurilmani ishga tushirish uchun shtativ sterjeniga, ma'lum balandlikda gorizontol holda ilgak mahkamlanadi (1.10.1- rasm). Yig'ilgan qurilmaning ilgagiga pallachali prujina osiladi va pallachaga yuk qo'yiladi. Shundan so'ng, yukli prujinani pastga qarab bir necha santimetr tortib qo'yib yuborilgach, shu onda sekundomerni ham ishga tushiriladi. Agar elektromagnitli prujina tortgich va sekundomerni avtomatik ishga tushirish va to'xtatish sistemasi qo'llanilsa, natijalarning aniqligi ortadi. Shtativ stolga qattiq qotirilsa, yaxshi natija olinadi.



Ishni bajarish tartibi

1 - topshiriq: Prujinali mayatnikning tebranish davrini va davriy chastotasini aniqlash.

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Ma'lum bikrlikdagi prujinani shtativga iling.
3. Tarozi yordamida yuklarning mos ravishda m_1 , m_2 , m_3 ... massalarini o'lchab oling.
4. Prujinaga m_1 massali yukni osing va uni muvozanat vaziyatidan pastga 30—50 mm og'dirib qo'yib yuboring va shu onda elektron sekundomerni ishga tushiring. Mayatnik tebrana boshlaydi. Sekundomer vaqtni hisoblaydi.

5. Mayatnikning N marta ($N = 40-50$) to'la tebranishiga ketgan vaqtni sekundomer yordamida aniqlang.

6. $T = t/N$ munosabatdan mayatnikning tebranish davrini hisoblang.

7. Mayatnikning erkin tebranishlari davriy chastotasini $\omega = 2\pi/T$ va $\omega_0 = \sqrt{R/m_1}$ ifodalardan foydalanib hisoblang. Tajribada aniqlangan va ma'lum natijalarni bir-biri bilan taqqoslang.

Eslatma. Prujinaning bikrligi $k = P/\Delta l$ dan topiladi.

8. 3—6- bamlarda qayd etilgan vazifalarni qolgan yuklar va prujinalar uchun ham bajaring.

1 - jadval

Tartib nomeri	m, kg	I prujina		II prujina		III prujina	
		T^2, s^2	ω_0^2, s^{-2}	T^2, s^2	ω_0^2, s^{-2}	T^2, s^2	ω_0^2, s^{-2}
1							
2							
3							
....							

9. Har bir prujina uchun T^2 va ω_0^2 qiymatlarni hisoblang.

10. Tajribada topilgan natijalarni 1- jadvalga kiriting.

11. T^2 va ω_0^2 larning yukning m massasiga bog'liqlik grafigini chizing va uni tahlil qiling.

2 - topshiriq: Prujinali mayatnik xususiy tebranishlarining prujina bikrligiga bog'liqligini o'rganish.

Prujinali mayatnik T xususiy tebranishlar davrining prujina bikrligiga bog'liqligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{R}}, \quad (1)$$

bunda: T — tebranish davri; R — prujinaning bikrlilik koef-fitsienti; m — prujinaga osilgan yukning massasi.

Turli prujinalarga ma'lum massali yukni osib va mayatniklarni tebrantirib, tajribada ularning har birining T tebranish davrlarini topish va $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ dan har bir prujina uchun bikrlilik koeffitsientini hisoblash va olingan natijalarga asoslanib, $T^2 = f(k)$ funksiyaning ko'rinishini aniqlash mumkin.



Ishni bajarish tartibi

1. Massasi $m = 30-50$ g oraliqda bo'lgan yukni tanlang.
2. Shtativdagi ilgakka ma'lum bikrlikdagi prujinani osing va unga tanlangan yukni iling.
3. Birinchi topshiriqning 3-5- bandlarida qayd etilgan usul bilan mayatnikning T tebranish davrini toping.
4. T davrning topilgan qiymati asosida (1) formuladan foydalanib, prujinaning k bikrlilik koeffitsientini hisoblang.
5. Berilgan prujina uchun bikrlilik koeffitsientining hisoblangan qiymati bilan ma'lum qiymatini o'zaro taqqoslang.
6. Qolgan prujinalar uchun ham tanlab olingan m massali yuk bilan 2-5- bandlarda qayd etilgan vazifalarni bajaring.
7. Olingan natijalarni 2- jadvalga kiriting.

2- jadval

Prujina nomeri	m , kg	$T = \frac{t}{N}$, s	T^2 , s ²	$k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$	$k = \frac{P}{\Delta l}$

8. 2- jadval asosida T^2 ning k ga bog'liqlik grafigini chizing va uni tahlil qiling.

3- topshiriq: Prujinali mayatnik tebranishi so'nishining logarifmik dekrementini va muhitning ishqalanish koeffitsientini aniqlash.
(qo'shimcha bajarish uchun)

Faraz qilaylik, prujinali mayatnikning tebranish amplitudasi vaqtning t_0 momentida $a_1 = a_0 e^{-\beta t_0}$, t vaqtdan keyin

esa $a_1 = a_0 e^{-\beta(t_0+t)}$ bo'lsin. Ularning nisbatini olib logarifmlasak, quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$\ln \frac{a_1}{a_2} = \ln \frac{a_0 e^{-\beta t_0}}{a_0 e^{-\beta(t_0+t)}} = \ln e^{\beta t} = \beta t.$$

Bundan tebranishlarning so'nish koeffitsienti topiladi:

$$\beta = \frac{\ln(a_1 / a_2)}{t}. \quad (2)$$

Demak, tajribada t vaqt ichida tebranish amplitudasining necha marta kamayganini ko'rsatuvchi a_1 / a_2 nisbatni aniqlab, (2) dan β ni hisoblab topish mumkin. Shuningdek, tajribada mayatnikning T tebranish davri aniqlanadi. β ning qiymatini bilgan holda $\lambda = \beta T$ formuladan so'nishning logarifmik dekrementi λ ni va $r = 2\lambda m / T$ formuladan tebranishlar sodir bo'layotgan muhitning r ishqalanish koeffitsientini hisoblab topish mumkin bo'ladi.



Ishni bajarish tartibi

1. Ma'lum nomerli prujina va m massali yukni tanlab oling. Prujinani shtativga iling va unga tanlangan yukni osing.
2. Mayatnikni idishdagi suyuqlikka tushiring.
3. Yuqoridagi mashqning 3—5- bandlarida qayd etilgan usul bilan mayatnikning suyuqlikdagi tebranishlarining T davrini toping.
4. Boshlang'ich amplitudani $a_1 = 50$ mm ga teng qilib olib, yukni qo'yib yuborish bilan bir vaqtda sekundomerni yurgizing. Kuzatishni davom ettirib, tebranish amplitudasini boshlang'ich amplitudaning taxminan 0,1 qismiga teng bo'lguncha, ya'ni $a_2 = 0,1 a_1$ ($a_2 = 5$ mm) bo'lguncha ketgan t vaqtni toping.
5. (2) munosabatdan β so'nish koeffitsientini toping.
6. β va T ning qiymatlari ma'lum deb hisoblab, $\lambda = \beta T$ formuladan so'nishning logarifmik dekrementi λ va $r = 2\lambda m / T$ formuladan muhitning ishqalanish koeffitsiyenti r ni hisoblab toping.

7. Prujinaga boshqa yuklarni osib, yuqoridagi 2—6-bandlarda qayd etilgan vazifalarni bajaring.

8. Tajriba natijalarini 3- jadvalga kiriting.

3- jadval

Tartib nomeri	Prujina nomeri	m, kg	T , s	a_1 , mm	a_2 , mm	l , s	β , s ⁻¹	λ	R



Nazorat savollari

1. So'nuvchi tebranma harakat deb nimaga aytiladi?
2. Prujinali mayatnikning real muhitda harakat tenglamasi qanday ko'rinishda bo'ladi?
3. Prujinali mayatnikning xususiy tebranishlari formulasini yozing. U qanday kattaliklarga bog'liqligini tushuntiring.
4. So'nishning logarifmik dekrementi nimani tavsiflaydi? Relaksatsiya vaqti-chi?
5. Prujinaning bikrlk koeffitsienti tajribada qanday topiladi? Uning fizik ma'nosini tushuntiring.
6. Tebranishlarning so'nish koeffitsientini aniqlash tajribasini tushuntiring.

1.11. TOVUSH TO'LIQININING HAVODA TARQALISH TEZLIGINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Tovush to'liqinining havoda tarqalishini tajribada o'rganish. 2. Tovush to'liqlarining qo'shilish hodisasini o'rganish. 3. Turg'un to'liqinning hosil bo'lishini va uning havoda tarqalishini o'rganish. 5. Turg'un to'liqindan foydalanib, tovush to'liqinining tarqalish tezligini aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Tebranishning biror muhitda tarqalishi *to'liqin* deyiladi. To'liqlar ikki xil bo'ladi: *ko'ndalang* va *bo'ylama* to'liqlar. Muhit zarralarining tebranish yo'nalishi to'liqinning tarqalish yo'nalishiga tik bo'lsa—ko'ndalang to'liqin, bir xil bo'lsa—bo'ylama to'liqin deyiladi. Tovush to'liqini — bu

bo'ylama to'liqindir, chunki u muhit zarralarining to'liqinning tarqalish yo'nalishida zichlashish va siyraklashishidan hosil bo'ladi. Ko'ndalang va bo'ylama to'liqlar quyidagi 1.11.1 — 1.11.2- rasmlarda tasvirlangan.

Tebranuvchi elastik muhit zarralari tebranishining bir to'la davr ichida tarqalish masofasi *to'liqin uzunligi* deyiladi. To'liqin uzunligi to'liqinning tarqalish tezligi v va chastota ν bilan quyidagicha bog'langan:

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = v \cdot T. \quad (1)$$

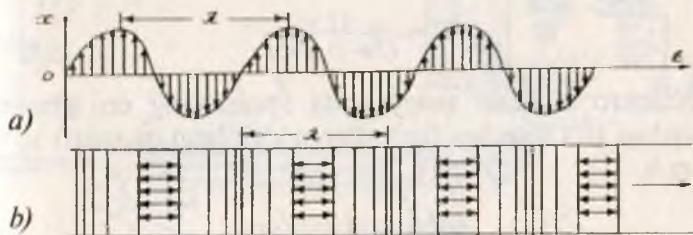
Tugun va do'ngliklari vaqt o'tishi bilan o'z joyini o'zgartirmaydigan to'liqin *turg'un to'liqin* deyiladi. Bu hodisani akustik rezonans deyilsa ham bo'ladi, chunki amplituda maksimal qiymatga ega bo'ladi. Havo ustunida birinchi maksimum tovush to'liqinining to'rtidan bir uzunligi masofasida hosil bo'ladi.

Quvurning bosh qismiga qo'zg'almas qilib tovush manbai va uning ikkinchi tomoniga qo'zg'aluvchi porshen shaklidagi datchik, ya'ni tovush to'liqinini qayd etuvchi asbob kiritilsa, shu porshenning old yuzasida goh do'nglik (maksimum), goh tugun (minimum) tebranishlar hosil bo'ladi.

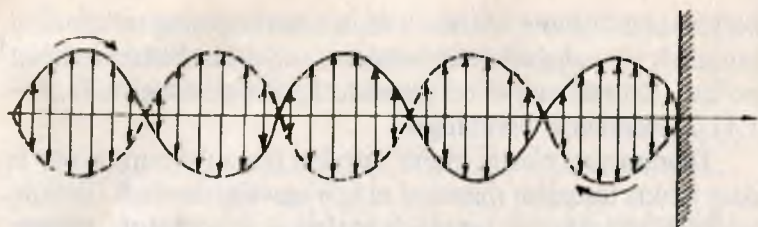
Havo ustuni uzunligi tovush to'liqini uzunligining to'rtidan biridan toq marta katta bo'lganda rezonans, ya'ni tebranish amplitudasining ortishi kuzatiladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$L = (2n - 1) \frac{\lambda}{4}, \quad (2)$$

bunda: $n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$; λ — to'liqin uzunligi.



1.11.1- rasm. Bo'ylama va ko'ndalang to'liqlarning sxematik tasviri.



1.11.2- rasm. To'lqinning muhitlar chegarasidan qaytishi.

(2) ifodadan to'lqin uzunligi topiladi:

$$\lambda = \frac{4L}{2n-1}. \quad (3)$$

U holda (1) formulani qayta yozib, so'ngra undan to'lqinning tarqalish tezligi ifodasi hosil qilinadi, ya'ni

$$\frac{v}{\lambda} = \frac{4L}{2n-1} \Rightarrow v = \frac{4Lv}{2n-1}. \quad (4)$$

Ma'lumki, muhit temperaturasi o'zgarganida shu muhit zarralarining harakat tezligi ham o'zgaradi. Shunga mos ravishda tovush to'lqinining temperaturaga bog'liqligini quyidagicha yozish mumkin:

$$v_0 = \frac{v}{\sqrt{1+\beta t}}, \quad (5)$$

v_0 – tovush to'lqinining 0°C da tarqalish tezligi; v – $t^\circ\text{C}$ temperaturadagi tezlik; β – havo uchun $0,004$ $1/\text{grad}$ ga teng. Yuqoridagi (4) tenglamani (5) ga qo'yib, tovush to'lqinining 0°C temperaturada tarqalish tezligini quyidagicha yozish mumkin:

$$v_0 = \frac{4Lv}{(2n-1)\sqrt{1+\beta t}}. \quad (6)$$

Xalqaro birliklar sistemasida tovushning nol gradus Selsiydagi (0°C) tezligi (jadvallarga kiritilgan qiymati) $v_0 = 332$ m/s.

Asbob-uskunalar

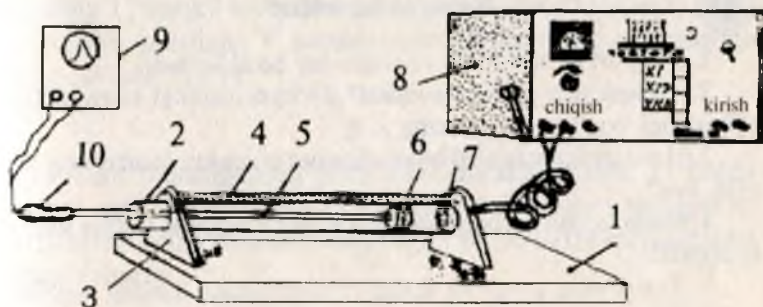
Turg'un to'lqin hosil qilishga mo'ljallangan (uzunligi $1,2$ – $1,5$ m, diametri 50 – 60 mm) shisha nay. Aniq chastotadagi

tovush tebranishlarini hosil qiluvchi GNChSh generatori. Chizg'ich. Datchikda hosil bo'lgan tebranishlar chastotasini o'lchaydigan LTChO—01 chastotomer. Ossillograf. Shisha nay mahkamlanadigan asos va boshqa yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma eni 20 sm, bo'yi 1,2 m va qalinligi 2 sm bo'lgan yog'och taxta (1) ga vertikal o'rnatilgan ikkita tayanch (3), shu tayanchlarga o'rnatilgan shisha nay (2), shu nayning bir uchiga mahkamlangan tovush manbai vazifasini bajaruvchi telefon (7), qo'zg'aluvchi porshen (6) ga o'rnatilgan tovush datchigi (mikrofon yoki quloqqa taqiladigan karnaycha), shu porshenni shisha nay bo'ylab harakatga keltiruvchi metall nay (5), porshenning siljigan holatini ko'rsatuvchi bir metrli chizg'ich (4), metall nay ichida tovush signallari hosil qilgan elektr signallarni tashqariga chiqaruvchi ikkita ingichka elektr sim, metall nayning ikkinchi uchiga kiygizilgan yog'och dasta (10), tovush generatori (8) va chastotomeri yoki elektron ossillografi (9) hamda ayrim yordamchi aslahalardan tashkil topgan (1.11.3- rasm).

Qurilmani ishga tushirish uchun tovush generatori va chastotomeri elektr tarmog'iga ulanadi. Shunda tovush generatori ma'lum chastotadagi tebranishlarni beradi, natijada karnaydan tovush tebranishlari muhitga tarqaladi. Bu tebra-



1.11.3- rasm. Laboratoriya ishining qurilmasi.

nishlarni qayd etuvchi datchikning chiqishida elektr signallar paydo bo'ladi. Elektr signallarni qayd etuvchi chastotomer asbobi signallarning tebranish chastotasini ko'rsatadi. Qo'zg'aluvchi porshenga o'rnatilgan datchik holatini o'zgartirib, turli xil tebranishlarning maksimum va minimumlarini chastotomer yoki elektron ossillografda kuzatish mumkin.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Tovush generatori va chastotomerini yoki elektron ossillografni elektr tarmog'iga ulang.
3. Rezonans hosil bo'lguncha porshenni nayning berk uchiga kelguncha siljiting.
4. Porshenni orqaga tortib, birinchi maksimumni toping va a_1 masofani yozib oling.
5. Undan so'ng ikkinchi va h.k. maksimumlarni toping, masofalarni o'lchang va yozib oling.
6. Har bir masofa uchun tovush tezligini hisoblang va jadvalga kiriting.
7. Tezlikning o'rtacha qiymatini hisoblang va uni jadval ma'lumotlari bilan solishtiring, xatoliklarni hisoblang.

O'lchash tartibi	L	D	$t^{\circ}C$	v_0	v_0 , jadv.	Nisbiy xato: $\frac{v_0 - v}{v_0} \cdot 100\%$
------------------	-----	-----	--------------	-------	------------------	---



Nazorat savollari

1. Turg'un to'lqin nima va u qanday hosil bo'ladi?
2. To'lqin deb nimaga aytiladi? To'lqin uzunligi bilan tezligi o'rtasidagi bog'lanishni yozing.
3. Havo ustuni uzunligi bilan chastota o'rtasida qanday bog'lanish bor?
4. Nima uchun suyuqlik va gaz ichida ko'ndalang to'lqin kuzatilmaydi?
5. Tovushning tarqalish tezligi temperaturaga qanday bog'liq?
6. Laboratoriya ishining asosiy formulasini yozing.
7. Asbobning tuzilishi va ishini bajarish tartibini tavsiflang.

1.12. JISMNI QIYA TEKISLIK BO'YLAB KO'TARISH MOSLAMASINING F.I.K.NI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Qiya tekislik vositasida oddiy mashinalar-ning foydali ish ko'effitsientini tajribada aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Hamma turdagi mashinalar bajargan har qanday ish to'la-ligicha foydali ish bo'la olmaydi. Ishning bir qismi so'zsiz, befoyda ketadi. Masalan, barcha mashina va mexanizmlarda hamma vaqt ishqalanish kuchlari mavjud bo'lib, bu kuchlarni yengish uchun bajariladigan ish foydasiz hisoblanadi. Shuning uchun har bir mashinaning qanchalik samarador ishlashini tavsif-lash uchun foydali ish ko'effitsienti tushunchasi kiritiladi. *Mashinaning η foydali ish ko'effitsienti deb, A_f foydali ishning bajarilgan A_u umumiy ishga bo'lgan nisbatiga aytiladi.* Foydali ish ko'effitsienti (FIK), odatda, foizlarda ifodalanadi. Bino-barin, ta'rifga ko'ra, η ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\eta = \frac{A_f}{A_u} \cdot 100\%. \quad (1)$$

FIK — bu umumiy bajarilgan ishning qancha qismi foydali ishga aylanganligini ko'rsatuvchi ko'effitsient.

Mazkur laboratoriya ishida, qiya tekislik misolida, quril-maning FIK aniqlanadi. Rasmdan ko'rinib turibdiki, jismni harakatlantiruvchi F kuch kattalik jihatidan P og'irlik ku-chining F_2 tashkil etuvchisi bilan jism harakatlanganda unga to'sqinlik qiladigan F_1 ishqalanish kuchlarining yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$F = F_2 + F_1. \quad (2)$$

Shu shart bajarilganda, jism tekis harakat qiladi. U holda jismni qiya tekislikning pastki uchidan yuqori uchigacha sirpantirib olib chiqishda bajarilgan to'liq ishni quyidagicha yozish mumkin:

$$A_u = Fl,$$

bunda l — qiya tekislikning uzunligi.

Ravshanki, bu ishning F_i kuchni yengish uchun sarf bo'lgan ishi befoydadir. Jismni qiya tekislikning H balandligiga teng balandlikka ko'tarishda bajarilgan ish foydali ish hisoblanadi, ya'ni:

$$A_f = PH.$$

Demak, (1) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$\eta = \frac{PH}{F \cdot l} \cdot 100\%. \quad (3)$$

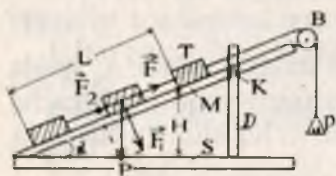
Bu formulaga kirgan kattaliklarni tajribada bevosita aniqlab, FIK ni hisoblash mumkin. Buning uchun qiya tekislik 1.12.1-rasmda ko'rsatilgandek gorizontal holatda o'rnatilib, ish laboratoriya ishining yo'riqnomasida ko'rsatilgan tartibda bajariladi.

Asbob-uskunalar

Burchagi rostlanadigan qiya tekislik qurilmasi. Turli xil geometrik shakldagi jismlar. Tarozi va har xil vazndagi tarozi toshlari. Aluminiy, po'lat va sh.k. taxtachalar. Ilgakli idishcha va boshqa yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Laboratoriya ishining qurilmasi burchagi rostlanadigan qiya tekislikdan va unga kerakli asbob-uskunalaridan tashkil topgan. Qiya tekislik qurilmasining tuzilishi 1.12.1-rasmda keltirilgan. S massiv asosga sirti tekis qilib ishlangan M taxtacha biror α burchak ostida o'rnatilgan bo'lib, uning qiyaligini D ustunchadagi K vint yordamida o'zgartirish mumkin. M taxtachaning



1.12.1- rasm. Qiya tekislik qurilmasi.

ning ikkinchi uchiga qo'zg'almas B blok o'rnatilgan. Blok orqali o'tkazilgan ipning bir uchi qiya tekislik sirtiga qo'yilgan T jismga, ikkinchi uchi esa P pallaschaga bog'langan. Agar pallaschaga tarozi toshlari qo'yilsa, jism qiya tekislik bo'ylab harakatga keladi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishini yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Yog'och taxtachaning m_1 massasini tarozida 3—4 marta tartib oling va $P = mg$ og'irligini hisoblang.
3. Pallachaning m_p massasini tartib aniqlang.
4. Yog'och taxtachani qiya tekislikning pastki qismiga joylashtiring va taxtachani orqa tomondan sekin turtib yuborib, tekis harakatga kelguncha pallachaga tarozi toshlaridan qo'yib boring va qo'yilgan toshlarning umumiy massasini aniqlang. Tajribani 3—4 marta takrorlab, m_1 ning o'rtacha qiymatini hisoblang.
5. Taxtachani harakatlantiruvchi F kuch pallacha bilan toshlarning og'irligiga teng bo'lgani uchun $F = (m_1 + m_p)g$ ni hisoblang.
6. Masshtabli chizg'ich yordamida qiya tekislikning N balandligi bilan l uzunligini rasmda ko'rsatilgandek o'lchab oling.
7. (3) formuladan foydalanib FIK ni hisoblab toping.
8. Kvint yordamida qiya tekislikning balandligini 4—5 marta o'zgartirib, har bir holat uchun FIK ni aniqlang.
9. Qiya tekislikning balandligi bilan FIK orasidagi bog'lanishni ifodalovchi $\eta = f(H)$ grafikni chizib, uni izohlang.
10. Aluminiy taxtacha bilan ham yuqorida ko'rsatilgan tartibda o'lchashlar o'tkazing va bunda ham $\eta = f(H)$ grafigini chizing va uni izohlang.



Nazorat savollari

1. Mexanik ishning ta'rifini ayting va uning formulasini yozing. Ish qanday birliklarda o'lchanadi?
2. «Umumiy ish» va «foydali ish» deganda nimani tushunasiz?
3. FIK deb nimaga aytiladi va u qanday parametrlarga bog'liq?
4. Nima uchun pallachaga qo'yilgan yukning massasi ozgina ortiq bo'lganida qiya tekislikdagi taxtacha tekis harakat qiladi?
5. $\eta = f(H)$ ni ifodalovchi grafikni tavsiflab bering.
6. Qiya tekislikning FIK ni qanday oshirish mumkin?

1.13. MATERIALNING ELASTIKLIK MODULINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Guk qonunini tajribada o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Tashqi kuch ta'sirida jism shakli va o'lchamlarining o'zgarishiga *deformatsiya* deyiladi. Tashqi ta'sir kuchi jismdan olingandan so'ng, shu jism o'zining avvalgi shakliga qaytsa, bunday deformatsiya *elastik deformatsiya*, aksincha holatda, *plastik deformatsiya* deyiladi.

Deformatsiyalangan jismning (buralish, egilish, cho'zilish, siljish, siqilish deformatsiyasidagi) istalgan kesimida uning shakli va o'lchamining o'zgarishiga qarshilik qiladigan elastiklik kuchlari ta'sir etadi. Plastik deformatsiyalangan jismning kristall tuzilishi mutlaqo o'zgarib, avvalgi holatiga qaytmaydigan holatga o'tadi. Bu jarayon qaytmas bo'ladi. Biror yo'nalish bo'yicha deformatsiya o'lchami *absolut deformatsiya*, absolyut deformatsiya qiymatining jismning shu yo'nalish bo'yicha birlamchi o'lchamiga nisbati *nisbiy deformatsiya* deyiladi.

Deformatsiyalangan jismning holati kuchlanish (aniqrog'i, mexanik kuchlanish) deb ataladigan maxsus kattalik bilan tavsiflanadi. Son qiymati jihatidan *F* elastiklik kuchi modulining shu jism ko'ndalang kesimi yuzi *S* ga nisbatiga teng fizik kattalik *kuchlanish* deyiladi va uni quyidagicha yoziladi:

$$\sigma = F / S. \quad (1)$$

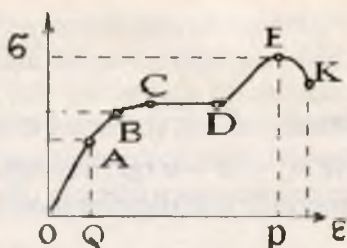
Xalqaro o'lchov birliklar sistemasi (SI) da kuchlanish birligi sifatida $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ qabul qilingan. Elastiklik kuchi *S* yuzaga tik yoki urinma holatida yo'nalgan bo'lishiga qarab, uni normal yoki urinma kuchlanish deb yuritiladi.

Deformatsiyalanish diagrammasi deyilganida, kuchlanishlar yoki nagruzka (yuklama) bilan materialning deformatsiyalanishi orasidagi bog'lanish grafigi tushuniladi.

Cho'zilish diagrammasi. Cho'zilish deformatsiyasini tadqiq etish uchun tadqiq etiladigan materialdan yasalgan sterjen maxsus qurilmalar yordamida cho'zib ko'riladi, bunda namunaning uzayishi va unda paydo bo'ladigan kuchlanish

o'lchanadi. Tajriba natijalariga asoslanib, σ kuchlanishning ε nisbiy uzayishga bog'lanish grafigi chiziladi, bu grafik cho'zilish diagrammasi deb ataladi (1.13.1- rasm.) Cho'zilish diagrammasi hamma jismlar uchun doim bir xil ko'rinishda bo'lmasligi mumkin.

Guk qonuni. Tajribaning ko'rsatishicha, deformatsiyalar juda kichik bo'lganda σ kuchlanish ε nisbiy uzayishga to'g'ri proporsional (Guk qonuni. Diagrammaning OA nuqtalar oralig'i). Bu bog'lanishni quyidagi shaklda yozish mumkin:



1.13.1- rasm. Kuchlanishning nisbiy uzayishga bog'liqlik diagrammasi.

$$\sigma = E |\varepsilon| \quad (2)$$

Bu formulada ε nisbiy uzayishning moduli olingan, chunki Guk qonuni cho'zilish deformatsiyasini ham, $\varepsilon < 0$ bo'ladi-gan siqilish deformatsiyasini ham qoniqtiradi. Guk qonuni-ni ifodasida qatnashadigan E proporsionallik koeffitsienti *elastiklik moduli* yoki *Yung moduli* deb ataladi. Deformatsi-yalar juda kichik bo'lganda σ kuchlanish va ε nisbiy uzayishni o'lchab, Yung moduli (2) formuladan aniqlanadi.

Ko'p ishlatiladigan materiallar uchun Yung moduli taj-ribada aniqlangan. Masalan, xrom — nikelli po'lat uchun $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Pa, aluminiy uchun $E = 7 \cdot 10^{10}$ Pa. E qanchalik katta bo'lsa, boshqa parametrlar (F, S, l_0) bir xil bo'lganda sterjen shunchalik kam deformatsiyalanadi. Yung moduli materialning elastik cho'zilish (siqilish) deformatsiyasiga qarshilik ko'rsatish qobiliyatini ifoda qiladi.

(2) formula shaklida yozilgan Guk qonunini boshqacha-roq ko'rinishga keltirish mumkin. Buning uchun (2) formu-

laga $\sigma = \frac{F}{S}$ va $\varepsilon = \frac{|\Delta l|}{l_0}$ ifodalarini qo'yib, quyidagi tenglik hosil qilinadi:

$$\frac{F}{S} = E \frac{|\Delta l|}{l_0},$$

bunda: $F = \frac{|\Delta l|SE}{l_0}$ — namunaga ta'sir etayotgan kuch; $SE/l_0 = k$ — o'rganilayotgan jism (sterjen) bikrligi. U holda yuqorida keltirilganlar asosida quyidagini yozish mumkin:

$$F = k|\Delta l|.$$

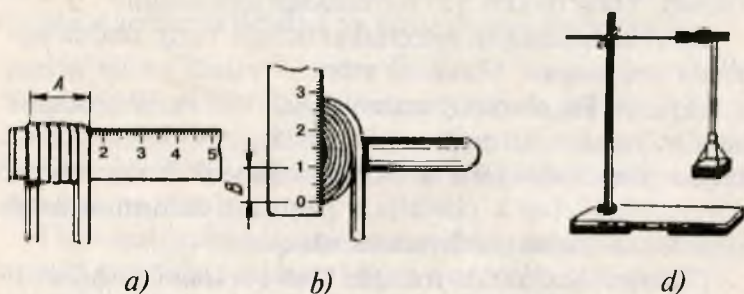
Shunday qilib, sterjenning k bikrligi Yung moduli bilan sterjen ko'ndalang kesimi yuzining ko'paytmasiga to'g'ri va sterjenning uzunligiga teskari proporsional ekan.

Asbob-uskunalar

Tarozi (toshlari bilan). Shtangensirkul yoki millimetrli metall chizg'ich. Shtativ. Uzunligi 30—40 sm bo'lgan rezina tasma va yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Mazkur qurilma shtativ, ilgak, rezina tasma, millimetrli metall chizg'ich va sh.k.lardan tashkil topgan. Qurilmaning sxematik tasviri 1.13.2- rasmda keltirilgan. Qurilmani ishlatish uchun oddiy chizg'ich olinadi va unga rezina tasma zich qilib



1.13.2- rasm. Ish qurilmasining sxematik tasviri:

- a) chizg'ichga rezina tasmani o'rash usuli; b) rezina tasmani maxsus g'o'lachaga o'rash usuli; d) mini idishchaga yuk solish yo'li bilan rezina tasmaning cho'zilishini o'rganish usuli.

o'raladi. Keyin chizg'ichga o'ralgan rezina tasmaning eni (A) o'lchanadi. Xuddi shunday, g'o'laga ustma-ust o'ralgan rezina tasmaning qalinligi ham chizg'ich yordamida o'lchanadi. Ingichka rezina namunalardan ishni bajarishda qo'llanilganda, unga bog'langan maxsus qutichaga toshlar solinadi. Har xil og'irlikdagi toshlarni qutichaga solib, ingichka rezina tasmaning cho'zilishi topiladi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va o'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Shtativga qisqichli sterjenni o'rnatib.

3. Variant bo'yicha berilgan rezina namunaning o'lchamlarini aniqlang. To'g'ri to'rtburchakli rezina tasma o'lchamlarini 1.13.2- rasmda ko'rsatilgandek aniqlang. Buning uchun namunaning qalinligini $b = B/N$ va enini $a = A/N$ dan aniqlang.

4. Namunani 1.13.2- d rasmdagidek o'rnatib va har xil yuklarni osib, uning boshlang'ich va oxirgi holatlarini tayanchdagi chizg'ichda belgilab, uzunliklarini aniqlang. Topilgan natijalardan Δl ni aniqlang. Natijalarni quyidagi jadvalga kiriting.

O'lchash tartibi	Namunaning boshlang'ich uzunligi, l_0 , m	Namuna qalinligi va eni, a/b , mm	Yuklar massalari, m , kg	Namunaning yuk osilgandan keyingi uzunligi, l , m	$\Delta l = l - l_0$	$S = ab$

5. Natijalar asosida σ va E ni hisoblab toping.

6. O'lchashlarning absolut va nisbiy xatoliklarini natijalar asosida toping.

7. Ishdan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Guk qonuni nimani o'rganadi va u qanday ta'riflanadi?
2. Elastik va plastik deformatsiya deb nimaga aytiladi?
3. Elastiklik moduli nima? Uning fizik ma'nosini tushuntirib.
4. Nisbiy uzayish qanday topiladi?
5. Bikrlilik nima va to'sinlarning bikrligi qanday aniqlanadi?

1.14. METALLARNING CHIZIQLI KENGAYISH KOEFFITSIENTINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Materiallar chiziqli uzayishining temperaturaga bog'liqligini o'rganish. 2. Variant bo'yicha berilgan ma'lum uzunlikdagi metall sterjenni uy temperaturasidan suvning qaynash temperaturasigacha qizdirib, uning chiziqli uzayish koeffitsientini aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Kristallarning issiqlikdan kengayishi kristall atomlari orasidagi o'rtacha masofaning ortishi bilan tavsiflanadi.

Temperaturaning ortishi natijasida kristall tugunlaridagi atomlarning tebranish amplitudasi ham ortadi. Lekin amplitudaning ortishi har doim atomlar orasidagi o'rtacha masofaning ortishiga olib kelavermaydi, chunki jismlarning issiqlikdan kengayish hodisasidan atomlar tebranish amplitudasining ortishi degan ma'no kelib chiqmaydi, balki kengayish tebranayotgan atomlar energiyasining ortishi natijasida yuzaga keladi.

1.14.1- rasmda atomlararo ta'sirning to'liq energiyasi W ning atomlar orasidagi masofa r ga bog'liqlik grafigi keltirilgan. Faraz qilaylik, chizmadagi r gorizontall chiziq — kristall panjaradagi atomning biror t_1 temperaturaga, masalan, uy temperaturasiga mos kelgan energetik sathini tasvirlayotgan bo'lsin. Bu gorizontall chiziqning egri chiziq bilan kesishgan nuqtalari panjara tugunidagi atomning tebranishdagi eng chetki r_1 va r_2 holatlarini ko'rsatadi. Bu to'g'ri chiziqning o'rta nuqtasi atomning panjaradagi berilgan temperaturadagi

muvozanat holatini bildiradi. Temperatura biror t_2 ga (masalan, suvning qaynash temperaturasi) o'ttirilganda, atom avvalgi a holatdan b gorizontaal chiziq bilan aniqlanadigan yuqoriroq energetik sathga o'tadi. b chiziqning uzunligi a chiziqning uzunligidan katta, bu atom tebranish amplitudasining ortganini ko'rsatadi. Energiya egri chizig'ining simmetrik emasligidan, b gorizontaal chiziqning markazi a gorizontaal chiziqning markaziga nisbatan o'ngga siljigan bo'ladi. Bu esa atom muvozanat holatining siljiganini, atomlararo masofaning ortganini, ya'ni kristallni qizdirganda uning kengayishini ko'rsatadi. U holda jism qizdirilganida uning chiziqli o'lchamlarining ortishi hisobiga tebranish amplitudalarining ortishi bo'lmasdan, balki atomning muvozanat holatini tavsiflovchi atomlararo masofaning ortishi bo'lishi mumkin.

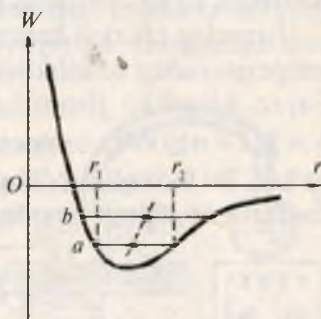
Jismlarning issiqlikdan kengayishi miqdor jihatdan chiziqli va hajmiy kengayish koeffitsientlari orqali tavsiflanib, ular quyidagicha aniqlanadi. Jismning l uzunligi temperatura Δt ga o'zgarganda Δl ga o'zgarsin. U holda chiziqli kengayish koeffitsientini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{1}{l_0} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta t}. \quad (1)$$

Demak, chiziqli kengayish koeffitsienti jism uzunligining temperaturaning bir Kelvinga to'g'ri kelgan nisbiy o'zgarishiga teng bo'lar ekan. Xuddi shunday hajmiy kengayish koeffitsienti quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\beta = \frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta t}, \quad (2)$$

bunda: V_0 —jism hajmi; ΔV —o'zgargan elementar hajm. Bundan ko'rinadiki, β —hajmning bir Kelvinga to'g'ri kelgan nisbiy o'zgarishi bilan tavsiflanadigan



1.14.1- rasm. Atomlararo ta'sirlashuvdagi to'liq energiyaning ular orasidagi masofaga bog'liqligi.

kattalikdir. Agar 0°C temperaturadagi hajm va uzunlik mos ravishda $V_0, l_0; t^{\circ}\text{C}$ da esa V_t va l_t bo'lsa, ular o'zaro (1) va (2) ifodalarga asosan quyidagicha bog'lanadi:

$$V_t = V_0 (1 + \beta t), \quad (3)$$

$$l_t = l_0 (1 + \alpha t). \quad (4)$$

Kristallarda anizotropiyaning mavjudligi tufayli, α turli yo'nalishda turlicha bo'ladi. Agar har xil (x, y, z) yo'nalishlarga mos bo'lgan chiziqli kengayish koeffitsientlari α_x, α_y va α_z bo'lsa, hajmiy kengayish koeffitsienti quyidagiga teng bo'ladi:

$$\beta = \alpha_x + \alpha_y + \alpha_z.$$

Izotrop jismlar uchun, shuningdek, kubik simmetriyaga ega bo'lgan kristallar uchun quyidagini yozish mumkin:

$$\alpha_x = \alpha_y = \alpha_z = \alpha \quad \text{yoki} \quad \beta = 3\alpha, \quad (5)$$

α va β ning qiymatlari; yuqori temperaturalarda temperaturaning o'zgarishi kichik bo'lsa, amalda o'zgarishsiz qoladi. Umuman issiqlikdan kengayish koeffitsientlari temperatura-ga bog'liq. Past temperaturalarda α va β koeffitsientlar temperaturaning uchinchii darajasiga proporsional ravishda kamayib boradi va absolyut nol temperaturada nolga intiladi. Buni ham 1.14.1- rasmdagi grafik asosida tushuntirish mumkin.

Jismning chiziqli kengayish koeffitsientini uning ikki xil temperaturadagi uzunliklarini o'lchash orqali hisoblash qulay. Faraz qilaylik, jismning t_1 temperaturadagi uzunligi $l_1 = l_0(1 + \alpha t_1)$ va t_2 temperaturadagi uzunligi $l_2 = l_0(1 + \alpha t_2)$ bo'lsin. Bu formulalarni birgalikda yechib, α chiziqli kengayish koeffitsienti uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1 T_2 - l_2 T_1} = \frac{\Delta l}{l_1 T_2 - l_2 T_1}. \quad (6)$$

Asbob-uskunalar

Chiziqli kengayish koeffitsienti aniqlanadigan metall sterjen. Shisha kolba. Isitish asbobi (elektr plita). Uzayishni

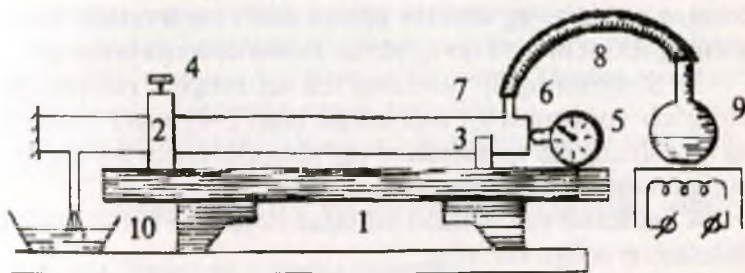
o'lchaydigan indikator asbobi. Millimetrli chizg'ich. Barometr. Tok manbai. Rezina nay. Stakan va yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

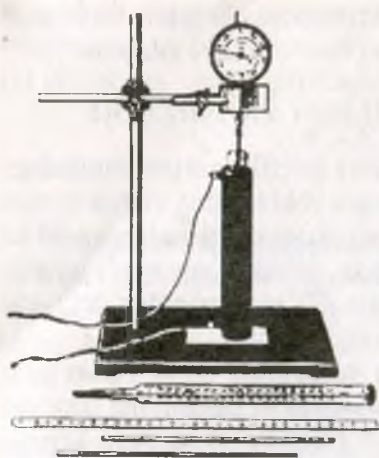
Chiziqli kengayish (uzayish) koeffitsientini aniqlashga mo'ljallangan namuna sifatida jez yoki boshqa metall sterjen olinadi. Sterjen yog'och taglik (1) ustiga mahkamlangan ikkita — 2 va 3 tirgaklarga o'rnatilgan, ichidan suv bug'i o'tadigan, shishadan yasalgan silindr (7) ning o'qidan o'tuvchi shisha nay ichida joylashgan (1.14.2- rasm.)

Silindrning bir uchi 4 vint yordamida qo'zg'almas qilib mahkamlanadi. Uning ichida joylashgan sterjenning ikkinchi uchidagi chuqurchaga yog'och taglikka o'rnatilgan kengayish kattaligini o'lchaydigan indikator (5) ning o'tkir uchi (6) tushiriladi va juda osoyishtalik bilan tirab qo'ndiriladi. Silindrning ikkinchi tomoniga o'rnatilgan maxsus nay rezina nay (8) yordamida kolba (suv bug'i generatori) 9 bilan tutash-tiriladi.

Sterjen joylashgan ichki nay devorida kondensatsiyalangan bug' o'z issiqligini ichki quvurga beradi va so'ngra tashqi katta quvurdan oqib chiqib stakan (10) ga quyiladi. Sterjen bug' yordamida isitilishi natijasida uzayib, indikatorga ta'sir kuchini uzatadi. Shunda uning uch qismining siqilishi hisobiga indikator mili ma'lum burchakka buriladi. Indikator milining bir to'la aylanishi sterjenning 1 mm ga uzayganiga mos



1.14.2- rasm. Metall sterjenning chiziqli kengayish koeffitsientini aniqlash qurilmasi.



1.14.3- rasm.

termometr (termometr o'rniga termojuft ham qo'llanilsa bo'ladi), shishali termo va elektr izolyator (taglik), laboratoriya shtativi, reostat hamda boshqa yordamchi aslahalardan tuzilgan.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va o'qituvchi savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.
2. Sterjenni tirgaklarga o'rnatib. Uning bir uchi indikatorning o'tkir qo'zg'aluvchi uchiga erkin tegib tursin. Sterjenning ikkinchi uchi qo'zg'almas shisha devorga tayanadi.
3. Sterjenning l_1 boshlang'ich uzunligini millimetrlilik chizg'ich yordamida 0,1 mm aniqlik bilan 2—3 marta o'lchang va t_1 boshlang'ich temperatura (uy temperaturasi)ni xona devoriga osilgan termometrdan aniqlang.
4. Indikator gardishidan ushlagan holda uni burab, milini shkalaning noliga keltiring.
5. Sterjenning maxsus nayini 8 rezina orqali 9 bug' generatoriga ulang. Elektr plitani tok manbaiga ulang va hosil bo'lgan suv bug'ining tashqi shisha naydan o'tishini ta'minlang.

Bug' sterjenni qizdiradi. Natijada sterjen sekin-asta uzayib, indikatorning milini harakatga keltiradi.

6. Xona devoriga osilgan barometr yordamida atmosfera bosimini aniqlang va shu bosim ostida suvning qaynash temperaturasi jadvaldan toping. Bu — sterjenning isitilgandan keyingi temperaturasi bo'ladi.

7. Aniqlangan kattaliklardan foydalanib, (6) formulaga asosan α ning qiymatini hisoblang. Bunda l_2 ni $l_2 = l_1 + \Delta l$ ga teng deb oling.

8. Chiziqli kengayish (uzayish) koeffitsientining qiymatidan foydalanib, (5) ifodadan hajmiy kengayish koeffitsientini hisoblab toping.

9. Tajribani bir necha marta takrorlab, chiziqli uzayish koeffitsientining o'rtacha qiymatini hamda absolut, nisbiy va o'rtacha kvadratik xatoliklarni hisoblab, natijalarni quyidagi jadvalga yozing:

O'lchash tartibi	T_1, K	T_2, K	l_1, mm	$\Delta l, mm$	l_2, mm	α, K^{-1}	β, K^{-1}	$\frac{\Delta \alpha}{\alpha} \cdot 100\%$



Nazorat savollari

1. Qattiq jismlarning issiqlikdan kengayishini molekulyar-kinetik nazariya asosida qanday tushuntirish mumkin?

2. Chiziqli kengayish koeffitsienti deb nimaga aytiladi? Uning SI birliklar sistemasidagi o'lchov birligini yozing.

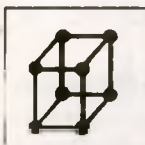
3. Chiziqli kengayish koeffitsienti bilan hajmiy kengayish koeffitsienti orasidagi bog'lanishni ko'rsating. Qanday moddalar uchun bunday bog'lanish o'rinli bo'ladi?

4. Qizdirishdan oldin nima uchun sterjenning bir uchi mahkamlanadi?

5. Chiziqli kengayish koeffitsienti temperaturaga qanday bog'liq?

6. (6) formulani keltirib chiqaring.

7. Bu vazifada qo'llaniladigan uzayish indikatori shkalasi-ning bir bo'linmasining qiymati nimaga teng? Uni qanday aniqlash mumkin?



II BOB

MOLEKULAR FIZIKA

2.1. SUYUQLIKLARNING JISMLARNI SIQIB CHIQRISH KUCHINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Har xil geometrik shakldagi jismlarni suyuqliklarning siqib chiqarish—ko'tarish kuchini aniqlashni tajribada o'rganish. 2. Siqib chiqarish kuchining suyuqlik zichligiga bog'liqligini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Tabiatdagi suyuqliklarning zichliklari turlicha bo'lganligidan, ular tomonidan shu suyuqlikka tushirilgan moddani (jismni) ko'tarish, ya'ni siqib chiqarish kuchi bir-biridan farqli bo'ladi. Suyuqlikka tushirilgan jism Arximed qonuniga muvofiq, o'zlarining zichliklariga mos ravishda suyuqlikning har xil qatlamlarida suzadi. Demak, ularga ta'sir etadigan siqib chiqaruvchi kuch—bu Arximed kuchi bo'lib, uning kattaligi turlicha bo'lishi mumkin. O'rganilayotgan ma'lum geometrik yoki nogeometrik shakldagi jismlar havoda tortilganda ularning og'irligi quyidagiga teng, ya'ni:

$$P = mg = gV\rho. \quad (1)$$

Suyuqlikka tushirilgan jismning hajmi uning siqib chiqargan suyuqligi egallagan hajmga teng bo'ladi, ya'ni $V = V_s$. Shuning uchun idishdagi suyuqlik hajmi ΔV ga ortadi. Shu jismni suyuqlikka tushirib tortilganida esa uning og'irligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$P_1 - P_2 = \Delta P = g\rho_s V_s - g\rho V_s, \quad (2)$$

bundan: $\rho_s g V_s$ — jismning havodagi og'irligi; ρ_s — qattiq jism zichligi; V_s — jism siqib chiqargan suyuqlik hajmi; $\rho g V_s$ — suyuqlikning jism unga tushirilgandan keyingi og'irligi. (2) formuladan:

$$\Delta P_s = gV_s(\rho_q - \rho_s). \quad (3)$$

Bu ifodadan ko'rinadiki, suvga botirilgan jismning hajmi u siqib chiqargan suyuqlikning hajmiga teng bo'lar ekan.

Demak, moddaga ta'sir etadigan siqib chiqaruvchi kuch yoki *ko'tarish kuchi*—bu *Arximed kuchi* hisoblanadi. Shuning uchun (3) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$F_A = \Delta P_s = F_1 - F_2, \quad (4)$$

bunda F_1 va F_2 — o'rganilayotgan jismning quruq havoda va suvga botirilgan holda tortilgandagi og'irliklari.

Shunday qilib, jismni havoda va suyuqlikda tortib, tarozining ko'rsatishlari hamda jismning siqib chiqargan suyuqligi hajmini aniqlash yo'li bilan suyuqliklarning jismni siqib chiqarish, ya'ni ko'tarish kuchini aniqlash mumkin ekan.

Asbob-uskunalar

Turli xil geometrik shakldagi massasi 0,2 kg gacha bo'lgan kichik jismlar (yog'och g'o'lacha, temir, mis parchalari va sh.k.). Yuqori aniqlikda tortadigan JW—I rusumli analitik tarozi. Ingichka kapron ip va boshqa aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

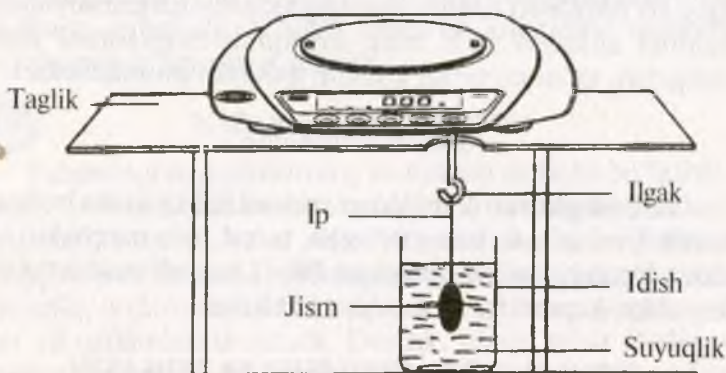
Qurilma JW — I rusumli tarozi, gorizontal joylashtirilgan taglik, suyuqlik quyiladigan o'lchovli idish (menzurka), suyuqlik, ilgak, kapron ip, tortiladigan qattiq jismlardan tashkil topgan. Qurilmaning asosi Janubiy Koreyada ishlab chiqilgan yuqori aniqlikdagi JW — I rusumli tarozidan iborat bo'lib, unga osilgan kichkina yoki ancha kattagina jismlar avval havoda, so'ngra suyuqliklar (oddiy ichimlik va distillangan suv, solyar moyi, glitserin)ga tushirilgan holda tortiladi (2.1.1-rasm). Eng avvalo, tarozining muvozanati buzilmaydigan joy tanlanadi. Tarozi shu joyga shayton yordamida gorizontal o'rnatiladi. Namunani suyuqlikda tortish uchun o'rganilayotgan suyuqlik o'lchovli idishga quyiladi va uning hajmi aniqlanadi, so'ngra uni tarozi tagiga joylashtiriladi. Eng avval tortiladigan namuna havoda tarozi ilgagiga ilib tortiladi. Keyin

uni tarozi tagidagi suyuqlikli idishga tushiriladi va shu holatida tortiladi. Havoda va suyuqlikda tortilgan namuna og'irliklarining farqi topiladi hamda hisoblashlar bajariladi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va ishni bajarishga zarur bo'lgan asboblarni ishlatishni ham o'rganing. Tarozi bilan ishlashning texnika xavfsizligi bilan tanishing. O'qituvchi savollariga javob berganingizdan so'ng ishni bajarishga ruxsat oling.



2.1.1- rasm. Jismlarni suyuqlikda tortish qurilmasi.

2. JW — 1 rusumli tarozini maxsus qutichasidan chiqarib stol ustiga qo'ying.

3. Yuqori aniqlikdagi tarozini maxsus joyga shunday o'rnatishingki, ipga osilgan yukni osongina suyuqlikka tushirish ta'minlansin.

4. Shayton yordamida tarozini gorizontall o'rnatish.

5. Kamida uch xil geometrik shakldagi jismlarni (yog'och, temir, jez) havoda torting va aniqlangan natijalarni jadvalga kiriting.

6. Havoda tortilgan jismlarni ipga bog'lab, suvga tushirib torting.

7. Tajribada topilgan natijalar asosida (3) va (4) formulalardan foydalanib, suyuqlikning ko'tarish kuchini hisoblang.

O'lchash tartibi	Jismlar turi	Jismlar-ning havodagi og'irligi, P_1	Jismlarning suvdagi og'irligi, P_2	Og'irliklar farqi, ΔP	Arximed kuchi, $F_A \pm \Delta F_A$
1	Yog'och				
2	Temir				
3	Jez				
4	Alumi-niy				

8. Distillangan suv, glitserin uchun ham yuqoridagilarni takrorlang.

9. Xatoliklarni hisoblab jadvallarga kiriting.

10. Tajribadan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Jismlarning zichligi qanday formula bilan hisoblanadi?
2. Suyuqlik nima sababdan unga tushirilgan jismni siqib chiqaradi?
3. Jismning suyuqlikka botgan qismining hajmi qanday hisoblanadi?
4. Arximed kuchi deb nimaga aytiladi? Uning ta'rifini ayting.
5. Hamma suyuqliklar jismni bir xil siqib chiqaruvchi kuch bilan yuqoriga ko'taradimi?
6. Suyuqlikning zichligi bilan Arximed kuchi orasida qanday bog'lanish bor?

2.2. QOVUSHQOQLIK KOEFFITSIENTINI STOKS USULI BILAN ANIQLASH

Ishning maqsadi: Stoks usulidan foydalanib, tajriba yo'li bilan yopishqoq suyuqlikning ichki ishqalanish koefitsientini aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Suyuqliklarning ichki tuzilishi va ulardagi molekulalar harakatiga bog'liq bo'lgan asosiy xossalaridan biri—uning qovushqoqligi (yopishqoqligi yoki ichki ishqalanishi)dir.

Suyuqlik va gazlarda biror qismining ikkinchi qismiga nisbatan siljishiga qarshilik ko'rsatish xossasi *qovushqoqlik* deyiladi. Quvurda suyuqlik harakatlanganida uning qovushqoqligi hisobiga suyuqlik oqimi o'qidan devorgacha oqim qatlamlarining tezligi kamayib boradi. Natijada turli xil tezliklar bilan harakatlanayotgan qatlamlar orasida ishqalanishning ichki urinma kuchlari ta'sir qiladi. Buning hisobiga tezroq harakatlanayotgan suyuqlik qatlami sekinroq harakatlanayotgan qatlamni siljitadi yoki aksincha, devor yaqinidagi qatlam birinchi qatlamni tormozlaydi.

Qatlam sirtining birlik yuzasiga to'g'ri kelgan ishqalanish kuchi *ishqalanish kuchlanishi* deyiladi. U qatlamga perpendikular yo'nalishdagi tezlik gradienti moduliga proporsional bo'ladi.

Temperatura pasayishi bilan suyuqliklar molekularlari orasidagi o'zaro ta'sirlashish kuchlari ortib, ularning harakati susayadi. Ushbu holda qovushqoqlik kattalashadi. Suyuqliklarning qovushqoqlik xossasini tavsiflovchi kattalik *dinamik qovushqoqlik* deyiladi va uni η bilan belgilanadi. Dinamik va kinematik qovushqoqliklar o'zaro bog'langan, ya'ni $\nu = \eta / \rho$. Dinamik qovushqoqlikning o'lchov birligi SI da Pa·s, kinematik qovushqoqlikniki esa m^2/s .

Yuqorida ta'kidlaganimizdek, qattiq jism yopishqoq suyuqlik ichida o'zgarmas kuch ta'sirida harakatlanganda o'ziga yaqin suyuqlik zarralari bilan ta'sirlashib, shu suyuqlik qatlamlarini ergashtirib ketadi. Bunga asosiy sabab—suyuqlik ichida ichki ishqalanishning paydo bo'lishidir. Demak, suyuqlikda qattiq jismning harakati ta'sirida uzoqdagi suyuqlik qatlami ham siljiydi. Suyuqlik qatlamlarini harakatga keltirishda jism uning ichki ishqalanishini yengish uchun ma'lum miqdorda ish bajaradi. Bunga jism energiya sarflaganligi sababli, harakatdagi qattiq jism tezlanishini yo'qotadi va tekis harakatga o'tadi.

Stoks suyuqlik ichiga tushirilgan sharchalar tekis harakati ν tezligining kattaligi ta'sir etuvchi F kuchga, suyuqlikning qovushqoqlik koeffitsienti η ga va sharchalarning radiusiga bog'liqligini aniqlagan. Uni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$v = \frac{1}{6\pi} \frac{F}{r\eta}. \quad (1)$$

Agar sharcha og'irlik kuchi ta'sirida harakatlansa, u holda sharchaga ta'sir etuvchi kuch sharchaning suyuqlik ichidagi og'irligiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$F = mg - P, \quad (2)$$

bunda: P — sharcha hajmiga teng bo'lgan hajmdagi suyuqlik og'irligi, m — sharchaning massasi, g — og'irlik kuchining tezlanishi.

Sharchaning zichligini d bilan, suyuqlikning zichligini ρ bilan belgilasak, (2) formulani quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$F = \frac{4}{3} \pi r^3 dg - \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g = \frac{4}{3} \pi r^3 g(d - \rho). \quad (3)$$

(3) ni (1)ga qo'ysak, sharchaning suyuqlikda harakatlanish tezligi ifodasi kelib chiqadi, ya'ni

$$v = \frac{2(d-\rho)}{9\eta} \cdot r^2 g.$$

Demak, suyuqlikning qovushqoqlik koeffitsienti quyidagi ifodadan topiladi:

$$\eta = \frac{2(d-\rho)}{9v} \cdot r^2 g. \quad (4)$$

Shunday qilib, suyuqlikning qovushqoqlik koeffitsientini aniqlash uchun suyuqlik ichida harakatlanayotgan sharchaning tekis harakati tezligini aniqlash kerak bo'ladi, chunki (4) formuladagi boshqa kattaliklarning qiymatlari jadvallardan olinadi.

Eslatma. Sharchaning diametri mikrometr bilan santimetrdan o'lchab topilganda qovushqoqlik koeffitsienti «Puaz» o'lchov birligida o'lchanadi:

$$1 \text{ Puaz} = 1 \frac{\text{g}}{\text{sm} \cdot \text{s}}.$$

Suyuqliklarning temperaturasi ko'tarilishi bilan uning qovushqoqlik koeffitsientining qiymati juda tez kamayadi. Masalan, 273 K da glitserinning qovushqoqlik koeffitsienti $\eta = 46$ puaz bo'lsa, 293 K da $\eta = 8,5$ puaz bo'ladi.

Qovushqoqligi ikki xil bo'lgan suyuqlik quyilgan balandligi 0,80—1,20 m bo'lgan shisha silindrlar. Elektron sekundomer. Radiusi 0,5—1,0 mm bo'lgan metall sharchalar. Mikrometr.



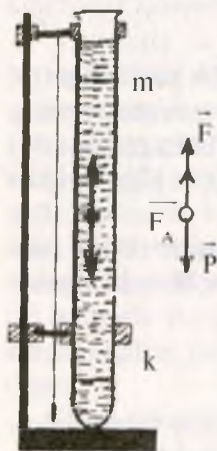
Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing. Ishga kerakli shisha silindrlarning suyuqlik bilan to'ldirilganligini tekshiring.

2. Shisha silindr idishi ichiga 70—100 sm balandlikkacha tadqiq etiladigan suyuqlikni quying va shayton yordamida suyuqlikli idishlarning vertikal joylashganligini tekshiring (2.2.1- rasm).

3. Ixtiyoriy birorta sharchani o'rganilayotgan suyuqlikka tashlang va uning tekis harakatga o'tgan balandligini aniqlang. Idishning mana shu joyiga m chiziq, undan pastroqda k chiziq chizing.

Eslatma. 1. Suyuqlikdagi sharcha ko'pchilik hollarda 5—10 sm oraliqda (suyuqlik qovushqoqligiga mos ravishda) tekis harakatga o'tadi.



2.2.1- rasm.

4. Variant bo'yicha berilgan sharchalarning bir nechtasining diametrlarini mikrometr bilan o'lchang.

5. Ma'lum diametrli sharchani suyuqlikka tashlang va m chiziqqa kelganda sekundomerni ishga tushiring hamda kuza-tishni davom ettirgan holda sharcha k chiziqqa yetganida uni to'xtating. So'ngra sharcha tekis harakat qilgan balandlikni va uni o'tishga sarf bo'lgan vaqtni aniqlang.

Eslatma. 2. Sharchaning m dan k gacha bo'lgan h masofani (2.2.1- rasimga q.) bosib o'tish uchun ketgan vaqti t desak, uning tezligi jismning tekis harakati qonuniyatidan topiladi.

5. Tajribada topilgan natijalarni jad-valga yozing.

Suyuqliklar	O'lchash tartibi	Shar radi- usi, r, m	Shar- ning o'tgan yo'li, h	Vaqt, t, s	Sharcha zichligi, $d, \frac{kg}{m^3}$	Suyuq- lik zichligi, $\rho, \frac{kg}{m^3}$	Tez- lik, v m/s	η	$\bar{\eta}$

Eslatma. 3. Paxta yog'ining zichligi 800 kg/m^3 ga teng, glitserinniki — 1260 kg/m^3 .



Nazorat savollari

1. Tashqi va ichki ishqalanish mexanizmini tushuntiring.
2. Stoks qonunini yozing va tushuntiring.
3. Qovushqoq muhitda harakatlanuvchi jismga qanday kuchlar ta'sir qiladi va ular qanday bo'ladi?
4. (4) formulani keltirib chiqaring.
5. Laboratoriya ishining bajarilishini tushuntirib bering.
6. Suyuqlik sirtidan muayyan masofada sharning harakati tekis harakatga o'tishi sababini tushuntiring.

2.3. SHARL QONUNINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: 1. Gaz termometrlarning tuzilishi va ishlash tartibini o'rganish. 2. Termik koeffitsientni real sharoitda aniqlash usulini o'rganish. 3. O'zgarmas hajmdagi havo bosimining termik koeffitsientini aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Molekulalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchi e'tiborga olinmaydigan darajada kichik bo'lgan va molekulalar orasidagi o'rtacha masofa molekulalarning o'z o'lchamlaridan ko'p marta katta bo'lgan gazni, molekulyar kinetik nazariyaga asosan, *ideal gaz* deb hisoblash mumkin.

Ideal gaz molekulalarining to'qnashishi elastik sharlarning to'qnashishi kabi bo'lib, ularda impulsning va mexanik energiyaning saqlanish qonunlari bajariladi. Molekulalarning o'lchami shu qadar kichikki, idish hajmiga nisbatan ularning umumiy hajmini hisobga olmasa ham bo'ladi. Ideal gaz molekulalari tartibsiz harakatlanadi: ular goh qo'shni molekulalar bilan, goh idish devorlari bilan to'qnashib turadi.

Berilgan m massali gaz holati uning parametrlari, ya'ni gazning V hajmi, uning idish devoriga ko'rsatadigan p bosimi va T temperaturasi bilan tavsiflanadi. Bu parametrlar *holat parametrlari* deyiladi.

Gaz hajmi o'zgarmas ($V = \text{const}$) bo'lganda sodir bo'ladigan jarayonni *izoxorik jarayon* deyiladi. Izoxorik jarayonda temperatura o'zgarishi natijasida gaz bosimining o'zgarishi o'rinli bo'ladi. Shuning uchun ideal gaz bosimining ortishi temperatura o'zgarishi bilan chiziqli o'zgaradi (ortadi yoki kamayadi). Buni matematik usulda quyidagicha ifodalash mumkin, ya'ni

$$p = p_0(1 + \alpha t), \quad (1)$$

bunda: p_0 — gazning 0°C temperaturadagi bosimi; p — temperatura $t^\circ\text{C}$ ga teng bo'lgandagi bosim; α — proporsionallik koeffitsienti bo'lib, uni gaz bosimining *termik koeffitsienti* deyiladi.

(1) formuladan α ning ifodasini keltirib chiqaramiz:

$$\alpha = \frac{p - p_0}{p_0 t}. \quad (2)$$

Barcha ideal gazlar uchun bosimning termik koeffitsienti bir xil:

$$\alpha = \frac{1}{273} = 0,003663 \text{ K}^{-1}.$$

Bosimning termik koeffitsienti hajm o'zgarmas ($V = \text{const}$) bo'lganda temperatura bir Kelvinga ortganda ideal gazning bosimi 273 K temperaturadagi bosimning taxminan $1/273$ qismi qadar ortishini bildiradi. Real gazlarda α ning kattaligi temperaturaga va gazning tabiatiga bog'liq.

Normal bosim va xona temperaturasiga yaqin temperaturadagi havoni ideal gaz deb qarash mumkin. Havo temperaturasini 273 K da saqlab turish qiyin. Shuning uchun α ni quyidagidek hisoblash mumkin. Buning uchun (1) formulani bir xil hajmdagi havoning p_1 , T_1 va p_2 , T_2 parametrlar bilan tavsiflanadigan ikki holati uchun quyidagicha yozamiz:

$$p_1 = p_0(1 + \alpha T_1) = \alpha T_1 p_0; \quad p_2 = p_0(1 + \alpha T_2) = \alpha T_2 p_0. \quad (3)$$

Birinchi tenglikni ikkinchisiga hadma-had bo'lib, hosil bo'lgan munosabatni α ga nisbatan yechib, quyidagini topamiz:

$$\alpha = \frac{p_2 - p_1}{p_1 t_2 - p_2 t_1} = \Delta p / p_0 (T_2 - T_1). \quad (4)$$

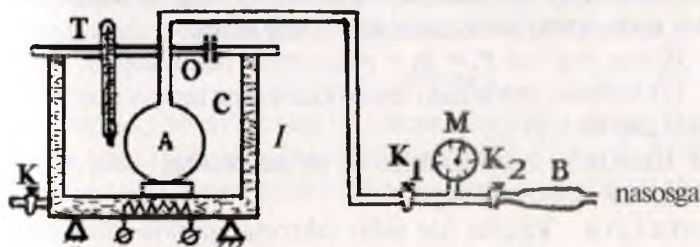
Gaz termometrini qo'llab, (4) formula yordamida α ning qiymatini topish mumkin. Buning uchun havoning p_1 va p_2 bosimlarini mos ravishda T_1 va T_2 temperaturalarda o'lchash kerak.

Asbob-uskunalar

Gaz termometri. Kamovskiy moy nasosi. Tok manbai. Shisha nayga solingan namlikni yutuvchi modda. Rezinka nay. Barometr. Suvli idish (bakcha). Voronka.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma I tashqi idish va uning ichiga joylashtirilgan C metall idish hamda shu metall idish ichiga joylashtirilgan A shisha ballondan iborat (2.3.1-rasm). Metall idish ichidagi va shisha ballon ichidagi havo temperaturasini T termometr o'lchaydi. Termometr tashqi idish qopqog'idagi maxsus teshikchaga o'rnatiladi. Suv isitish elementi suvga to'liq botirilgan bo'lishi shart. Manometr (M)ning bir yelkasi shisha ballonga, ikkinchisi namlikni yutuvchi CaCl solingan B idishga, idish esa o'z navbatida nasosga ulanadi. Termometr va manometr qurilmadagi havo temperaturasini hamda bosimini o'lchaydi.



2.3.1- rasm. Laboratoriya ishining qurilmasi.

Havo konveksiyasi kuchli bo'lmashligi uchun tashqi va ichki idishlar ustini qopqoq yopib turadi. Shisha naylar va manometr maxsus taxtaga qo'zg'almas etib mahkamlanadi.

Tashqi idish mustahkam issiqlik izolatoridan tayyorlanadi va tayanch ustiga joylashtiriladi.

Bu ish sxemasi 2.3.1- rasmda ko'rsatilgan eksperimental qurilma (gaz termometr)idan foydalanib bajariladi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing. Ishga kerakli asbob-uskunalar va aslahalarni jamlang.

2. Bakchadagi suvni tekshiring. Suv quyilmagan bo'lsa, voronka yordamida O tirqishdan kerakli miqdorda suv quyib (bunda bakchadagi spiral suvga botgan bo'lishi lozim).

3. Qopqoqdagi maxsus teshikchaga termometr o'rnatib va termometrning ko'rsatishi barqarorlashgandan keyin uning ko'rsatishini yozib oling.

4. Kamovskiy moy nasosi yordamida ballonda 100—150 mm simob ustuni (taxminan $(0,1-0,2) \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$)ga teng bo'lgan qo'shimcha p_1 bosim hosil qilinadi va K_2 jo'mrak burab berkitiladi.

5. Bakcha ichidagi suvni qaynatish uchun asbob tok manbaiga ulanadi. Suv isib borishi bilan ballondagi bosim ham ortib boradi.

6. Suv qaynagandan keyin ballondagi bosimning ortishi to'xtagach, manometr shkalasidan p_2 bosimni yozib oling.

7. Barometr ko'rsatishidan p atmosfera bosimini aniqlang va ballondagi havoning isitilgandan keyingi T_2 temperaturasini termometr ko'rsatishidan yozib oling.

8. $H_1 = p_2 = p$ va $P_2 = p_2 = p$ bosimlar hisoblanadi.

9. (2) formula yordamida havo bosimining termik koeffitsientini hisoblab toping.

10. Ishni bajarib bo'lgandan so'ng bakchadagi issiq suvni K jo'mrakni ochib to'king.

E s l a t m a . Tajriba har safar takrorlanganida idishdagi suvning temperaturasi xona temperaturasida bo'lishini ta'minlang.

11. Bosim termik ko'effitsientining o'rtacha qiymati va absolut hamda nisbiy xatoliklari, o'rtacha kvadratlik xatolik hisoblanadi.



Nazorat savollari

1. Ideal gaz deb qanday gazga aytiladi?
2. Ideal gaz qonunlarini aytib bering.
3. Bosimning termik ko'effitsienti hamma gazlar uchun bir xil bo'ladimi?
4. Havo ideal gazmi yoki real gazmi?
5. Gaz termometrining tuzilishini va ishlashini tushuntiring.
6. Gaz bosimini molekulyar-kinetik nazariya asosida tushuntiring.
7. Temperaturaning Kelvin va Selsiy shkalalari qanday hosil qilingan?

2.4. UNIVERSAL GAZ DOIMIYSINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Barcha turdagi gazlar uchun R o'zgarmas katalik ekanligini tajribada aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Nisbatan yuqori bosim va past temperaturadagi modda zarralarining xususiy hajmi hamda o'zaro ta'sirlashish kuchi ta'siri sezilarli bo'lgan gazlarni *real gaz* deyish mumkin. Tabiatda mavjud (atmosfera havosi) va sun'iy yo'l bilan olinadigan gazlar yuqoridagi shartlarni bajarganida, ularni real gazlar sifatida qaraladi. Ma'lumki, gaz bosimi molekulalar konsentratsiyasiga va uning temperaturasiga bog'liqligini e'tiborga olsak, bosimni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$p = NkT / V = nkT. \quad (1)$$

Demak, bir xil bosim va temperaturada hamma turdagi gazlar konsentratsiyasi bir-biridan farqli bo'lmaydi. U holda gazning turi va massasini e'tiborga olsak, (1) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$p = mN_A kT / \mu V. \quad (2)$$

Yuqorida keltirilganlar asosida gazning holat tenglamasi-ni quyidagi shaklda ifodalash mumkin:

$$pV = N_A mkT / \mu = mRT / \mu, \quad (3)$$

bunda $R = kN_A$ — universal gaz doimiysi.

Real gazlar uchun universal gaz doimiysini laboratoriya sharoitida aniqlash uncha qiyin emas. Bu ishda universal gaz doimiysi shisha shar ichidagi havoning ikkita har xil holatlarini taqqoslash yo'li bilan aniqlanadi. Agar V hajmli sharning ichida p_1 bosim va T_1 temperaturali m_1 kg havo bo'lsa, bu holat uchun R ni Mendeleyev—Klapeyron tenglamasidan aniqlash mumkin:

$$R = \mu p_1 V_1 / m_1 T_1, \quad (3)$$

bunda: m_1 — havoning massasi; R — universal gaz doimiysi, m — havoning normal temperaturadagi molyar massasi; T — havoning temperaturasi; p_1 va V_1 — havoning bosimi va hajmi.

Havoning temperaturasi o'zgartirmasdan uni sharning ichidan so'rib olish yoki sharning ichiga damlash yo'li bilan m_2 , p_2 , V_2 va T_2 parametrlar bilan tavsiflanadigan ikkinchi holatni hosil qilish mumkin. Bu holat uchun Mendeleyev — Klapeyron tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$p_2 V_2 = \frac{m_2}{\mu} RT_2, \quad (5)$$

bu yerda: m_2 — sharga damlangan havoning massasi; p_2 — uning bosimi; T_2 — havoning temperaturasi.

Demak, real gaz uchun laboratoriya sharoitida (havoning hajmi va temperaturasi tajriba davomida o'zgarmaganligini hisobga olib) R ni quyidagi formuladan foydalanib hisoblash mumkin, ya'ni

$$R = \frac{\mu V_1}{T_1} \cdot \frac{p_2 - p_1}{m_2 - m_1} = \mu V_1 \Delta p / T \Delta m. \quad (6)$$

Bu yerda: $m=29$ kg/mol, V_1 — kolbaning hajmi (ba'zida kolbaning hajmi o'zida ko'rsatilgan bo'lishi mumkin), xonadagi havoning T_1 temperaturasi termometr, kolbadagi p_1 va p_2 havo bosimlari manometr bilan o'lchanadi. $m_2 - m_1 = \Delta m$ havo

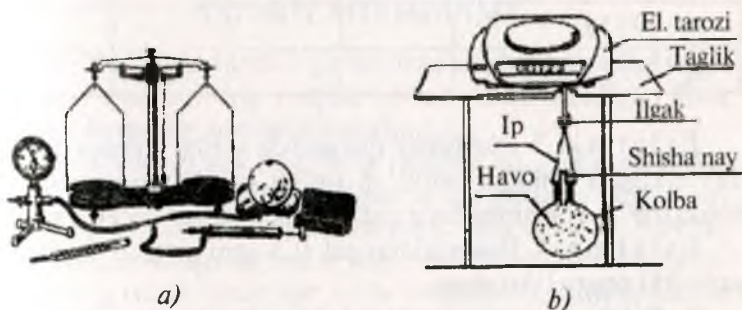
massasi tajribada aniqlanadi. Δm ning qiymati havo damlangan va damlanmagan shisha idishni tarozida bir necha marta tortgandan so'ng, ularning ayirmasidan topiladi.

Asbob-uskunalar

Sharnirli yoki elektron (JW—1) tarozi. Tarozi toshlari. Rezina yoki shishadan tayyorlangan, havo to'ldiriladigan ma'lum hajmdagi idishlar. Termometr. Manometr (suyuqlikli yoki mexanik manometrlar) va boshqa yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma 2.4.1- rasmda ko'rsatilgan bo'lib, u sharnirli yoki elektron tarozi, shisha kolba, nasos, manometr, rezina naylar va boshqa yordamchi aslahalardan tashkil topgan. Havo elektron tarozida tortilganida, aniqlikni orttirish uchun, havo bilan birga tortiladigan hamma anjomlar ikki-uch marta tortilishi va o'rtacha qiymati topilishi kerak. So'ngra matoli g'ilof ichidagi shisha kolba nasos yordamida damlanadi, uning bosimi o'lchanadi, keyin rezinali nay qisqich bilan ikki bukib yopiladi. Havo damlangan bu kolba elektron tarozida tortiladi. Kolbani tarozidan olib undagi havo chiqarib yuboriladi, so'ngra havosiz kolba matoli g'ilofi bilan birgalikda tortiladi. Bu tajribani kamida uch marta o'tkazish tajriba xatoligini kamaytiradi.



2.4.1- rasm. Sharnirli (a) va elektron (b) tarozilarda havoni tortish.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Ishga kerakli asbob-uskunalarining mavjudligini va ularning ishga yaroqli ekanligini tekshiring. O'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.
3. Tarozi shayton yordamida stol ustiga to'g'ri o'rnatilgan.
4. Havo damlanadigan kolbani tarozi pallasiga qo'yib torting va uning massasini (m_1) yozib oling.
5. Uch tarmoqli shisha nay yordamida manometr, kolba va nasosni o'zaro rezina nay orqali ulang.
Eslatma 1. Kolbaning tiqini o'rtasidagi shisha nay o'miga nepilli moslama o'rnatilsa, kolbani damlash ancha osonlashadi.
6. Nasos yordamida kolbaga havo haydab, uni ma'lum bosimgacha damlang va bosimni aniqlang.
Eslatma 2. Havoning temperaturasini ikki holatda ham shartli ravishda o'zgarmas deb qabul qiling.
7. Havo damlangan kolbani elektron yoki sharnirli tarozida torting va uning massasini (m_2) yozib oling.
8. Natijalarni quyidagi jadvalga kiriting.

O'lchash tartibi	1	2	3	4
$p_1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$				
$m_1 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$				
$m_2 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$				
$R_1 \cdot 10^3 \text{ J/kmol} \cdot \text{K}$				

Eslatma 3. Xavfsizlik maqsadida shisha kolbani matodan tikilgan g'ilofga solib va uning ipini tarang tortgan holda shisha kolbaning bo'g'zidan o'rab bog'lab qo'yish zarur.

Eslatma 4. Bosimni har gal 0,5 atm orttirib, tajribani yana ikki marta takrorlang.

9. O'lchash natijalarini SI birliklarida ifodalang va $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$ ekanligini hisobga olib, jadvalga kiriting.

10. Xonadagi havoning T temperaturasi o'lgan va kolbadagi yozuvdan uning hajmini (V_1) aniqlang. Barcha tajribalar uchun o'zgarish bo'lgan $\frac{\mu V_1}{T_1}$ ifodaning qiymatini hisoblang. Universal gaz doimiysini (6) formula yordamida hisoblab toping.

11. R ning o'rtacha qiymatini aniqlang va natijaning absolut xatosini hisoblab toping.

12. Laboratoriya ishidan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. O'lganayotgan kattaliklardan qaysi biri absolut xatoga ko'proq ta'sir qiladi?

2. Universal gaz doimiysining fizik ma'nosi nima?

3. Tarozi shayinining to'liq to'xtashini kutib o'tirmasdan qanday qilib tarozining nol nuqtasini (shkalaning tarozida nagruzka bo'lmaganda uning ko'rsatkich milining ro'parasiga to'g'ri keladigan bo'linmasini) aniqlash mumkin?

2.5. HAVONING NISBIY NAMLIGINI PSIXROMETR YORDAMIDA ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Havo namligini tajribada aniqlashni o'rganish. 2. Havodagi suv bug'ining miqdorini aniqlash usulini o'rganish. 3. Avgust psixrometrining tuzilishini va ishlashini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

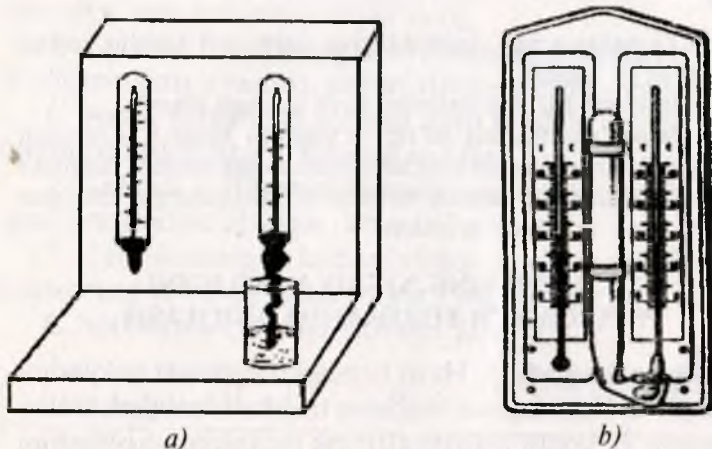
Yer atmosferasi tarkibiga suv bug'lari ham kiradi. Havodagi suv bug'larining miqdori bilan tavsiflanadigan fizik kattalik *havoning namligi* deyiladi.

1 m³ havodagi suv bug'ining massasi *absolut namlik* deb ataladi. Absolut namlikni bilgan holda, shu sharoitda suv bug'ining to'yinish darajasidan qanchalik uzoq ekanligini, binobarin, suvning bug'lanish yoki kondensatsiyalanish intensivligi to'g'risida biror fikr aytib bo'lmaydi. Buning uchun *nisbiy namlik* degan kattalikni bilish kerak.

Muayyan bir temperaturada havo absolut namligining shu temperaturada 1 m³ havoni to'yintirish uchun zarur

bo'lgan suv bug'i massasiga nisbati bilan aniqlanadigan f kattalik *nisbiy namlik* deyiladi. Nisbiy namlikni yana suv bug'i elastikligi orqali quyidagicha ta'riflash mumkin: *havo tarkibidagi suv bug'i elastikligining aynan shu temperatura-dagi to'yingan suv bug'i elastikligiga nisbati bilan ifodalana-digan kattalik nisbiy namlik* deyiladi. U quyidagicha ifodalanadi, ya'ni:

$$f = \frac{p}{p_0} \text{ yoki foizlarda } f = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%. \quad (1)$$



2.5.1- rasm. Qo'lda yasalgan (a) va Avgust (b) psixrometrlari.

Havodagi suv bug'i elastikligi deyilganda, havodagi suv bug'ining parsial bosimi tushuniladi.

Tirik organizmlarning, tuproqning namlik yo'qotishi nisbiy namlikka bog'liq. Inson o'zini yaxshi his qilishi uchun nisbiy namlik 60—70% atrofida bo'lishi kerak.

Namlikni aniqlash uchun Avgust psixrometridan foydalanish mumkin. Psixrometr ikkita bir xil termometrdan iborat bo'lib, ulardan birining uchiga rezervuardagi suvga botirib qo'yilgan mato o'ralgan (2.5.1- rasm). Havo suv bug'lari bilan to'yinmagan bo'lsa, matodagi suv bug'lanadi va termometrning rezervuari soviydi. Natijada termometr past temperaturani ko'rsatadi. Chunki nisbiy namlik kichik bo'lganda,

suv bug'i to'yinishdan uzoq bo'lgani uchun ho'l termometr ham past temperaturani ko'rsatadi.

Nisbiy namlik oshib borgan sari bug'lanish kamayadi va ho'l termometrning ko'rsatishi quruq termometrnikiga yaqinlashadi. Nisbiy namlik 100% bo'lganda, suv umuman bug'lanmaydi va ho'l termometrning ko'rsatishi quruq termometrniki bilan bir xil bo'ladi. Ikkala termometr ko'rsatishlarining ayirmasiga qarab, psixrometrik jadval (2-jadvalga qarang) yordamida havoning nisbiy namligini aniqlash mumkin.

(1) ifodaga ko'ra absolut namlik quyidagicha aniqlanadi, ya'ni

$$\rho = f\rho_0 \frac{1}{100\%}, \quad (2)$$

bu yerda ρ_0 — ma'lum temperaturadagi havoning 1m³ hajmini to'yintirish uchun zarur bo'lgan suv bug'ining massasi. Uning qiymati 3- jadvaldan olinadi.

Asbob-uskunalar

Avgust psixrometri (yoki qo'lda yasalgan moslama), stakan, suv, pilik.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Psixrometr stakanchasiga suv soling va 5 — 10 min. kuting.
3. Quruq va ho'l termometrlarning t va t_h ko'rsatishlarini yozib oling.
4. Quruq va ho'l termometrlar ko'rsatishlari farqini hisoblang.
5. Psixrometrik jadvaldan t ga va havoning t_h temperaturasi (quruq termometrning ko'rsatishi)ga mos kelgan nisbiy namlikni belgilang.
6. (2) ifodadan va 2-jadvaldan foydalanib, havoning absolut namligini hisoblang.
7. Tajribani ertalab (o'qish yoki ishga ketish oldidan), tushda (o'qishdan keyin), kechqurun va kechasi takrorlang. Tajriba o'tkazilayotgan kunning vaqtini (T) belgilab qo'ying.
8. Havoning nisbiy va absolut namligining temperaturaga bog'lanish grafisini millimetr qog'ozida chizing.

9. Havoning nisbiy va absolut namligini kunning vaqtiga bog'lanish grafigini chizing.

10. Asbobning o'lchash aniqligini hisobga olib, xatolikni baholang.

11. Tajribada aniqlangan natijalarni 1-jadvalga kiriting.

1 - j a d v a l

O'lchash tartibi	t_1	t_b	Δt	f	Δf	$\overline{\Delta f}$	ρ_0	T	ρ
1									
2									
3									
4									
O'rtacha qiymatlari									

E s l a t m a . Ixtiyoringizda Avgust psixrometri bo'lmay, faqat termometrlar bo'lsa, ulardan psixrometr yig'ish mumkin. Agar ixtiyoringizda faqat bitta termometr bo'lsa, u holda xona havosining t temperaturasi o'lchaysiz. So'ngra shu termometrning rezervuarini ho'l mato bilan o'rab, matoning bir qismini stakandagi suvga tushirasiz. 10—15 minut o'tgach, termometrning t_1 ko'rsatishini yozib olasiz. Shu natijalar asosida aniqligi juda yuqori bo'lmagan natijalar olish mumkin. 1 m^3 havodagi to'yingan suv bug'ining massasi 10^{-3} kg/m^3 ga teng.



Nazorat savollari

1. Havoning namligi deb nimaga aytiladi?
2. Havo namligining qanday ahamiyati bor?
3. Absolut va nisbiy namlik tushunchasini ta'riflang.
4. Havoning namligini aniqlash usullari haqida gapirib bering.
5. Darsxonangizdagi yoki auditoriyadagi havoning nisbiy va absolut namligini aniqlash usulini tushuntiring.
6. Xonadagi havoda bug' holida necha kilogramm suv borligini hisoblang.

Psixrometrik jadval

2-jadval

t_1 °C	$\Delta t, ^\circ\text{C}$											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	100	81	63	45	28	11						
2	100	83	65	48	32	16						
3	100	84	68	51	35	20						
4	100	84	69	54	39	24	10					
5	100	85	70	56	42	32	14					
6	100	86	72	58	45	32	19	6				
7	100	86	73	60	47	35	23	10				
8	100	87	74	61	49	37	26	14				
9	100	87	75	63	51	40	29	18	7			
10	100	88	76	64	53	42	31	21	11			
11	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5		
12	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8		
13	100	89	79	68	57	48	38	29	20	11		
14	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6	
15	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9	
16	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12	5
17	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15	8
18	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17	10
19	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20	13
20	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22	15
21	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24	18
22	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26	20
23	100	92	83	76	69	61	54	47	40	34	28	22
24	100	92	84	76	69	61	55	49	42	36	20	24
25	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31	26
26	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33	27
27	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34	29
28	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36	30
29	100	93	85	78	72	66	59	53	48	42	37	32
30	100	93	86	79	72	66	60	54	49	43	38	33
31	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39	34

Temperatura	Massa	Temperatura	Massa
0	4,84	16	13,6
1	5,2	17	14,5
2	5,6	18	15,4
3	6,0	19	16,3
4	6,4	20	17,3
5	6,8	21	18,3
6	7,3	22	19,4
7	7,8	23	20,6
8	8,3	24	21,8
9	8,8	25	23,0
10	9,4	26	24,4
11	10,0	27	25,8
12	10,7	28	27,2
13	11,4	29	28,7
14	12,1	30	30,3
15	12,8		

2.6. TOMCHI USULI BILAN SIRT TARANGLIK KOEFFITSIENTINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Suyuqlikning sirt taranglik koef-fitsientini aniqlashni o'rganish. 2. Sirt taranglik koefitsienti hamma suyuqliklarda bir xil emasligini tajribada aniqlash.



NAZARIY MUQADDIMA

Suyuqlik sirtidagi molekullarga ichki molekularlar tomonidan suyuqlik ichiga yo'nalgan kuch ta'sir qiladi. Shuning uchun suyuqlik sirtida sirt tarangligi hosil bo'lib, u doim suyuqlik yuzasini qisqartirishga intiladi. Ayni paytda suyuqlikka shu sirtni saqlab turuvchi sirt taranglik kuchi ta'sir qiladi. Bu kuchning kattaligini quyidagicha ifodalash mumkin.

$$F = \alpha \cdot L, \quad (1)$$

bunda: L — sirt perimetri; α — sirt taranglik koeffitsienti. Sirt taranglik koeffitsiyenti deb, sirtning birlik chegarasiga to'g'ri kelgan kuchga aytiladi va u N/m da o'lchanadi.

Faqat bitta tomchi uchun sirt taranglik koeffitsientini topishda $\alpha \cdot L$ kuch bitta tomchining og'irlik kuchiga tenglashtiriladi, ya'ni:

$$\alpha \cdot L = m_0 g, \quad (2)$$

bunda: m_0 — bitta tomchining massasi; L — suyuqlik tomadigan kapillyar nay uchining ichki aylanasi uzunligi, ya'ni perimetri.

Bitta tomchining massasi m_0 ni topish uchun n ta tomchining massasi tomchilar soniga bo'linadi:

$$m_0 = \frac{m}{n}. \quad (3)$$

Shunday qilib, kapillyarning ichki perimetri $L = \pi d$ ekanligini hisobga olsak, (2) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$\alpha \pi d = \frac{m}{n} \cdot g. \quad (4)$$

Bundan suyuqlikning sirt taranglik koeffitsienti α topiladi:

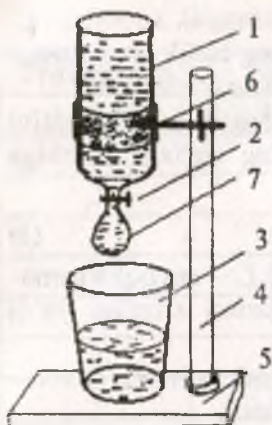
$$\alpha = \frac{mg}{\pi n d}. \quad (5)$$

Asbob-uskunalar

Elektron (JW—1) tarozi; stakan; ingichka uchli shisha idish; shtativ; har xil turdagi suyuqliklar va yordamchi asboblalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma og'ir taglik (5)ning vertikal ustunchasiga (4) tik mahkamlangan ventilli kapillyar idish (1) va stakan yoki menzurka (3)dan tashkil topgan. Ventil (2) ochilganida suyuqlik (masalan, suv) stakanga tomchilab (7) tushadi. Tomchilar soni sanaladi. So'ngra stakandagi suv elektron tarozida tortiladi. Tarozi ko'rsatishidan stakan massasini ayirib tashlab, oqib



2.6.1- rasm.
Laboratoriya ishining
qurilmasi.

tushgan suyuqlik massasi topiladi. Yuqoridagi o'ldhashlar har xil turdagi suyuqliklar bilan takrorlanadi. Tajribada topilgan natijalar asosida suyuqliklarning sirt taranglik koeffitsienti hisoblanadi.



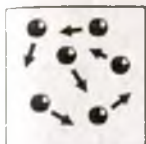
Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riq-nomasini o'qib o'rganing.
2. Shisha idish uchining ichki perimetrini va uning diametrini aniqlang.
3. Quruq stakan massasini tarozida tortib aniqlang.
4. Suyuqlik solinadigan idishga o'rganiladigan suyuqlikni quying.
5. Shisha idishdan stakanga suyuqlikning sekin kapillyar orqali tomchilab oqishini ta'minlang va tomchilar sonini sanang.
6. Suyuqlikli stakan massasini elektron yoki shayinli tarozida tortib aniqlang.
7. Yuqoridagi 6 va 3 bandlardagi massalar ayirmasini toping.
8. Sirt taranglik koeffitsientini (5) formuladan toping.
9. Aniqlangan natijalarni boshqa adabiyotlarda keltirilgan natijalar bilan solishtiring.



Nazorat savollari

1. Sirt tarangligi nima, u qanday hosil bo'ladi?
2. Sirt taranglik koeffitsientining fizik ma'nosi nima?
3. Tomizilayotgan idish uchi turli to'g'ri geometrik shakllarda bo'lganda sirt taranglik koeffitsientini hisoblang.
4. Sirt tarangligining temperaturaga bog'liqligini qanday tushuntirasiz?
5. Laboratoriya ishining asosiy formulasini keltirib chiqaring.



III BOB

TERMODINAMIKA

3.1. QATTIQ JISMNING SOLISHTIRMA ISSIQLIK SIG'IMINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'implari turlicha bo'lishini o'rganish. 2. Qattiq jismning solishtirma issiqlik sig'imi uning geometrik shakliga bog'liq emasligini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Jismlar atomlardan tashkil topgan bo'lib, bu zarralar bir-biriga nisbatan ma'lum masofada kristall panjara tugunlarida joylashadi va ularning zich yoki siyrak joylashuviga qarab, mos ravishda jismlarning zichliklari ham turlicha bo'ladi. Atomlari zich joylashgan kristallarning shakli murakkab bo'lishi bilan birga, ulardan tashkil topgan jismlarning zichliklari ham katta bo'ladi. Bunda jism zarralarining o'zaro tutinish kuchlari ham katta bo'ladi va ularni muvozanat holatidan chiqarish uchun ko'proq energiya sarflash kerak bo'ladi.

Jismlar tashqaridan issiqlik energiyasi yutishi yoki qandaydir biror tashqi ta'sir natijasida ichki energiyasi ortishi hisobiga isiydi. Natijada uning temperaturasi ortadi, aksincha, jism soviganida atrof-muhitga issiqlik energiyasi chiqaradi (nurlaydi) va temperaturasi yo'qotilgan energiya qiymatiga teng miqdorda pasayadi.

Demak, moddaning ichki energiyasi tashqi ta'sir hisobiga ortishi yoki kamayishi mumkin. Bunday holat o'rinli bo'lganida moddalar bir-biriga issiqlik uzatadi yoki ulardan issiqlik oladi. Bunday hodisa *issiqlik almashinuvi* deb yuritiladi.

Bir jismdan boshqa jismga ish bajarmasdan, o'z-o'zidan issiqlik energiyasining o'tish jarayoni issiqlik almashinuvi yoki issiqlik uzatish deyiladi.

Issiqlik uzatishda ichki energiya o'zgarishiga teng bo'lgan, jism olgan yoki yo'qotgan (uzatgan) energiya *issiqlik miqdori* deb ataladi. Jismning massasi qancha kichik bo'lsa, shuncha kam, aksincha massa qancha katta bo'lsa, shuncha ko'p issiqlik miqdori zarur bo'ladi. Issiqlik miqdori SI o'lchov birliklari sistemasida «Joul»da o'lchanadi. Texnik o'lchov sistemasida issiqlik miqdori «kaloriya»da o'lchangan. «Kaloriya»dan «Joul»ga quyidagi munosabat orqali o'tiladi:

$$1 \text{ kal} \cong 4,18 \text{ J}; 1 \text{ kkal} \cong 4,18 \text{ kJ}.$$

Har xil massali bir xil jismlarni yoki bir xil massali turli xil jismlarni isitishda turlicha miqdordagi issiqlik miqdori kerak bo'ladi. Bir kilogramm massali turli xil jismlarni 1 Kelvin isitish uchun turlicha miqdorda issiqlik energiyasi kerak bo'ladi.

1 kg moddaning temperaturasini 1 K ga orttirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdorini tavsiflovchi fizik kattalik shu moddaning solishtirma issiqlik sig'imi deyiladi.

Solishtirma issiqlik sig'imi SI o'lchov birliklari sistemasida $1 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ bilan o'lchanadi. Yuqoridagi fikrlardan 1 kg temirning temperaturasini 1 K ga orttirish uchun 460 J issiqlik kerak bo'lsa, 20 kg uchun 9200 J issiqlik miqdori kerak bo'lishi kelib chiqadi.

Jismlarni isitish uchun zarur bo'lgan yoki ular sovganida yo'qotilgan issiqlik miqdori jismning massasi, solishtirma issiqlik sig'imi va temperaturalari farqi bilan quyidagicha bog'langan:

$$Q = cm (T_2 - T_1), \quad (1)$$

bunda: Q — jism olgan (bergan) issiqlik miqdori, J; m — jism massasi, kg; c — jismning solishtirma issiqlik sig'imi, $\text{J/kg} \cdot \text{K}$; $\Delta T = T_2 - T_1$ — oxirgi va boshlang'ich holatlardagi temperaturalar farqi.

Moddalarning solishtirma issiqlik sig'implari kalorimetr asbobi yordamida aniqlanadi. Buning uchun kalorimetr ichki idishi, aralashtirgich va kalorimetrga quyilgan modda(suv)ning massalari o'lchash aniqligi yuqori bo'lgan tarozida tortib aniqlanadi.

Demak, noma'lum jismning issiqlik sig'imini (1)dan foydalanib, ayrim o'lchov natijalari asosida hisoblash mumkin

ekan. Buning uchun kalorimetr massasi m_k , kalorimetrqa quyilgan suvning massasi m_s va temperaturasi T_s , o'rganilayotgan qizdirilgan qattiq jismning temperaturasi T_j va massasi m hamda aralashma (suv va qizdirilgan qattiq jism) temperaturasi T_m deb belgilab olinadi. U holda (1) ifodani laboratoriya ishini bajarish shartiga mos quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$Q = c_j m (T_j - T_m), \quad (2)$$

bunda c_j — o'rganilayotgan jismning solishtirma issiqlik sig'imi. Ma'lumki, kalorimetrqa qizdirilgan qattiq jism tushirilganidan so'ng, kalorimetrqa va undagi suvga issiqlikning uzatilishi muvozanat holati o'rnatilguncha davom etadi. Bunda kalorimetr va undagi suvning temperaturasi T_m gacha ko'tariladi. Ularning olgan issiqlik miqdorlari, mos ravishda, quyidagicha ifodalanadi:

$$Q_k = c_k m_k (T_m - T_k) \text{ va } Q_s = c_s m_s (T_m - T_s). \quad (3)$$

Energiyaning saqlanish va aylanish qonunidan kelib chiqqan holda o'rganilayotgan moddaning solishtirma issiqlik sig'imini yuqoridagilar asosida

$$c_j = [(c_k m_k + c_s m_s)(T_m - T_k)] / m (T_s - T_m) \quad (4)$$

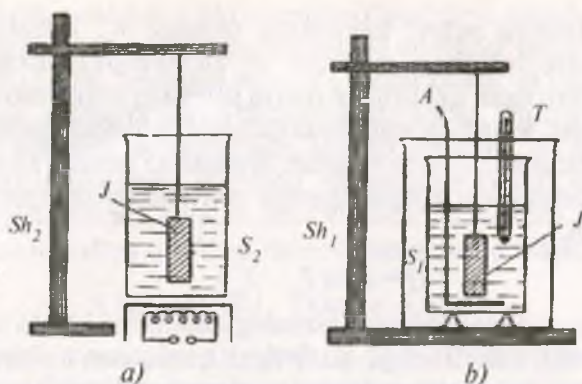
shaklda ifodalash mumkin.

Asbob-uskunalar

Kalorimetr. Har xil geometrik shakldagi mis, aluminiy, po'lat, cho'yan, shisha jismlar. Menzurka; termometr; sharnirli tarozi (toshlari bilan) yoki elektron tarozi; ip; sovuq va qaynoq suv; mufel pechi (yoki elektr plita).

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilmaning asosini mufel pechi, tarozi, termometr, jismlar, o'lchov asboblari, kalorimetr, elektr plita va suv tashkil etadi (3.1.1- rasm). Eng avval, qurilma gorizontall tekislikka joylashtiriladi, so'ngra ma'lum miqdordagi suv qizdiriladigan idishga quyilib, unga issiqlik sig'imi o'lchanadigan jism ipga bog'lab tushiriladi hamda ilgakka osib



3.1.1- rasm. Laboratoriya ishining qurilmasi.

qo'yiladi. Albatta, ish jismlar massalarini va ularning temperaturalarini aniqlashdan boshlanadi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini va texnika xavfsizligi qoidalarini o'qib o'rganing. O'qituvchi savollariga javob berib ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Laboratoriya xonasining temperaturasini termometr yordamida aniqlang.

Eslatma. Simob zaharli modda!!! Simobli termometrdan foydalanganda juda ehtiyot bo'ling. Sovuq (issiq) termometrni issiq (sovuq) suyuqlik yoki jismga tegizmang, shishasi yoriladi! Simob to'kiladi!

3. Berilgan mis bo'lagini JW — I tarozisida aniq torting va uning massasini aniqlang.

4. Kalorimetrga 100—150 ml suv quyung va uning temperaturasini o'lchang.

5. Jism(mis)ni mufel pechiga (yoki qaynab turgan suvga) joylashtiring va uning temperaturasi 100°C ga tenglashgunicha kuting.

6. Jism(mis)ni tezgina kalorimetrdagi suvga tushiring va suvning temperaturasini o'lchang. Natijalarni quyidagi jadvalga kiriting.

E s l a t m a . Hisoblashlarda jismning qaynoq suvdan olgan issiqlik miqdori kalorimetrdagi sovuq suvga to'liq uzatiladi, deb hisoblanadi: $Q_1 = Q_2$.

O'l- chash tartibi	Kalori- metrdagi suvning massasi, m_k , kg	Suvning boshlan- g'ich tempera- turalari, T_s , K	Jism massasi, m_j , kg	Jism- ning bosh- lang'ich tempe- raturasi, T_j , K	Jism va suvning umumiy tempe- raturasi, T_m , K	$c_j \pm \Delta c$
1						
2						

7. Yuqorida keltirilgan (4) tenglamaga jadval natijalarini qo'yib, c_j ni hisoblang.

8. Tajribani uch marta har xil massali mis uchun o'tkazib, o'rtacha c_j va uning absolut hamda nisbiy xatoliklarini toping.



Nazorat savollari

1. Issiqlik miqdori deganda nimani tushunasiz?
2. Moddaning solishtirma issiqlik sig'imi deb nimaga aytiladi?
3. Nima uchun jismlarning solishtirma issiqlik sig'irlari har xil bo'ladi?
4. Nima uchun jismning solishtirma issiqlik sig'imi uning geometrik shakliga bog'liq emas?

3.2. SUYUQLIKNING SOLISHTIRMA ISSIQLIK SIG'IMINI ANIQLASH

Ishtirak maqsadi: 1. Issiqlik sig'imi tushunchalari bilan yaqindan tanishish. 2. Suyuqlikning issiqlik sig'imini tajribada aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Suyuqlik molekulalari qattiq jismlarga nisbatan ancha zich joylashadi. Shunday bo'lsa-da, suyuqliklarning molekulalari o'rtasida mavjud bo'lgan tutinish kuchlari tufayli ular bir-

birini tortib va itarib turadi. Suyuqlikning temperaturasi ortganda molekulalarning xaotik harakati jadallashadi va bunda molekulalararo tutinish kuchlari susayadi. Ushbu jarayon hamma suyuqliklarda ham bir xil kechmaydi. Bunday holat faqat modda miqdoriga bog'liq bo'lmasdan, ularning solishtirma issiqlik sig'imlariga ham bog'liq. Agar issiq jismni sovuq suyuqlikka tushirsak, suyuqlik isiydi, qattiq jism esa soviydi. Issiq jism o'miga elektr qarshiliklari o'zaro teng bo'lgan ikkita elektr issiqlik ajratgich elementidan foydalanib, tekshirilayotgan suyuqlikning solishtirma issiqlik sig'imini tajribada topilgan natijalar asosida aniqlash mumkin. Buning uchun ikkita bir xil kalorimetr va qarshiliklari o'zaro teng bo'lgan ikkita elektr issiqlik ajratgich elementi olinadi. Ular solishtirma issiqlik sig'imi aniq va noma'lum suyuqliklar quyilgan kalorimetrlarga tushiriladi, so'ngra elektr zanjirga ulanadi hamda ulardan o'zgarmas elektr toki o'tkaziladi. Ma'lumki, Joule—Lenz qonuniga muvofiq issiqlik ajratgich element vaqt birligi ichida bir xil miqdorda issiqlik energiyasi chiqaradi. Shuning uchun birinchi kalorimetrning massasini (stakani va aralashtirgichi bilan birgalikda) m_{k1} , solishtirma issiqlik sig'imini c_{k1} va unga quyilgan suyuqlik massasini m_{s1} , solishtirma issiqlik sig'imini c_{s1} hamda shu suyuqlikning oxirgi va boshlang'ich temperaturalari farqini ΔT_1 deb belgilab olib, elektr issiqlik ajratgichdan tok o'tganida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$Q_1 = (c_{k1}m_{k1} + c_{s1}m_{s1})\Delta T_1. \quad (1)$$

Ikkinchi kalorimetrga tekshiriladigan suyuqlik quyib va unga ham issiqlik ajratgich elementini tushirib, tok manbaiga ulaganimizda issiqlik ajratgich o'rganilayotgan suyuqlikka ma'lum miqdorda issiqlik miqdori uzatadi. Tekshirilayotgan suyuqlik olgan issiqlik miqdorini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Q_2 = (c_{k2}m_{k2} + c_{s2}m_{s2})\Delta T_2, \quad (2)$$

bunda: c_{k2} va c_{s2} — mos ravishda ikkinchi kalorimetr va unga quyilgan tekshirilayotgan suyuqlikning solishtirma issiqlik

sig'implari; m_{k2} va m_{s2} — mos ravishda kalorimetr (stakani va aralashtirgichi bilan birgalikda) va tekshirilayotgan suyuqlik massalari; ΔT_2 — tekshirilayotgan suyuqlikning boshlang'ich va oxirgi temperaturalari farqi.

Ikkala kalorimetrlardagi suyuqliklarga uzatilgan issiqlik miqdorlari tengligidan (1) va (2) ifodalarning o'ng tomonlari ham teng bo'ladi. Bu tenglikdan tekshirilayotgan suyuqlikning solishtirma issiqlik sig'imi topiladi, ya'ni

$$c_{s2} = [(c_{k1}m_{k1} + c_{s1}m_{s1})\Delta T_1 - c_{k2}m_{k2}\Delta T_2] / m_{s2}\Delta T_2. \quad (3)$$

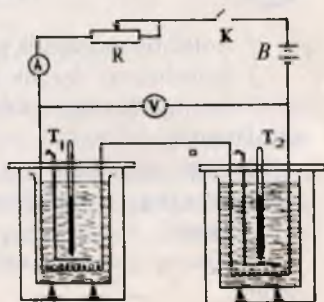
Tajribani har bir turdagi namuna uchun eng kamida uch marta takrorlash kerak. Namuna va tekshirilayotgan suyuqliklar massalarini har bir tajribada turlicha miqdorda (50, 100, 150g) olish maqsadga muvofiq bo'ladi. Tajriba uch marta o'tkaziladi va natijalarning o'rtacha qiymati aniqlanadi va xatoligi ko'rsatiladi.

Asbob-uskunalar

Kalorimetr. Isitgich. Solishtirma issiqlik sig'imi ma'lum bo'lgan suyuqliklar. Tekshiriladigan suyuqliklar. O'zgarmas tok manbai.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Suyuqlikning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash uchun solishtirma issiqlik sig'imi ma'lum bo'lgan suyuqliklar, masalan, suv va sh.k. olinadi. Berilgan suyuqlikning massasi tarozida 0,1 g aniqlikkacha o'lchanadi. So'ngra ikkala kalorimetrga suyuqliklar quyiladi va ularga elektr issiqlik ajratgich elementlari tushiriladi. Elektr zanjir yig'iladi va tok manbaiga ulashdan avval kalorimetrlardagi suyuqliklarning har biri aralashtirgich bilan aralashtiriladi, so'ngra ularga termometrlar tushiriladi.



3.2.1- rasm.

Ma'lum vaqtdan so'ng suyuqliklar temperaturalarini termometrlarning ko'rsatishlari bo'yicha yozib olinib, zanjir tok manbaiga ulanadi va 5—10 minutdan keyin termometrlarning ko'rsatishlari yana yozib olinadi.

Qurilmaning umumiy chizma shaklidagi sxematik tasviri 3.2.1- rasmda keltirilgan.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Kalorimetrlarga ma'lum miqdorda suyuqliklar quyning.
3. Issiqlik sig'imi aniq va noma'lum bo'lgan suyuqliklar quyilgan kalorimetrlardagi suyuqliklarni aralashtirgich bilan aralashtiring.
4. Termometrlarni kalorimetr stakanlaridagi suyuqliklarga tushirib, ularning temperaturalarini o'lchang.
5. Tuzilgan elektr zanjirni elektr manbaiga ulang va 5—10 minutdan so'ng elektr zanjirni tok manbaidan uzib, termometrlarning ko'rsatishlarini yozib oling.
5. Aniqlangan natijalar asosida o'rganilayotgan suyuqlikning solishtirma issiqlik sig'imini hisoblang va ularni jadvalga kiriting.
6. Ishdan xulosa chiqaring va absolut hamda nisbiy xatoliklarni hisoblang.



Nazorat savollari

1. Solishtirma issiqlik sig'imi deb nimaga aytiladi?
2. Solishtirma issiqlik sig'imi birliklarini yozing.
3. Suyuqliklarning solishtirma issiqlik sig'imi qanday usul bilan aniqlanadi?
4. Ikki suyuqlikni o'zaro aralashtirish yo'li bilan ham suyuqlikning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash mumkinmi?
5. Qattiq jismning solishtirma issiqlik sig'imi qanday aniqlanadi?

3.3. O'ZGARMAS HAJMDAGI HAVONING SOLISHTIRMA ISSIQLIK SIG'IMINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Termodinamik tushunchalarning fizik ma'nosini o'rganish. 2. Moddalarning solishtirma issiqlik sig'imlarini aniqlash usulini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Tabiatdagi moddalar tuzilishi, agregat holati va boshqa fizik xossalari bilan bir-biridan farqlanadi. Ularga tashqaridan uzatilgan issiqlik miqdori hisobiga foydali ish bajarish jarayonida ularning termodinamik parametrlari (p , V , T) o'zgarishi yoki ayrimlari o'zgarmasdan qolishi mumkin. Agar $V = \text{const}$, $p = \text{const}$ yoki $T = \text{const}$ bo'lsa, bu jarayonlar mos ravishda *izoxorik*, *izobarik* va *izotermik* jarayon deb ataladi.

Termodinamikaning birinchi qonuni $V = \text{const}$ holat uchun quyidagicha ifodalanadi:

$$Q = U_2 - U_1 + A, \quad (1)$$

bunda: Q — moddaga uzatilgan issiqlik miqdori; $U_2 - U_1 = \Delta U$ — modda ichki energiyasining o'zgarishi; A — tashqi kuchlarga qarshi bajarilgan ish.

Izoxorik jarayonda bajarilgan ish nolga teng bo'ladi, chunki $A = p(V_2 - V_1) = p\Delta V = 0$. Hajm o'zgarmas bo'lganligi uchun $\Delta V = 0$ bo'ladi. Bundan $A = 0$. U holda (1) ifodani quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$Q = U_2 - U_1 = \Delta U = c_v \Delta T. \quad (2)$$

Demak, izoxorik jarayonda modda olgan issiqlik miqdori shu moddaning ichki energiyasining o'zgarishiga sarflanar ekan. Moddaning birinchi holati va issiqlik qabul qilgandan keyingi holatlari uchun gazning holat tenglamalarini yozib, ularning nisbatidan Sharl qonuni ifodasi hosil qilinadi:

$$V_1 = V_2 \text{ asosida } \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ yoki } \frac{\Delta p}{\Delta T} = \frac{p}{T}. \quad (3)$$

Bundan temperaturaning o'zgarishi topiladi, ya'ni:

$$\Delta T = \frac{T\Delta p}{p}. \quad (4)$$

Ixtiyoriy m massali gazni $V = \text{const}$ holatida qizdirsak, uning ichki energiyasi o'zgaradi. Natijada uning boshlang'ich va oxirgi temperaturalari farqi ΔT moddaning solishtirma issiqlik sig'imi c_v ga bog'liq holda har xil bo'lishi mumkin. U holda moddaga uzatilgan issiqlik miqdorini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Q = mc_v(T_2 - T_1) = mc_v\Delta T. \quad (5)$$

Berilgan ixtiyoriy m massali gaz ichki energiyasining o'zgarishi (2), (4) va (5) formulalardan topiladi:

$$\Delta U = m_v \frac{T\Delta p}{p}. \quad (6)$$

O'zgarmas hajmdagi gazning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlashda energiya turlarining o'zaro teng kuchliligiga tayangan holda elektr kondensatori zaryadi o'zgarishidan foydalanish mumkin. Zaryadsiz kondensatorni biror U kuchlanishgacha zaryadlashda uning elektr tarmog'idan olgan energiyasining boshlang'ich energiyasiga nisbatan o'zgarishi quyidagicha yoziladi:

$$\Delta E = \frac{CU^2}{2}, \quad (7)$$

bunda C — kondensator sig'imi.

Kondensatorning hajmi o'zgarmas bo'lganda uning zaryadlanishida ichki energiyasi ortadi, aksincha, zaryadsizlanishida ichki energiyasi kamayadi. Shuning uchun $\Delta U = \Delta E$ deb olish mumkin. Demak, (6) va (7) ifodalarni o'zaro quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$mc_v \frac{T\Delta p}{p} = \frac{CU^2}{2}. \quad (8)$$

Bundan moddaning $V = \text{const}$ holat uchun solishtirma issiqlik sig'imi

$$c_v = \frac{pCU^2}{2Tm\Delta p} = \frac{pCU^2}{2TpV\Delta p} \quad (9)$$

ga teng, bunda: $m = \rho V$ — moddaning massasi; ρ va V — moddaning zichligi va hajmi; U — kondensator qoplamala-

ridagi kuchlanish; T — moddaning temperaturasi; Δp va p — bosimning o'zgarishi va kolbadagi havoning (atmosfera) bosimi.

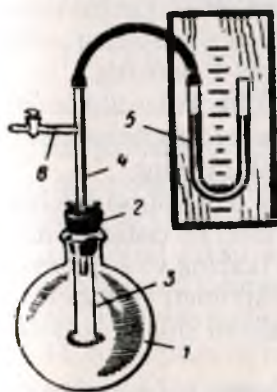
Asbob-uskunalar

Qalin devorli shisha kolba ($V = 0,5 - 1,0$ l). Rezina tiqin. Misdan yoki zanglamaydigan po'latdan tayyorlangan o'tkazgichlar (2 tadan). Uch tarmoqli shisha naycha (ventilli). Suyuqlik manometri. Uch tarmoqli shisha nayning jo'mrakli qismi. O'zgarmas tok voltmetri. Sig'imi $C = 200 - 300 \mu F$ kondensator. O'zgarmas tok manbai. Ikki yoqlama elektr kalit va boshqa yordamchi aslahalar.

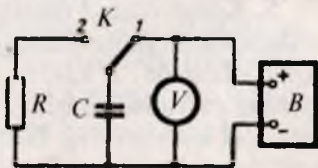
QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Mazkur qurilmaning asosini shisha kolba, suyuqlik manometri, kondensator, voltmetr va o'zgarmas tok manbai tashkil etadi. Kolbaga kiritiladigan qizdirgichga elektr toki rezinali tiqindan o'tkazilgan mis ($d = 0,8 - 1$ mm) yoki po'lat (3—4 mm) o'tkazgich orqali kondensatordan (unda to'plangan zaryad miqdori) uzatiladi.

Kondensator avval o'zgarmas tok manbaiga ulanadi va ma'lum U kuchlanishgacha zaryadlanadi. So'ngra bu zaryad miqdori kolbadagi qizdirgichga uzatiladi va shu zaryad hisobiga qizdirgichda issiqlik ajraladi. Sim o'tkazgichlar uchlariga



3.3.1- rasm.
Qurilmaning sxemasi.



3.3.2-rasm. Qurilmaning
elektr sxemasi.

ulangan elektr issiqlik ajratgich (qizdirgich)ning qarshiligi $R = 20-30$ Om atrofida bo'lib, undan tok o'tishi natijasida kolbadagi havoning temperaturasi hamda bosimi ortadi. Kolba tiqini o'rtasidan chiqarilgan shisha naychanning uchi rezina nay orqali manometrning chap yelkasiga ulangan. Kolba ichidagi havoning bosimi qizdirgichda ajralgan issiqlik hisobiga ortadi. Natijada havo kengayishda ish bajaradi va manometr yelkalari balandliklari o'rtasida biror Δh farq paydo bo'ladi, ya'ni chap yelkadagi suyuqlik sathi pasayadi, o'ng yelkadagisi — ko'tariladi. Bundagi Δh farq Δp ga teng bo'ladi.

Qurilmaning elektr zanjiri va asboblarning o'zaro ulanish sxemalari 3.3.1 va 3.3.2- rasmlarda keltirilgan.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va 3.3.1—3.3.2- rasmlarda keltirilgan sxemalardagi asboblarning mavjudligini tekshiring. O'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

I topshiriq. Havo uchun c_v ni aniqlash

2. Elektr va mexanik sxemalarni yig'ing va uni o'qituvchiga tekshirtiring.

Eslatma. Elektr toki bilan ishlashda texnika xavfsizligiga qat'iy rioya qiling!

3. O'zgaruvchan elektr toki tarmog'iga uni o'zgarmas tokka aylantirib beruvchi asbob (to'g'rilagich)ni ulashdan avval kalitni voltmeter zanjirining musbat qutbi 1 ga ulang.

4. Manometr yelkalaridagi suyuqlik balandliklarini, kolbadagi havo bosimi va temperaturasini ventilning ochiq holati uchun yozib oling, so'ngra ventilni yoping.

5. Kondensator qoplamalari 100 V dan yuqori kuchlanishgacha zaryadlangandan so'ng, voltmeter ko'rsatishini aniqlab yozib oling-da, K kalitni 2-holatga o'tkazib va kondensatorning zaryadsizlanishini kuzating. Manometr yelkalaridagi suyuqlik sathlarining farqiga mos bosimni shkala bo'yicha aniqlang va natijani jadvalga kiriting.

7. Kondensator sig'imi, ventilning ochiq holatidagi havoning temperaturasi, bosimi va kolbadagi hajmini jadvalga kiriting.

O'lchash tartibi	Manometr ko'rsatishi. Chap va o'ng yelkanisbatlari: $p_1 / p_2, \text{Pa}$	Bosimlar farqi, $p_1 - p_2 = \Delta p, \text{Pa}$	Kuchlanish, U, V	Havoning		Atmosfera bosimi, p, Pa	Kondensator sig'imi, $C, \mu\text{F}$	c_v	$\pm \Delta c_v$
				T, K	V, m^3				
1			100				200 ÷ 300		
2			120						
3			130						

Eslatma. 1. Ventil ochiq bo'lgan holatda kolbadagi havoning temperaturasi va bosimi atmosferanikiga teng.
2. Kolbaning hajmi noaniq bo'lsa, avval kolba bo'sh holida tortiladi, keyin suv quyib to'ldirib tortiladi. Massalar farqidan suvning massasi topiladi va $m = \rho V$ dan hajm hisoblanadi.

8. Topilgan natijalarni (9) formulaga qo'yib, har bir o'lchov uchun c_v ni hisoblab toping.

9. O'lchashlar xatoligini hisoblang.

10. Adabiyotlarda havo uchun keltirilgan c_v (spravochnik-dagi qiymati) qiymatini tajribada aniqlangani bilan taqqoslang va unga nisbatan nisbiy xatolikni hisoblang.

11. O'tkazilgan tajribadan xulosa chiqaring.

II topshiriq. Distillangan suv yoki transformator moyi uchun c_v ni aniqlash

12. Kolbaning rezina tiqinidan o'tkazilgan mis simlar o'rniga zanglamaydigan po'lat o'tkazgichlar olib, unga $R=20 - 30 \Omega$ li qarshilikni gaykachalar yordamida ulang.

13. Avval bo'sh kolbani, so'ngra suyuqlik to'ldirilgan kolbani tarozida torting va ularning farqi $\Delta m = \rho V$ dan suyuqlik hajmini hisoblab toping (bu hajm kolba hajmiga teng bo'ladi).

14. Suyuqlikning temperaturasi va uning sirtidagi bosim atmosferanikiga teng deb oling.

15. Birinchi topshiriqdagi 3—11-bandlarni tanlangan suyuqlik uchun bajaring.



Nazorat savollari

1. Moddaning solishtirma issiqlik sig'imi deb nimaga aytiladi?
2. Moddaning solishtirma issiqlik sig'imi uning temperaturasi va geometrik shakliga bog'liq bo'ladimi?
3. Nima sababdan turli jismlarning solishtirma issiqlik sig'imi bir xil bo'la olmaydi?
4. Moddaning solishtirma issiqlik sig'imi tajribada qanday aniqlanadi?
5. Gazlarning solishtirma issiqlik sig'implari suyuqlik va qattiq jismlarnikidan nima bilan farq qiladi?



IV BOB

ELEKTR VA MAGNETIZM

4.1. O'TKAZGICHLARNI KETMA-KET VA PARALLEL ULASH

Ishning maqsadi: 1. O'tkazgichlarning turlarini o'rganish.
2. O'tkazgichlarni ulash usullarini va ularning umumiy qarshiligini aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

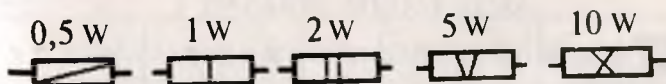
O'zidan elektr toki o'tkazadigan qattiq, suyuq va gazsimon modda va materiallar *o'tkazgichlar* deyiladi. O'tkazgichlar elektr zanjirga ketma-ket, parallel va aralash ulanadi. O'tkazgichlarni ulash usuliga qarab ularning umumiy qarshiligi o'zgaradi. Natijada elektr zanjirning qismlaridagi tok kuchi va kuchlanish o'zgaradi. Qarshiliklarni quyidagicha ulanadi (4.1.2-rasm).

Qarshiliklar ketma-ket ulanganida ularning umumiy qarshiligi qarshiliklar yig'indisiga teng bo'ladi. Undagi kuchlanish R_1 va R_2 qarshiliklardagi kuchlanishlar yig'indisiga teng, ya'ni $U=U_1+U_2$; $R=R_1+R_2$.

O'tkazgichlar parallel ulanganida umumiy qarshilik va tok quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \text{yoki} \quad R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}, \quad I = I_1 + I_2.$$

Qarshiliklar elektr sxemalarda quvvatiga qarab quyidagicha belgilanadi (4.1.1- rasm):



4.1.1- rasm.

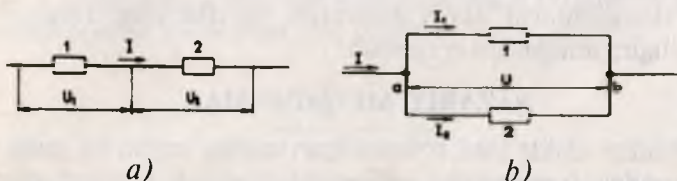
Asbob-uskunalar

Qarshiliklar yoki qarshiliklar magazini. Voltmetr va ampermetr (yoki avometr). Tok manbai va yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Mazkur ishni bajarishda o'qituvchi bergan qarshiliklar asosida elektr zanjir tuziladi. Ma'lumki, voltmetr va ampermetr zanjirga mos ravishda parallel va ketma-ket ulanadi.

Elektr zanjirdan tok o'tganda qarshiliklarda issiqlik ajraladi. Bu issiqlikning ajralishiga o'tkazgichning qarshiligi sabab bo'ladi. Qarshilik qancha katta bo'lsa, undan shuncha kam tok o'tadi.



4.1.2- rasm. O'tkazgichlarni ketma-ket (a) va parallel (b) ulash sxemasi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va o'qituvchi savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.
2. Ishni bajarishning texnika xavfsizligini o'rganib chiqing.
3. 4.1.1 va 4.1.2- rasmlarda keltirilgan sxemalar asosida elektr zanjir yig'ing va har bir zanjir uchun tok kuchi va kuchlanishlarni o'lchab, natijalarni 1—2- jadvalga kiriting.

Qarshiliklarni ketma-ket ulash

1 - jadval

O'lchash tartibi	I_1	U	U_1	U_2	R_1	R_2	R	$\pm \Delta R$
1								
2								
3								

Qarshiliklarni parallel ulash

2 - j a d v a l

O'lchash tartibi	I	I_1	I_2	U	R_1	R_2	R	$\pm \Delta R$
1								
2								
3								

Eslatma. O'tkazgich (qarshilik)larning har biridan o'tgan tok va zanjirdagi kuchlanishni o'lchab, R_1 , R_2 va h.k.ning qiymatlari topiladi.

4. O'lchashlar xatoligini hisoblang.
5. Bajarilgan ishdan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. O'tkazgichning qarshiligi deyilganda nimani tushunasiz?
2. Elektr zanjirga nima uchun qarshiliklar ulanadi?
3. Qarshiliklar (rezistorlar)ning SI sistemasidagi birligi qanday?
4. Rezistorda nima sababdan issiqlik ajraladi?
5. Rezistorlar elektr sxemalarda quvvatiga qarab qanday belgilanadi?

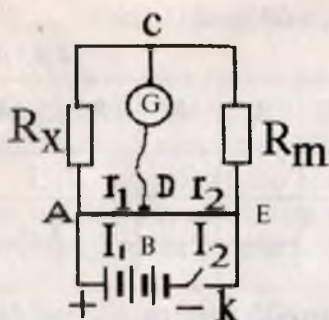
4.2. UITSTON KO'PRIGIDA O'TKAZGICHLARNING QARSHILIKLARINI O'LCHASH

Ishning maqsadi: 1. Qarshiliklarni o'lchash usulini o'rganish. 2. Ketma-ket va parallel ulangan qarshiliklarning umumiy qarshiligini Uitston ko'prigida aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Qarshilikni aniq o'lchash usullaridan biri tokning tarmoqlanish qonuniga asoslangan. Shu qonunga asoslanib ishlaydigan qurilma **Uitston ko'prigi** deyiladi (4.2.1- rasm). Qurilmadagi reoxordning ustiga nikelin yoki solishtirma qarshiligi katta bo'lgan boshqa qotishmadan tayyorlangan bir jinsli sim tortilgan bo'ladi. Simning A va B uchlari orasiga ketma-ket R_m va R_x qarshilik; C bilan B orasiga kattaligi ma'lum bo'lgan R_m



4.2.1- расм. Уитсон
ко'приги.

qarshilik va C bilan A orasiga qarshiligi noma'lum R_x qarshilik ulanadi. Sezgir galvanometrning bir uchi C nuqtaga, ikkinchi uchi esa bir jinsli sim bo'ylab sirpanuvchi D surilgichga ulanadi. Asbobning bu CD qismi uning tarmog'i ustidan solingan ko'priikka o'xshaydi, shuning uchun uni *Uitston ko'prigi* deyiladi. Reoxordning « A » va « E » uchlariga « B » element parallel ulanadi.

Agar zanjir berkitilsa, tok « AEC » va « ADE » tarmoqlarga bo'linib ketadi va « CD » ko'prikdan o'tib, galvanometr strelkasini og'diradi. « D » surilgichni o'ng yoki chapga surgan holda I_1 va I_2 qismlarning qarshiligini o'zgartirib, shunday bir holatni topish mumkinki, unda tok ko'prikdan o'tmaydigan bo'lsin. Galvanometrdan tok o'tmasligi « C » va « D » nuqtalarning potentsiallari tenglashganini ko'rsatadi. « C » va « D » nuqtalardagi potentsialni U_x bilan, « E » nuqtaning potentsialini U_2 bilan, galvanometrdan tok o'tmaganda ACE tarmoqdagi tok kuchini I_1 bilan, ADE tarmoqdagi tok kuchini I_2 bilan belgilaymiz. U holda zanjirning bir qismi uchun Om qonuniga asosan:

$$\begin{aligned} -U_x &= I_2 R_x, & U_x - U_2 &= I_2 R_m, \\ -U_x &= I_1 r_1, & U_x - U_2 &= I_1 r_2. \end{aligned} \quad (1)$$

Bu tengliklarning chap tomonlari o'zaro teng bo'lganligi sababli, ularning o'ng tomonlari ham teng bo'lishi kerak, ya'ni:

$$I_2 R_x = I_1 r_1, \quad I_2 R_m = I_1 r_2. \quad (2)$$

Bu tengliklarni bir-biriga bo'lib, quyidagini hosil qilamiz:

$$R_x / R_m = r_1 / r_2. \quad (3)$$

Shunday qilib, ko'prikdan tok o'tmagan vaqtda to'rtala tarmoqning qarshiligi bir-biriga proporsional bo'ladi. Ammo reoxord ustiga tortilgan sim bir jinsli bo'lgani sababli, uning

qismlarining qarshiliklari shu qismlarning uzunliklariga proporsional bo'ladi, ya'ni:

$$r_1 = \rho \frac{l_1}{S}, \quad r_2 = \rho \frac{l_2}{S}. \quad (4)$$

(4) ifodani (3) ga qo'yib, noma'lum qarshilikni hisoblash formulasi topiladi:

$$R_x = R_m \frac{l_1}{l_2}.$$

$l_1 = l_x$ va $l_2 = l_m$ tenglikni e'tiborga olib,

$$R_x = R_m \frac{l_x}{l_m}$$

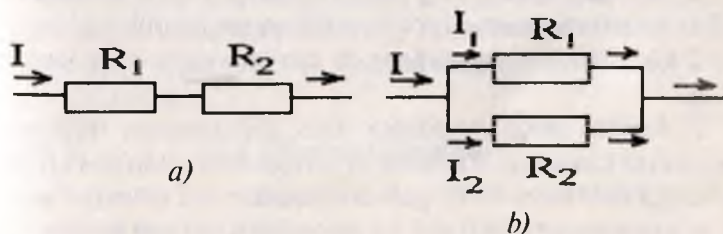
ifodaga ega bo'lamiz.

Noma'lum qarshilikni hisoblashni osonlashtirish uchun reoxord yelkalarining nisbatlari $l_x/l_m = m$ deb belgilab olinadi va Uitston ko'prigida noma'lum qarshilikni hisoblash formulasi quyidagi shaklda yoziladi:

$$R_x = R_m \cdot m. \quad (5)$$

Endi kattaliklari aniqlangan qarshiliklarni parallel va ketma-ket ulagan holda (4.2.2-rasm), sxemaga kiritamiz. Bu qarshiliklarni Uitston ko'prigiga ulagandan keyin, ko'prikdan tok o'tmay qolguncha, ya'ni galvanometr nolni ko'rsatguncha reoxordning D surilgichi chap yoki o'ng tomonga suriladi. So'ngra l_1 va l_2 lar o'lchanadi.

Galvanometrni ekstratokdan saqlash uchun oldin zanjirni ulab, so'ngra galvanometrni tok manbaiga ulash maqsadga muvofiq bo'ladi. Bu ikki yoqlama kalit orqali bajariladi. Maqsad Uitston ko'prigidan foydalanib, faqat o'tkazgichlarning



4.2.2- rasm. O'tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulash sxemalari.

qarshiligini o'lchash emas, balki ularni parallel va ketma-ket ulash qonunlarining to'g'riligini tajribada tekshirishdan iborat bo'lishi kerak. Buning uchun dastlab birinchi o'tkazgich qarshiligi, so'ngra ikkinchi o'tkazgich qarshiligi o'lchanadi. So'ngra qarshiliklarni parallel va ketma-ket ulab, ularning shu holatlardagi qarshiligi topiladi. Haqiqatda Uitston ko'pri-gidagi o'lchashlar quyidagi natijalarni beradi:

$$R''_{\kappa\kappa} = R_1 + R_2 \quad \text{va} \quad R''_{\text{par}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}, \quad (6)$$

bunda: R_1 — birinchi o'tkazgich qarshiligi; R_2 — ikkinchi o'tkazgich qarshiligi; $R''_{\kappa\kappa}$ — o'zaro ketma-ket ulangan o'tkazgichlarning umumiy qarshiligi; R''_{par} — o'zaro parallel ulangan o'tkazgichlar qarshiligi.

Agar R_1 va R_2 qarshiliklar aniq o'lchangan bo'lsa, ko'pri-k bilan o'lchangan $R''_{\kappa\kappa}$ va R''_{par} qarshiliklar (6) formulaga asosan topilgan $R''_{\kappa\kappa}$ va R''_{par} qarshiliklarga teng bo'lishi kerak. Lekin o'lchashdagi mavjud xatoliklar sababli $R''_{\kappa\kappa} \approx R''_{\kappa\kappa}$; $R''_{\text{par}} \approx R''_{\text{par}}$ shart bajarilmasligi mumkin.

E s l a t m a . Tarmoqlar qizib ketmasligi uchun tok qisqa muddatga ulanadi.

Asbob-uskunalar

Reoxord, qarshiliklar magazini, noma'lum qarshiliklar, tok manbai, galvanometr, kalit, ulovchi simlar.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va 4.2.1- rasmdagi sxemani o'qituvchidan ruxsat olib yig'ing.

2. Qarshiliklar magazinidan R_m ma'lum qarshilikni tanlab oling.

3. Kalitni qisqa muddatga ulab, galvanometr milining harakatini kuzating. Reoxord D surilgichini chap yoki o'ng tomonga harakatlantirib, galvanometrda tok o'tmaydigan, ya'ni galvanometr mili nol ko'rsatadigan holatni toping.

4. Shkala bo'yicha reoxord yelkalarining uzunligi (I_x va I_m) ni va magazin qarshiligi R_m ni yozib oling.

5. Tajribada aniqlangan natijalarni (5) formulaga qo'yib, izlanayotgan qarshilik (R_{x1})ni hisoblang.

6. Yuqoridagi usullardan foydalanib, ikkinchi qarshilik va h.k. o'tkazgichlar qarshiliklarini toping.

O'lchash tartibi	R_m	$\frac{l_x}{l_m} = m$	R_x^I	R_{ort}^I	Ulash usullari
Ketma-ket 1 2 3 ...					$R_{k-k}^{II} = R_1 + R_2$
Parallel 1 2 3 ...					$R_{\text{par}}^{II} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

7. Qarshiliklari aniqlangan o'tkazgichlarni o'zaro parallel va ketma-ket ulab, R_{k-k}^I va R_{par}^I larni Uitston ko'prigida aniqlang.

8. (6) formula bo'yicha ikkala qarshilikning o'zaro parallel va ketma-ket ulangandagi qarshiligi R_{k-k}^{II} va R_{par}^I ni hisoblab toping.

9. Quyidagi formuladan foydalanib, tajribada yo'l qo'yilgan nisbiy xatolikni hisoblang:

$$E_{k-k} = \frac{|R_{k-k}^I - R_{k-k}^{II}|}{R_{k-k}^I} \cdot 100\%, \quad E_{\text{par}} = \frac{|R_{\text{par}}^I - R_{\text{par}}^{II}|}{R_{\text{par}}^I} \cdot 100\%.$$

10. Noma'lum qarshiliklar uchun olingan natijalarni Koreyadan keltirilgan «ko'pri» bilan ham o'lchab solishtirib ko'ring. Ketma-ket va parallel ulagan holda ham o'lchab ko'rish mumkin.



Nazorat savollari

1. Qanday shart bajarilganida Uitston ko'prigidagi galvanometrdan tok o'tmaydi?

2. Agar galvanometr mili har bir holatda bir tomonga burilsa, bu nimani bildiradi?

3. Qarshiliklar magazini qanday holatda bo'lganda reoxord surilgichi «0» holatda bo'ladi?

4. Agar sxemada tok manbai bilan galvanometr o'rnini almashtirsak, formula o'z kuchini saqlaydimi?

5. Ketma-ket va parallel ulangan o'tkazgichlarning qarshiliklari hisoblanadigan formulani keltirib chiqaring.

6. Tarmoqlangan zanjir uchun Kirxgof qonunlarini aytib bering.

7. Uitston «ko'prigi»ning laboratoriya qurilmasi bilan Koreyadan keltirilgan «ko'pri»ning qanday farqi bor?

4.3. O'TKAZGICHNING SOLISHTIRMA QARSHILIGINI O'LCHASH

Ishning maqsadi: 1. O'tkazgichlar qarshiligining materialiga bog'liqligini o'rganish. 2. O'tkazgich qarshiligining materialning uzunligiga, ko'ndalang kesim yuziga bog'liqligini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

O'tkazgichning qarshiligi uning materialiga va geometrik o'lchamlariga bog'liq. Ko'ndalang kesim yuzi S va l uzunlikdagi o'tkazgichning qarshiligini hisoblash formulasini quyidagicha yozish mumkin:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (1)$$

bunda: ρ — o'tkazgich moddasining turi va holatiga (avvalo, temperaturasiga) bog'liq bo'lgan kattalik bo'lib, uni o'tkazgichning *solishtirma qarshiligi* deyiladi. Solishtirma qarshilikning son qiymati qirrasi 1 m bo'lgan kub shaklidagi o'tkazgichning o'zaro parallel va qarama-qarshi tomonlari bo'ylab 1 A tok o'tkazilgan holatdagi qarshiligiga teng.

O'tkazgich qarshiligining birligi SI sistemada Om qonuni asosida aniqlanadi. Potensiallar ayirmasi 1 V bo'lganda o'tkazgichdan 1 A tok o'tsa, bu o'tkazgichning qarshiligi 1 Ω bo'ladi. Solishtirma qarshilik birligi 1 $\Omega \cdot m$. Metallarning solishtirma qarshiligi juda kichik bo'ladi. Dielektriklarning solishtirma qarshiligi juda katta bo'ladi. Quyidagi jadvalda ba'zi moddalar solishtirma qarshiliklarining qiymatlari berilgan.

Moddalar	ρ , (20°C da), $\Omega \cdot m$
Kumush	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Mis	$1,8 \cdot 10^{-8}$
Grafit	$3 \cdot 10^{-8}$
NaCl ning suvdagi 10% li eritmasi	$8 \cdot 10^{-2}$
Kremniy	10^3
Suv (kimyoviy toza)	10^6
Chinni	10^{13}

O'tkazgichning yuzi $S = \frac{\pi d^2}{4}$ ifodadan topiladi va uni (1) formulaga qo'yib, ρ ni hisoblab topiladigan formula hosil qilinadi:

$$\rho = \frac{\pi R d^2}{4l} \quad (2)$$

Om qonuni formulasidan o'tkazgich qarshiligini topib, uning qiymatini (2) formulaga qo'yilsa, u holda o'tkazgichning solishtirma qarshiligi ifodasini zanjirdagi elektr toki va kuchlanish orqali quyidagicha yozish mumkin:

$$\rho = \frac{\pi U d^2}{4 I l} \quad (3)$$

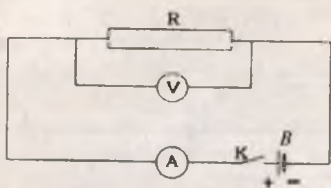
bu yerda d — simning diametri; I va U — elektr zanjirdagi tok va kuchlanish; l — o'tkazgich uzunligi.

Asbob-uskunalar

O'zgarmas elektr tok manbai. O'zgarmas tok ampermetri va voltmetri. O'rganilayotgan o'tkazgich namunalari va boshqa yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilmaning asosini voltmetr va ampermetr tashkil etadi. O'zgarmas tok manbai sifatida istalgan past kuchlanishli o'zgarmas tok bera oladigan elektr asboblardan foydalanish mumkin.



4.3.1- rasm. Ishning elektr sxemasi.

O'rganiladigan o'tkazgichlar sifatida maxsus o'tkazgichlar namunalaridan yoki istalgan 0,5—1 m uzunlikdagi metall yoki ularning qotishmalaridan tayyorlangan simlarni olish mumkin.

Ish qurilmasining elektr sxemasi 4.3.1-rasmda keltirilgan.

Qurilmani ishga tushirish uchun *K* kalit ulanadi. Shunda *R* qarshilikli o'tkazgichdan tok o'tishi natijasida unda tok sarfi bo'ladi. Bu tokning kattaligini ampermetr ko'rsatadi. Tarmoqdagi ishchi kuchlanishni voltmeter ko'rsatadi. Bu qiymatlarni o'lchab hamda boshqa kattaliklar asosida o'rganilayotgan o'tkazgichning ρ solishtirma qarshiligini hisoblab topish mumkin.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. O'tkazgichning uzunligini va diametrini chizg'ich va mikrometr bilan o'lchang.
3. Tanlangan uzunlik va diametrdagi o'tkazgichni maxsus qisqichlar oralig'iga mustahkam ulang.
4. Kalit (*K*) ni ulang va o'tkazgichdagi tok kuchi hamda o'tkazgich uchlari oralig'idagi kuchlanishni o'lchang.
5. Tajribada aniqlangan qiymatlardan foydalanib, o'tkazgichning solishtirma qarshiligini hisoblab toping.
6. O'lchov asboblarning xatoliklarini va o'lchashlar xatoligini aniqlang.
7. U, d, I, l kattaliklarni o'lchashdagi maksimal absolut va nisbiy xatoliklarni hisoblab toping.
8. O'tkazgich solishtirma qarshiligining o'lchash natijasi-
ni $\rho = \rho_{o'rt} \pm \Delta\rho$, $E = \dots\%$ ko'rinishda yozing.
9. Adabiyotlarda keltirilgan jadvallardagi aniq qiymatlar bilan tajribada topilgan natijalarni taqqoslab, o'lchash o'tkazilgan namuna materialini aniqlang.
10. Topilgan natijalarni quyidagi jadvalga kiriting.

O'lchash tartibi	d	l	l	U	ρ	$\bar{\rho}$	$\Delta\rho$	$\bar{\Delta\rho}$	$\frac{\Delta\rho}{\bar{\rho}} \cdot 100\%$



Nazorat savollari

1. O'tkazgichning solishtirma qarshiligi deb nimaga aytiladi?
2. Nima sababdan hamma o'tkazgichlarning solishtirma qarshiligi bir xil bo'lmaydi?
3. Nima uchun isitish elementlari solishtirma qarshiligi katta bo'lgan o'tkazgichlardan tayyorlanadi?
4. Nima uchun elektr tokini masofaga uzatishda solishtirma qarshiligi juda kichik bo'lgan o'tkazgichlardan foydalaniladi?
5. Elektr tokini eng yaxshi va yomon o'tkazuvchi materiallarni sanang.

4.4. O'TKAZGICH QARSHILIGINING TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: 1. O'tkazgichlar solishtirma qarshiligining temperaturaga bog'liqligini o'rganish. 2. O'tkazgich qarshiligining temperaturaga bog'lanish grafigini chizishni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Metall o'tkazgichlarda elektr tokini o'tkazuvchi zaryadli zarrachalar, ya'ni elektronlar mavjud (konsentratsiyasi — 10^{28}m^{-3}) bo'lib, ular maydon ta'sirida o'rtacha 10^{-4}m/s tezlikda harakatlanadi. Suyuqliklarda elektr tokini musbat va manfiy ionlar, gazlarda esa musbat va manfiy ionlar hamda elektronlar o'tkazadi. Bu o'tkazgichlardagi o'tkazuvchanlik xossasi tashqi ta'sir, ya'ni issiqlik, nurlanish ta'sirida o'zgaradi: metallarda o'tkazgich qarshiligi ortadi; suyuqlik va gazlarda, aksincha, kamayadi.

Metall o'tkazgichning qarshiligi uning materiali turiga, uzunligiga, ko'ndalang kesimiga bog'liq bo'ladi:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (1)$$

bunda: R — o'tkazgich qarshiligi, Ω ; ρ — o'tkazgichning solishtirma qarshiligi, $\Omega \cdot \text{m}$; l va S — o'tkazgichning uzunligi va ko'ndalang kesim yuzi.

O'tkazgichning $T = 273,15 \text{ K} (0^\circ\text{C})$ va ixtiyoriy biror T temperaturadagi qarshiligi quyidagi ifodalardan aniqlanadi:

$$R_t = \rho_t \frac{l}{S} \quad \text{yoki} \quad R_t = \rho_t \frac{l}{S}. \quad (2)$$

U holda o'tkazgich qarshiligining temperaturaga nisbatan o'zgarishini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\frac{R_T - R_0}{R_0} = \alpha T, \quad (3)$$

bunda α — qarshilikning temperaturaviy koeffitsienti.

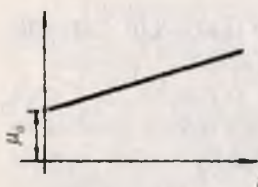
Metallar uchun $\alpha > 0$, suyuqliklar uchun $\alpha < 0$. Toza metallar uchun $\alpha \approx 1/273 \text{ K}^{-1}$, ayrim eritmalar uchun $\alpha = -2 \cdot 10^{-2} \text{ K}^{-1}$.

E s l a t m a . Temperatura Selsiy shkalasida o'lchanganda (3) formula boshqacha ko'rinishda ifodalanadi.

Demak, (2) ni (3) ga qo'yib, undan solishtirma qarshilik bilan temperaturaviy koeffitsiyent orasidagi bog'lanishni quyidagicha yozish mumkin:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t) = \rho_0 \alpha T. \quad (4)$$

O'tkazgich solishtirma qarshiligining temperaturaga bog'liqligi $\rho_0 = f(T)$ grafik (4.4.1- rasm) orqali ifodalanadi.



4.4.1- rasm.

Demak, temperatura ortgan sayin o'tkazgichning solishtirma qarshiligi ortib boradi.

Yuqoridagilardan ko'rinadiki, α ning qiymati juda kichik bo'lsa-da, metall o'tkazgichlar qarshiligini ma'lum temperaturada o'lchanganda uni e'tibordan chetda qoldirib bo'lmaydi. Chunki hozirgi zamonaviy asbob-uskunalar oylab-yillab

ishlab chiqarishda, avtomatik boshqaruv sistemasida uzluksiz qo'llaniladi.

Asbob-uskunalar

Quvur shaklidagi qizdirgich (katta quvvatdagi ПЭВ turi-dagi simli qarshilik); termopara (termometr); ampermetr va voltmeter. O'tkazgichlar: nixrom, volframdan yasalgan spiral-lar. O'zgarmas tok manbai.

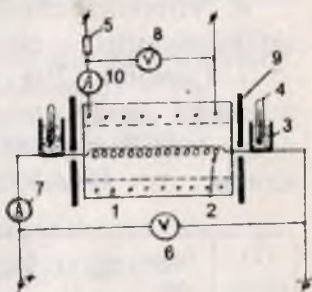
QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Issqlik manbai sifatida katta quvvatdagi simli qarshilik ПЭВ olinadi va undan 36—42 V kuchlanishli tok o'tkaziladi. Simli qarshilik qiziydi va o'zidan issiqlik chiqaradi. Simli qarshilik naysimon chinni izolator va uning ichida joylashgan o'rama simdan tashkil topganligi uchun nay chekkalariga ulash simlarini joylashtirish mumkin. Shunda bu qarshilik qiziydi, uning temperaturasi o'lchash mumkin.

Qurilmaning sxematik tasviri 4.4.2- rasmda keltirilgan. Tajribada tashqi tok manbaiga simli qarshilik (1) ulanadi. Undagi kuchlanish voltmetr (8) bilan o'lchanadi. Kuchlanish reostat (5) yordamida rostlanadi.

Simli qarshilik qiziganda uning o'qida joylashtirilgan qarshiligi o'lchanishi zarur bo'lgan o'tkazgich (2) ham qiziydi. Natijada bu qarshilikning ikki uchida joylashtirilgan idishchalardagi transformator moyiga tushirilgan termometr ham qiziydi.

Temperaturaning ortganligini transformator moyiga (suyuqlikka) tushirilgan termometrlar ko'rsatadi. Termometrlar simli qarshilik tarqatgan issiqlikdan termoeqranlar (9) yordamida himoyalangani. Ikkita termometr o'rniga bitta termopara qo'llanilsa ham bo'ladi. Tashqi tok manбайдan har xil qiymatdagi tokni simli qarshilikdan o'tkazib, uning quvuri ichida turli xil temperaturalar hosil qilinadi.



4.4.2- rasm. Ishning elektr sxemasi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishinings yo'riqnomasini o'qib o'rganing va ishga kerakli asbob-uskunalarining mavjudligini tekshiring. O'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Simobli termometrlarni ishlatish texnikasi xavfsizligini o'rganing va unga qat'iy rioya qiling.

3. R_0 qarshilikli o'tkazgichni qizdirishdan avval avometr bilan uning qarshiligini aniq o'lchang. R_0 ni aniqlashda Uistston ko'prigidan foydalanilsa ham bo'ladi.

4. Simobli termometrlar o'rnatiladigan idishchalar (3) ga transformator moyidan quying va termometrlarni moyli idishchaga tushiring.

5. Qarshilik (2) ning elektr zanjiriga (4.4.2-rasm) voltmetr (6) va ampermetr (7) ulang.

6. Termometrlarni himoyalovchi 10 mm qalinlikdagi issiqlik izolatorlari — ekranlari (9) ni joylashtiring.

7. Qarshilik (2)ni 4,5 V kuchlanishli o'zgarmas tok manbaiga ulang va tezgina ampermetr (7) va voltmetr (6) ning ko'rsatishlarini yozib oling. Natijalarni quyidagi jadvalga kiriting.

O'lchash tartibi	Temperatura	I_7 , A	U_6 , V	R_0	R_1	R_t $\pm \Delta R_t$	ρ_0	ρ_t	ρ_t $\pm \Delta \rho_t$	U_8	I_{10}
1	T_0		0								
2	T_1		4,5								

8. Asosiy tok manbaiga simli qarshilik (1) ni ulang va 5 minutdan so'ng ampermetr (10) ning, voltmetr (8)ning va termometr (4) ning ko'rsatishi T_1 ni yozib oling hamda shu holatga mos keluvchi o'lchanadigan qarshilik (2) zanjiridagi ampermetr (7) va voltmetr (6) lar ko'rsatishlarini yozib oling.

9. Simli qarshilik (qizdirgich) zanjiridagi reostat (5) yordamida kuchlanishni 5 V ga oshiring va 8-banddagi o'lchashlarni qaytadan bajaring.

10. Har safar qizdirgichga beriladigan kuchlanishni 10—15 V dan oshirib borgan holda hamma holatlar uchun (ya'ni $T_2, T_3, \dots, T_7$ ga mos keluvchi) ampermetr va voltmetrlar hamda termometr ko'rsatishlarini yozib oling va jadvalga kiriting.

11. Aniqlangan natijalar asosida $\rho = f(T)$ grafigini millimetr qog'oziga chizing.

12. Topilgan va o'lgan natijalar asosida R_T va ρ_T larni hisoblang hamda ularning o'rtachasini toping.

13. Tajribaning absolut va nisbiy xatoliklarini hisoblang va ishdan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. O'tkazgichning qarshiligi issiqlik ta'sirida nima sababdan o'zgaradi?

2. O'tkazgichning qarshiligi hamma metallarda nima uchun bir xil emas?

3. O'tkazgich solishtirma qarshiligining fizik ma'nosi qanday?

4. Bunday hodisadan qayerlarda foydalaniladi?

4.5. TOK MANBAINING EYUK VA ICHKI QARSHILIGINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Berk zanjir uchun Om qonunini o'rganish. 2. Kirxgofning II qoidasini tajribada o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Elektr zanjirda tok bo'lishi uchun, albatta, tashqi kuchlar (Kulon kuchi bundan istisno) zaryadni ko'chirishda ish bajarishi kerak. Tashqi kuchlarga kimyoviy reaksiyada moddani musbat va manfiy ionlarga ajratuvchi, yarim o'tkazgichda teshiklar hosil qiluvchi va sh.k. kuchlarni kiritish mumkin. Sodda qilib, tashqi kuchlarning hammasini *elektr yurituvchi kuch* deyiladi. Uni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\mathcal{E} = A_{bk}/q, \quad (1)$$

bunda: $\mathcal{E}$ — elektr yurituvchi kuch; A_{bk} — begona kuch; q — zaryad.

To'liq zanjir uchun Om qonunini tashqi kuch (EYUK) orqali quyidagicha ifodalash mumkin:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}. \quad (2)$$

Ko'rinib turibdiki, butun zanjirdagi tok kuchi zanjirdagi EYUK ning shu zanjir to'liq qarshiligiga nisbatiga teng. Tok kuchi uch kattalikka, ya'ni EYUK $\mathcal{E}$ ga, zanjirning ichki va tashqi qismlarining qarshiliklari R va r ga bog'liq. Agar tok

manbaining ichki qarshiligi zanjirning tashqi qismining qarshiligidan juda kichik ($R \gg r$) bo'lsa, ichki qarshilik tok kuchini sezilarli kamaytirmaydi. U holda tok manbaining qisqichlaridagi kuchlanish EYUK ga taxminan teng, ya'ni

$$U = IR \approx \mathcal{E}. \quad (3)$$

Endi zanjirning qarshiligini quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$R = \mathcal{E}/I = U/I. \quad (4)$$

Odatda, tok manbaining ichki qarshiligi juda kichik bo'ladi, ya'ni $R \gg r$. Bu holda $\mathcal{E}$ ning U dan farqi foizning o'ndan bir ulushidan ortmaydi, shuning uchun EYUK ni o'lchash xatoligi kuchlanishni o'lchash xatoligiga teng. Tok manbaining ichki qarshiligini bilvosita o'lchash mumkin, buning uchun ampermetr va voltmerning zanjir berk holatidagi ko'rsatishlari qayd qilinadi. EYUKni berk zanjir uchun Om qonuni ifodasidan topiladi:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} \Rightarrow \mathcal{E} = U + Ir, \quad (5)$$

bu yerda $U=IR$ — tashqi zanjirning kuchlanishi. U holda tok manbaining ichki qarshiligini quyidagicha yozish mumkin:

$$r = (\mathcal{E} - U)/I. \quad (6)$$

Demak, berk zanjirga ulangan tok manbaining EYUK va ichki qarshiligini tajribada aniqlangan natijalar asosida o'rganish hamda aniqlash mumkin ekan.

Asbob-uskunalar

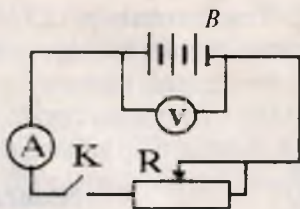
O'zgarmas tok manbai — akkumulator yoki quruq element batareyasi. Ampermetr va voltmtr. Qarshiligi 20—50 Ω bo'lgan reostat va boshqa yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilmaning asosini yuqori aniqlikda o'lchaydigan o'zgarmas tok ampermetri va voltmtri hamda simli qarshilik — reostat tashkil qiladi. Kalit (K) ulanganidan so'ng voltmtr tok manbaining kuchlanishini ko'rsatadi. Zanjirdagi tokni ampermetrning ko'rsatishidan aniqlash mumkin. Reostat yordamida zanjir uchun zarur bo'lgan tok o'lchashlarga mos ravishda rostlanadi. Ishning elektr sxemasi 4.5.1- rasmda ko'r-

satilgan. Ishda tok manbai sifatida akkumulator yoki cho'ntak fonarining batareyasi ishlatiladi.

Kalit (K) uzoq bo'lganda tok manbaining EYUK tashqi zanjirning kuchlanishiga teng bo'ladi. Tajribada tok manbai voltmetrga kalitsiz ulab qo'yilgan, chunki voltmetr qarshiligining tok manbaining r ichki qarshiligiga nisbati juda katta. Zanjirdagi tok kuchini o'lchashda ko'zguli mikroampermetrlardan foydalanilsa, tajribada topilgan natijalarning aniqligi ortadi.



4.5.1- rasm. Qurilma-ning elektr sxemasi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing. Tajribani o'tkazishga kerakli asbob-uskunalarining mavjudligini tekshiring.

2. 4.5.1- rasmga qarab ishning elektr zanjirini yig'ing. Kontaktlarning ishonchlilikini, ampermetr va voltmetrning to'g'ri ulanganini tekshirib ko'ring hamda o'qituvchiga tekshirtiring.

3. Kalit (K) ochiq va berk bo'lgan hollarda elektr zanjirning ishlashini tekshirib ko'ring.

4. Tok manbaining EYUK ni o'lchang.

5. Kalit berk bo'lgan holda ampermetr va voltmetr ko'rsatishlarini yozib oling. Bu band bir necha marta takrorlanadi, so'ngra tok hamda kuchlanishning o'rtacha qiymati topiladi. Aniqlangan natijalarni quyidagi jadvalga kiriting.

6. Tajribada topilgan natijalar asosida r_{tajr} ni hisoblab toping.

O'lchash tartibi	$\mathcal{E}$	U	I	r	$\bar{r}$	Δr	$\overline{\Delta r}$	$\frac{\overline{\Delta r}}{r} \cdot 100\%$

7. O'lchov asboblarning aniqlik sinfidan foydalanib, tok manbaining EYUK va ichki qarshiligini o'lchashdagi nisbiy va absolut xatoliklarni hisoblab toping.

8. Tok manbaining EYUK va ichki qarshiligini o'lchash natijalarini jadvalga kiriting va yakuniy natijalarni quyidagicha yozing:

$$\rho = \bar{\rho} \pm \Delta\rho,$$

$$r = \bar{r} \pm \Delta r.$$



Nazorat savollari

1. Tok manbaining elektr yurituvchi kuchi deb nimaga aytiladi?
2. Kuchlanishning EYUKdan qanday farqi bor?
3. Nima uchun kalit uzuq va berk bo'lgan hollarda voltmetrning ko'rsatishlari har xil bo'ladi?
4. Tok manbaining EYUK ni o'lchash aniqligini qanday qilib orttirish mumkin?
5. Tok manbaining EYUK va ichki qarshiligini o'lchashning boshqa usullarini taklif qila olasizmi?

4.6. AMPERMETRNING O'LCHASH CHEGARASINI KENGAYTIRISH

Ishning maqsadi: 1. Qarshilik (shunt)ning qiymatini hisoblashni o'rganish. 2. Shuntni tayyorlashni o'rganish. 3. Shunt qarshiligini o'lchash va uni ampermetrga o'rnatishni o'rganish. 4. Shuntlangan ampermetr bilan elektr tokini o'lchashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Elektr tokining kuchi ampermetr asbobi yordamida o'lchadi va u elektr zanjirga ketma-ket ulanadi (4.6.1- rasm). Ampermetrning qarshiligi zanjimning qarshiligidan bir necha marta kichik bo'ladi. Ampermetr o'lchay oladigan eng katta tok chegarasidan (shkala bo'yicha) ham kattaroq tokni o'lchashi uchun, ya'ni uning o'lchash chegaralarini kengaytirish uchun ampermetrga 4.6.1- rasmda ko'rsatilgan shunt (R_{sh}) ulanadi. Ampermetr yoki milliampermetrga parallel ulanadigan qo'shimcha qarshilik — o'lchash chegarasini kengaytiruvchi qarshilik *shunt* deyiladi. Shuntlar ampermetr asbobining ichkarisida joylashtiriladi. Ampermetrdan o'tadigan tokning bir qismi shunt dan, qolgani ampermetr g'altagidan o'tadi. Ampermetr shuntining qarshiligi qancha kichik bo'lsa, ampermetr g'altagidan o'tadigan tok

ham shuncha kichik bo'ladi, natijada ampermetrning o'lchash chegarasi kengayadi, ya'ni kattaroq tokni o'lchaydi. Shuning uchun ampermetrlarning o'lchash chegarasini kengaytirish maqsadida ularning ichki shuntidan tashqari qo'shimcha yoki yordamchi shunt ularning g'altaklariga parallel qilib ulanadi. Shunt ampermetrning o'ziga parallel qilib ulanadigan maxsus simli qarshilikdan tayyorlanadi.

Zanjirning bir qismi uchun Om qonuniga asosan shuntning qarshiligini quyidagidan aniqlash mumkin:

$$R_{sh} = \frac{R_{asb}}{n-1} = \frac{I_{asb}}{I_{um} - I_{asb}} R_{asb}, \quad (1)$$

bunda: $n = \frac{I_{um}}{I_{asb}}$ — o'lchanadigan eng katta tokning ampermetr shkalasi bo'yicha o'lchanadigan chegaraviy tokka nisbati; R_{asb} — ampermetrning qarshiligi; I_{asb} — ampermetr shkalasi bo'yicha o'lchanadigan chegaraviy tok kuchi kattaligi; I_{um} — zanjirdagi umumiy tok kuchi. Bu yerda R_{asb} qarshilik ampermetr yordamida aniqlanadi.

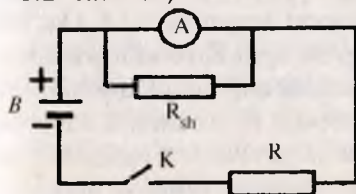
Asbob-uskunalar

Laboratoriya milliampmetri (5 mA). Laboratoriya voltmetri. Maktab avometri (testr). O'zgarmas tok manbai (BC—6). Mikrometr (MK—25) va boshqa aslahalar.

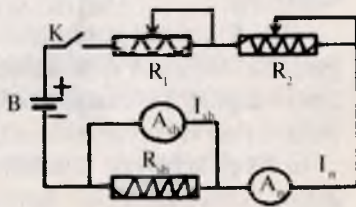
QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma o'zgarmas tok manbai, reostatlar, darajalanadigan ampermetr, taqqoslanadigan (nazorat) ampermetri, shunt tayyorlanadigan simli o'tkazgich (maxsus material), kalit va boshqa yordamchi aslahalardan tashkil topgan.

Qurilmani ishga tushirish uchun yig'ilgan elektr zanjirni o'zgarmas tok manbaiga K kalit yordamida ulanadi (4.6.1 va 4.6.2- rasmlar).



4.6.1-rasm.



4.6.2-rasm.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va ishga kerakli asboblarning mavjudligini tekshiring. O'qituvchi savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. 4.6.1-rasmdagi sxemani yig'ing va uni o'qituvchiga tekshirtiring.

3. Tajribada topilgan natijalar asosida ampermetrning ichki R_{asb} qarshiligini aniqlang.

4. Laboratoriya milliampermetrining R_{asb} qarshiligini avometr yoki Uitston ko'prigi yordamida o'lchang va uning shkalasidan I_{asb} chegaraviy tokni aniqlang.

5. Yuqoridagi (1) formulaga asosan bu holat uchun shunt qarshiligi R_{sh} ni hisoblang.

6. Mikrometr yordamida variant bo'yicha berilgan simning diametrini o'lchang. Avvaldan aniq bo'lgan shu materialning ρ solishtirma qarshiligini jadvallardan toping va shunt yasalgan simning uzunligini quyidagi formuladan hisoblang:

$$l = \frac{\pi d^2 R}{4\rho},$$

bunda d — berilgan simning diametri.

7. Shunt tayyorlanadigan simning uzunligini 2—3 sm uzunroq o'lchab, uni ombur bilan qirqib oling. Keyin simning uchlarini tozalang va qisqichlarga moslab shunday sirtmoq tayyorlangki, unda sirtmoqlar orasidagi masofa shuntning hisoblangan uzunligiga mos kelsin.

8. Tayyorlangan shuntni ampermetr qisqichlariga ulang va ampermetrning o'lchash chegarasini aniqlang.

9. 4.6.2- rasmdagi sxemani yig'ing va uni o'qituvchiga tekshirtiring.

10. R_1 reostat yordamida nazorat ampermetri (A_n) ko'rsatgan tok kuchini 1 A ga keltiring. So'ngra R_2 reostat yordamida zanjirdagi A_n ko'rsatgan tok kuchini eng kichik qiymatgacha pasaytiring va keyin asta-sekin reostat R_2 yordamida zanjirdagi I_n ni 1 A ga keltiring. Shu holatlar uchun nazorat va shuntlangan ampermetrlarning ko'rsatganlarini yozib oling va natijalarni quyidagi jadvalga kiriting.

	O'lchashlar tartibi				
n	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$R_{qo'sh}$					

Eslatma. Tajriba oxirida nazorat (A_n) va shuntlangan ampermetr (A_{sh})larning bir xil ko'rsatishini ta'minlang.

11. Nazorat A_n va shuntlangan A_{sh} ampermetrlar ko'rsatganlari (I_n , I_{sh}) o'rtasidagi farqning absolut qiymatiga teng bo'lgan tuzatmani hisoblab toping.

12. Tokni o'lchashning boshqa chegarasini tanlab, tajribani takrorlang.



Nazorat savollari

1. Nima uchun ampermetrning qarshiligi tok o'tadigan zanjirning qarshiligidan juda kichik bo'lishi kerak?

2. Nima uchun shunt ampermetrga parallel ulanadi?

3. Ampermetrga ulanadigan shuntning qarshiligi qanday hisoblanadi?

4. Qanday turdagi materiallardan shunt tayyorlanadi?

5. Qarshiligi kichik bo'lgan ulash simlaridan shunt tayyorlash mumkinmi?

4.7. VOLTMETRNING O'LCHASH CHEGARASINI KENGAYTIRISH

Ishning maqsadi: 1. Shunt qarshiligini hisoblashni va uni tayyorlashni o'rganish. 2. Shunt qarshiligini o'lchov asbobi yoki qurilmasi yordamida o'lchashni o'rganish. 3. Shuntni voltmetrga ulash va voltmetrning o'lchash chegarasini kengaytirish usulini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Kundalik elektr o'lchashlari amaliyotida yuqori va past kuchlanishlarni o'lchashga to'g'ri keladi. Yuqori kuchlanishlarni past kuchlanishni o'lchaydigan voltmetr bilan o'lchash kerak bo'lganida amaliyotda voltmetrga qo'shimcha shunt (qarshilik) ulanadi. Shunday holat laboratoriya amaliyotida ham tez-tez uchrab turadi, ya'ni elektr o'lchov asbobining

o'lchash chegarasini kengaytirish zarurati tug'iladi. Bu masala voltmetrga qo'shimcha qarshilik ulash yo'li bilan hal qilinadi. Masalan, voltmetrning o'lchash chegarasini kengaytirish, ya'ni mo'ljallangan kuchlanishdan yuqori kuchlanishni o'lchash uchun voltmetrga ketma-ket qilib tegishli rezistor ulanadi. Shu usul bilan belgilangan chegaralardagi kuchlanishni o'lchashga yaroqli asbob hosil qilinadi. Amaliyotda voltmetrga ulanadigan ana shu qo'shimcha qarshilikni hisoblash kerak bo'ladi. $R_{qo'sh}$ qarshilik asbobga ketma-ket ulangani uchun asbobdan qanday tok o'tsa, undan ham shunday tok o'tadi. O'lchanadigan U kuchlanish voltmetrdagi va qo'shimcha rezistordagi kuchlanishlarning yig'indisiga teng bo'ladi. Uni quyidagi ifodadan foydalanib hisoblash mumkin:

$$U = IR_V + IR_{qo'sh} \quad (1)$$

Demak, qo'shimcha qarshilikni (1) ifodadan topiladi:

$$R_{qo'sh} = \frac{U - IR_V}{I}, \quad (2)$$

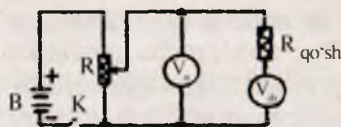
bunda: I — voltmetr uchun chegaraviy tok kuchi bo'lib, u $I = U_V / R_V$ formulaga asosan hisoblanadi; U_V — voltmetr shkalasi bo'yicha o'lchash chegarasi (asbob shkalasiga qarab aniqlanadi); R_V — asbobning ichki qarshiligi (ommetr bilan o'lchanadi); U — o'lchanadigan chegaraviy kuchlanish.

Asbob - uskunalar

Laboratoriya voltmetri ($U = 6V$). Laboratoriya milliampermetri ($I = 150 - 350$ mA). Maktab avometri (testr). O'zgarmas tok manbai (akkumulatorlar batareyasi yoki BC-12 asbobi). Reostat va elektr kalit. Rezistorlar to'plami (510 W dan to 1,5 kW gacha).

LABORATORIYA ISHINING QURILMASI

Qurilma o'zgarmas tok manbai, reostat, voltmetr, ampermetr va qo'shimcha qarshilikdan tashkil topgan (4.7.1-rasm). Qurilma o'zgarmas tok manбайдan quvvat olib ishlaydi. Qurilmani ishga tushirish uchun ishning elektr zanjiri yig'iladi. Nazorat va shuntlanadigan voltmetrlar zanjirga qo'shiladi. Shundan so'ng zanjirdagi K elektr kalit berkitiladi. Elektr kalit ulanganidan keyin nazorat voltmetri tarmoqdagi



4.7.1-rasm. Ishning elektr sxemasi.

kuchlanishni ko'rsatadi. Katta kuchlanishni o'lchaydigan shuntlangan V_{sh} voltmetr nazorat voltmetrdek ishlashi uchun, ya'ni zarur bo'lgan voltmetr hosil qilish uchun, albatta $R_{qo'sh}$ ni topish kerak bo'ladi.

Hisoblab topilgan qo'shimcha qarshilik shuntlanadigan voltmetrga ulanadi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing. Texnika xavfsizligiga tegishli qonun-qoidalarini o'rganing. O'qituvchi savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Laboratoriya ishining elektr sxemasini (4.7.1-rasm) yig'ing va uni o'qituvchiga tekshirtiring.

3. Tajribada qo'llanilayotgan nazorat va shuntlanadigan voltmترلarning shkalasi bo'yicha o'lchash chegaralarini aniqlang va ularni yozib oling.

E s l a t m a. O'lchangan va hisoblab topilgan natijalarni jadvalga kiriting.

O'lchash tartibi	U_v	R_v	I	$R_{qo'sh}$	U_n	U_{sh}	ΔU
1							
2							
3							

4. Avometr yordamida voltmetrning ichki qarshiligini o'lchang, shkaladan U_v kuchlanishni aniqlang va uning uchun yo'l qo'yiladigan chegaraviy tokni hisoblang va natijalarni jadvalga kiriting.

5. O'lchanadigan kuchlanishning chegarasi sifatida, masalan, $U = 12 \text{ V}$ ni tanlang va yuqorida ko'rsatilgan (1) formulaga asosan $R_{\text{qo'sh}}$ qo'shimcha qarshilikni hisoblang.

6. Ishga to'g'ri keladigan qarshilikni tanlang va uning qarshiligini ommetr bilan o'lchab, so'ngra voltmetrga ulang. Yig'ilgan (shuntlangan) voltmetr shkalasining har bir bo'linmasi qiymatini aniqlang.

7. 4.7.1-rasmga muvofiq tok manbai, potensiometr, V_n nazorat voltmetri (avometr bo'lishi mumkin), kalit va shuntlangan voltmetr (qo'shimcha qarshilikli) V_{sh} dan tashkil topgan elektr zanjir tuzing.

8. Zanjirga elektr tokini K kalit yordamida ulang va o'zingiz yig'gan voltmetr bilan nazorat voltmetrining ko'rsatishlarini taqqoslang. Keyin potensiometr yordamida zanjirdagi kuchlanishni bir necha marta o'zgartirib, har safar nazorat V_n va yig'ilgan voltmetrlar V_{sh} ning ko'rsatishlarini hamda ularning $U_n - U_{sh}$ ayirmasi ΔU tuzatmaning absolut o'lchash xatoligini aniqlang.

9. O'lchash chegarasini, masalan, bir necha marta kuchlanishni o'zgartirib ($6-12 \text{ V}$ oralig'ida), xuddi yuqoridagi tartibda tajribani takrorlang.

10. Bajarilgan ishdan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Nima uchun voltmetr zanjirdagi iste'molchiga parallel ulanadi?

2. Voltmetrga ulanadigan qo'shimcha qarshilik (shunt) qanday hisoblanadi?

3. Nima uchun milliampermetrni zanjirga iste'molchi bilan parallel qilib ulash mumkin emas?

4. Yig'ilgan (shuntlangan) voltmetrning ko'rsatishi va tuzatma ma'lum bo'lsa, zanjirdagi haqiqiy kuchlanishni qanday aniqlash mumkin?

4.8. ELEKTROSTATIK MAYDONNI TEKSHIRISH

Ishning maqsadi: 1. Elektr maydon haqida tushuncha berish. 2. Ekvi potensial sirtlarning joylashuvini aniqlash.



NAZARIY MUQADDIMA

Elektr zaryadlar joylashgan fazoga biror zaryad kirgizilsa, unga shu zarralar tomonidan kuch ta'sir qiladi.

Fazoning elektr zaryadlar tinch va elektr kuchlar ta'siri mavjud bo'lgan qismi *elektrostatik maydon* deyiladi. Kulon qonuni bo'yicha maydonning biror nuqtasidagi $+q$ musbat zaryadga uning kattaligiga to'g'ri proporsional bo'lgan kuch ta'sir qiladi. Bu kuchning shu zaryad kattaligiga nisbati $\frac{F}{q} = E$ maydonning berilgan nuqtasini tavsiflaydi va uni *elektrostatik maydon kuchlanganligi* deb ataladi va u quyidagicha ifodalanadi, ya'ni

$$E = \frac{F}{q}, \quad (1)$$

bunda: E — maydon kuchlanganligi; F — ta'sir qiluvchi kuch; q — musbat zaryad kattaligi. Agar (1) da $q=1$ bo'lsa, $E = F$ bo'ladi.

Demak, elektrostatik maydon nuqtasining kuchlanganligi shu nuqtada joylashgan bir birlik musbat zaryadga ta'sir qiladigan kuch bilan o'lchanadigan kattalikni ifodalar ekan.

SI sistemasida elektrostatik maydon kuchlanganligining birligi sifatida 1 Kulon qabul qilingan bo'lib, bu — zaryadga 1N kuch ta'sir qiladigan maydon kuchlanganligini ifodalaydi. Elektrostatik maydonni yaxshi tushunish uchun uni kuchlanganlik chiziqlari yoki kuch chiziqlari yordamida ifodalanadi. Kuch chizig'i deb, shunday chiziqqa aytiladiki, uning har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinma maydonning shu nuqtasidagi maydon kuchlanganligining yo'nalishini ko'rsatadi. Elektrostatik maydonga kiritilgan zaryad harakat qilsa, bajarilgan ish trayektoriyaga bog'liq bo'lmay, dastlabki va oxirgi vaziyatlar xususiyatiga bog'liq bo'ladi. Maydonning bunday xususiyati uni har bir nuqtasining potentsiali yoki berilgan alohida skalyar kattalik orqali tavsiflashga imkon beradi.

Nuqtaviy q_1 zaryad maydonida q_0 zaryadni r_1 nuqtadan r_2 nuqtaga ko'chirishda bajarilgan ish ko'chirilayotgan zaryad kattaligining boshlang'ich $\varphi_1 = k \frac{q_1}{r_1}$ va oxirgi $\varphi_2 = k \frac{q_2}{r_2}$ nuq-

talardagi potentsiallari ayirmasiga ko'paytmasi bilan ifodalanadi:

$$A = q \cdot k \left(\frac{q}{r} - \frac{q}{r} \right) \text{ yoki } A = q_0 (\varphi_1 - \varphi_2) \quad (2)$$

bunda: q_0 — harakatdagi zaryad kattaligi; φ_1 — boshlang'ich nuqtaning potentsiali; φ_2 — oxirgi nuqtaning potentsiali. Agar bu ifodada $q_0 = 1$ va $\varphi_2 = 0$ bo'lsa, $A = \varphi_1$ bo'ladi.

Bundan ko'rinadiki, maydonning berilgan nuqtasining potentsiali birlik musbat zaryadni fazoning shu nuqtasidan cheksizlikka ko'chirishda maydon kuchining bajargan ishiga teng ekan.

Elektrostatik maydonning potentsiali bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga o'tganda o'zgaradigan funksiyadir. Potentsiallari bir xil bo'lgan nuqtalarning geometrik o'rni *ekvipotensial sirt* deyiladi. Agar elektrostatik maydon tekislikda hosil qilinsa, u holda potentsiallari teng nuqtalarning geometrik o'rinlari ekvipotensial chiziqlar hosil qiladi. Agar ekvipotensial sirtlardan birining potentsiali φ_1 , ikkinchisidiki φ_2 va ular orasidagi masofani Δr bilan belgilasak, u holda potentsial gradiyentini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\Delta r} = - \frac{\Delta \varphi}{\Delta r} \quad (3)$$

Bu kattalik *potensial gradiyenti* deyiladi.

Demak, ekvipotensial sirtlar orasidagi masofa birgina potentsialning o'zgarishiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun maydon kuchlanganligi son qiymati jihatidan potentsial gradiyentiga teng bo'ladi, ya'ni

$$E = - \frac{\Delta \varphi}{\Delta r} \quad (4)$$

Yuqorida keltirilgan (4) ifodadagi «manfiy» ishora kuchlanganlik (E) yoki maydon kuch chiziqlari potentsialning o'sish yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalganligini bildiradi. Agar elektrostatik maydon kuch chiziqlarining joylashishi berilgan bo'lsa, ekvipotensial sirtlarni aniqlash mumkin. Aksincha, ekvipotensial sirtlarning joylashish o'rinlari berilsa, kuch chiziqlarining yo'nalishini aniqlash mumkin. Elektrostatik maydon hosil qiluvchi elektrodlarni o'zgaruvchan tok

manbaiga ulab, yomon elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan muhit, masalan, distillangan suv quyilgan vanna ichiga joylashtiriladi. Kalit ulanganda elektrodlar orasidagi suyuqlik orqali o'zgaruvchan tok o'ta boshlaydi. Natijada ekvipotensial sirtlarning shakli xuddi elektrodلarga o'zgarmas tok berilgandagidek va ular orasida xuddi elektr o'tkazmovchi muhit bo'lmaganidek kabi bo'ladi. Elektrodلarni zaryadlaydigan tok manbaiga indikator orqali ulangan o'tkazgichning uchini (buni zond deyiladi) vannaga tushirsak, zond tushirilgan nuqta bilan zond orasida potensial bir xil bo'lsa, indikator orqali tok o'tmaydi va zond elektr maydonni deyarli o'zgartirmaydi.

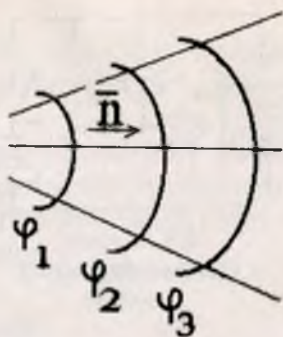
Shunday usulda zondga ma'lum kuchlanish berib, indikator yordamida suyuqlikning potentsiali zondning potentsiali bilan bir xil bo'lgan nuqtalarni topib olamiz. Aniqlangan nuqtalarning o'rinlari (koordinatalari) topiladi va ular yozib olinadi. Bu aniqlangan nuqtalarni o'zaro birlashtirilsa, ekvipotensial sirt chizig'i paydo bo'ladi. Zond potentsialini 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 va 3,0 V larga o'zgartirib, har bir potentsialga mos keluvchi ekvipotensial chiziqlar chiziladi.

Asbob-uskunalar

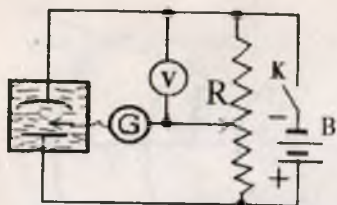
Suyuqlik quyiladigan vanna. Elektrodلar. Zond. Galvanometr. Tok manbai. Suyuqlik. Telefon trubkasi. Reostat va boshqa yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma gorizontall tekislikda joylashgan yassi elektrostatik vanna, unga tushirilgan elektrodلar, galvanometr, voltmetr, reostat, tok manbai, elektr kalit, zond, vannaga quyiladigan suv va boshqa yordamchi aslahalardan tashkil topgan. Elek-



4.8.1- rasm.
Ekvipotensial sirtning
grafik shakldagi tasviri.



4.8.2- rasm.
Qurilmaning elektr
sxemasi.

trostatik vanna elektrostatik maydonni sodda holda faqat tekislikda tekshirishga imkon beradi. Vanna 30 sm x 50 sm o'lchamdagi shishadan yasalgan.

Indikator sifatida qarshiligi katta bo'lgan telefon trubkasi olinadi. Telefon simlarining bir uchi potensiometrغا ulanib, ikkinchi uchi zondga ulanadi.

O'z navbatida, zondning uchi vannadagi suvga botirilib hamda vanna bo'ylab harakatlantirilib, potensiallari bir xil bo'lgan nuqtalar topiladi.

Elektrodlarga o'zgaruvchan tok manbaidan potensiometr orqali kuchlanish beriladi. Potensiometrdan olinadigan kuchlanish indikatori vazifasini voltmetr bajaradi. Vanna tubidagi shisha ostida joylashtirilgan millimetrlı qog'oz chiziqlari bo'ylab zond vannadagi elektrodlar oralig'ida harakatlantiriladi va teng potentsialli nuqtalarining koordinatalari topiladi. Telefon trubkasi o'rniga galvanometr qo'llanilganida uning mili nolni ko'rsatgunicha nuqta koordinatasi qidiriladi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va o'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Laboratoriya ishining elektr sxemasi (4.8.2- rasm)ni tuzing va vannaga 0,5—1 sm balandlikda suv quyib, o'qituvchiga sxemani tekshirtiring.

3. Zondga ma'lum potentsial, masalan 10 V bering. Uni vanna ichida yurgizib, galvanometr «0»ni ko'rsatadigan yoki telefon trubkasida tovush tingan nuqtalar koordinatasini vanna tubidagi millimetr qog'ozidan foydalanib toping.

4. Topilgan birinchi nuqtadan 1—2 sm uzoqlikda joylashgan qo'shni nuqtalar o'rnini toping. So'ngra shu usulda vannadagi potentsiali bir xil bo'lgan jami nuqtalarning koordinatalarini toping va ularni chizmada tasvirlang. Topilgan nuqtalarni o'zaro birlashtirib, ekvi potentsial egri chiziqni chizing.

5. Zond potensialini o'zgartirib, yuqoridagi usuldan foydalangan holda 1,5; 2,0; 2,5 V kuchlanishlar uchun ekvipotensial egri chiziqlarni chizing.

6. Ekvipotensial egri chiziqlarga normal (tik) yo'nalishda kuch chiziqlarini chizing. Bu kuch chiziqlarining maydonning har bir joyidagi zichligiga qarab elektrostatik maydon kuchlanganligining kattaligini aniqlang.



Nazorat savollari

1. Elektrostatik maydon deb nimaga aytiladi?
2. Elektrostatik maydon kuchlanganligi nima va u qanday birlikda o'lchanadi?
3. Potensial va uning fizik ma'nosi nima?
4. Potensial gradiyenti deb nimaga aytiladi?
5. Potensial gradiyenti va maydon kuchlanganligi orasida qanday bog'lanish bor?
6. Elektr maydon kuch chizig'i nima va u qanday chiziladi?
7. Ekvipotensial egri chiziq va ekvipotensial sirt deb nimaga aytiladi?
8. Galvanometr qanday shart bajarilganida nolni ko'rsatadi va telefonda qaysi vaqtda tovush eshitilmaydi?

4.9. MISNING ELEKTROKIMYOVIY EKVALENTINI ANIQLASH

- Ishning maqsadi:**
1. Elektroliz hodisasini o'rganish.
 2. Faradeyning birinchi qonunini tajribada o'rganish.
 3. Misning elektrokimyoviy ekvivalentini aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Suvda kislota, ishqor va tuz eriganda ularning molekullari ionlarga ajraladi. Bu jarayon *elektrolitik dissotsiatsiya* deyiladi. Molekullari ionlarga dissotsiatsiyalangan eritma *elektrolit* deyiladi. Faradeyning 1-qonuniga ko'ra, elektrolitdan elektr toki o'tganda elektrodda ajralib chiqqan moddaning m massasi I tok kuchiga va tokning o'tish vaqti t ga proporsionaldir:

$$m = kIt = kq. \quad (1)$$

Demak, (1) formulaga ko'ra, $q = It = IC$ bo'lganda $m = k$ bo'ladi. Bu koeffitsient moddaning *elektrokimyoviy ekvivalenti* deyiladi. Tenglama (1) ga asosan elektrokimyoviy ekvivalent koeffitsienti SI o'lchov sistemasida kg/C da o'lchanadi. Agar elektrolitlardan o'tgan I tok kuchi va tokning o'tish vaqti hamda elektroliz jarayonida ajralib chiqqan moddaning m massasi ma'lum bo'lsa, moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti quyidagicha aniqlanadi:

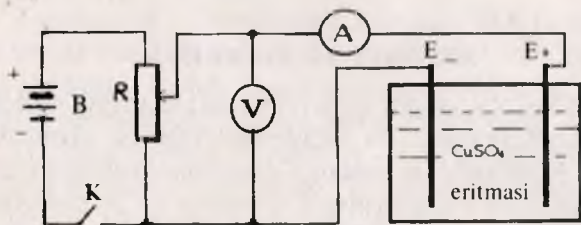
$$k = m / It. \quad (2)$$

Asbob-uskunalar

O'zgarmas tok manbai, elektron tarozi va sekundomer, reostat, elektrolitik vanna, distillangan suv, mis kuporosi-ning eritmasi, elektrodlar, o'zgarmas tok ampermetri va voltmetri, ulovchi simlar va boshqa yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma elektrolitik vanna, mis kuporosining distillangan suvdagi eritmasi, elektrodlar, elektrolitdan o'tayotgan tokni rostlaydigan R reostat, o'zgarmas tok manbai, zanjirdagi tok va kuchlanishni o'lchaydigan o'zgarmas tok ampermetri va voltmetri hamda kalitdan tashkil topgan (4.9.1-rasm). Qurilmani ishga tushirish uchun to'g'rilagich o'zgaruvchan elektr tarmog'iga ulanadi, so'ngra kalit (K) berkitiladi. Shunda elektrolitdan tok o'ta boshlaydi.



4.9.1- rasm. Ishning elektr sxemasi.

Elektrolitdan o'tayotgan tok kattaligi ampermetr ko'rsatishidan olinadi. Tokning kattaligi R reostat bilan rostlab turiladi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishini yo'riqnomasini o'qib o'rganing va o'qituvchi savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Katod vazifasini o'taydigan mis elektrodning m_1 massasini JW—1 rusumli elektron tarozida tortib aniqlang.

Eslatma. Elektrod tortilishidan oldin quritilishi shart!

3. Mis kuporosidan m massasini tarozida tortib oling va uni distillangan suvda eritib eritma tayyorlang.

4. Mis kuporosi eritmasiga mis elektrodlarini tushirib, ularni qo'zg'almaydigan qilib mahkamlang.

5. Tajriba boshlangan t vaqtini belgilang va shu zahotiyoq kalitni ulang hamda reostat yordamida tok kuchi kattaligini 1,5A qiymatda o'zgartirmay saqlang. Ampermetr ko'rsatgan I tokni belgilang va uni yozib oling. Tajribada aniqlangan natijalarni jadvalga kiriting.

O'l-chash tartibi	Tok kuchi I , A	Kuchlanish U , V	Elektrod massalari farqi $m_2 - m_1 = \Delta m$	k , kg/C	Δk

6. 15—20 minut vaqt davomida elektrolitdan tok o'tgandan keyin kalitni uzing va t_2 vaqtini belgilab qo'ying. Elektrolitdan tok o'tgan vaqtini hisoblang.

7. Katodni eritmadan chiqaring va uni quriting. Katodda ajralib chiqqan mis massasini aniqlash uchun mis o'tirib qolgan elektrodni JW—1 elektron tarozida torting va $\Delta m = m_2 - m_1$ ifodadan, ya'ni jarayonda elektrodda ajralib chiqqan misning Δm massasini hisoblang.

8. Tajriba natijalari asosida (2) tenglamadan foydalanib, misning k elektrokimyoviy ekvivalentini hisoblab toping.

9. Tajribani takrorlang va xatoliklarini hisoblang.

10. Natijani $k \pm \Delta k$ ko'rinishda yozing.

11. Faradeyning II qonunidan foydalanib, elementar zaryad qiymatini toping.



Nazorat savollari

1. Elektr o'tkazuvchanlik xususiyatiga ko'ra suyuqliklar qanday guruhlariga bo'linadi?

2. Elektrolit nima? Elektrolitik dissotsiatsiya va rekombinatsiya jarayonlari qanday paydo bo'ladi?

3. Qanday jarayonni elektroliz hodisasi deb ataladi?

4. Faradey qonunlarini aytib bering. Elektrokimyoviy ekvivalentning fizik ma'nosini tushuntiring.

5. Elektrolizning texnikada qo'llanishiga misollar keltiring.

6. Galvanoplastika va galvanostegiya deb nimaga aytiladi?

7. Elektronning zaryadini hisoblab topish formulasini keltirib chiqaring.

8. Mis kuporosi eritmasini elektroliz qilishda $2\text{kW} \cdot \text{soat}$ energiya sarflangan bo'lsa, elektrolitik vanna klemmalariga berilgan potentsiallar farqi 2V ga teng bo'lgan holatda, katodda qancha mis ajralib chiqadi?

4.10. YARIM O'TKAZGICHLI DIODNING VOLT-AMPER TAVSIFINI O'RGANISH

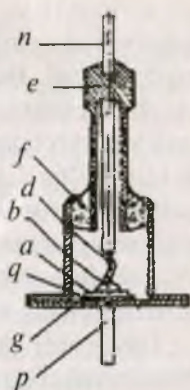
Ishning maqsadi: 1. Yarim o'tkazgichli diodning tuzilishini va turlarini o'rganish. 2. Yarim o'tkazgichli dioddan o'tayotgan tokning unga qo'yilgan kuchlanishga bog'liqligini o'rganish va tekshirish.



NAZARIY MUQADDIMA

Diod—elektr tokini bir tomonlama o'tkazish xususiyatiga ega bo'lgan elektron asboddir. Diodlar ikki xil: vakuumli (shisha ballonga joylashtirilgan ikki elektrodli elektron lamp)

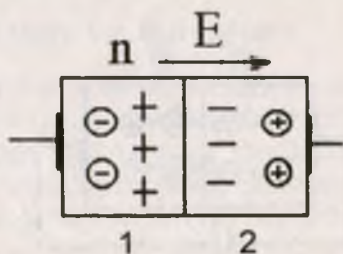
va yarim o'tkazgichli (asosi — germaniy va kremniy kristallari) bo'ladi. Germaniy monokristali asosida yasalgan diodlardan biriga Д7Ж (Ж harfi o'rniga boshqa harflar ham bo'lishi mumkin) misol bo'la oladi. Diod quyidagicha tuzilishga ega (4.10.1-rasm): germaniy monokristalidan yasalgan plastinka (*a*) dan iborat bo'lib, uning bir tomoniga bir tomchi indiy (*b*) payvandlangan. Bir-biridan chegara bilan ajralib turadigan elektron (*n*) va teshikli (*p*) o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan ikkita soha hosil qilingan. Bu soha elektr tokini bir tomonlama o'tkazish xususiyatiga ega. Germaniy plastinkasi metall korpus (*g*) asosiga qalay (*q*) bilan kavsharlangan va u manfiy qutb hisoblanadi. Ikkinchi kontakt (*d*) indiy tomchisiga ulangan va u musbat qutb hisoblanadi. U shisha (*f*) izolator orqali korpusdan izolatsiyalangan.



4.10.1- rasm.

Diodning uchlari paneldagi «musbat» va «manfiy» ishoralar bilan belgilangan ikkita qisqichga ulangan. Tashqi elektr maydon bo'lmagan hol uchun elektronli va teshikli yarim o'tkazgichlarning yondosh sohasida elektr maydon hosil bo'lishini qarab chiqamiz. Elektronlarning issiqlik energiyasi eng kichik holatiga mos keluvchi energiyadagi harakati tufayli elektronlar teshikli yarim o'tkazgich bilan chegaradosh qatlamda to'planadi, teshiklar esa teshikli yarim o'tkazgichga qo'shni elektronli yarim o'tkazgich qatlamida to'planadi. Shuning uchun elektronli yarim o'tkazgich 2 bilan chegaradosh bo'lgan teshikli yarim o'tkazgich 1 qatlam manfiy potensialga ega bo'ladi (4.10.2- rasm).

Teshikli yarim o'tkazgich 1 bilan chegaradosh bo'lgan elektronli yarim o'tkazgich 2 esa musbat potensialga ega bo'ladi. Elektron — teshikli o'tishga bevosita yopishib tur-



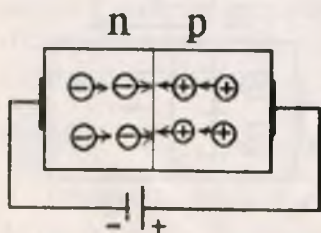
4.10.2- rasm.

gan elektronli va teshikli yarim o'tkazgichlar sohalari orasida potentsiallar ayirmasi hosil bo'ladi. Binobarin, elektr maydon paydo bo'ladi. Biror vaqt oralig'ida teshikli yarim o'tkazgichda qancha elektronlar qayta qo'shilsa, shu vaqt oralig'ida elektronli yarim o'tkazgichdan teshikli yarim o'tkazgichga shuncha elektron o'tadi, shu vaqt oralig'ida elektronli yarim o'tkazgichda elektronlar bilan qancha teshiklar qayta qo'shilsa, shu vaqt oralig'ida teshikli yarim o'tkazgichdan elektronli yarim o'tkazgichga shuncha teshiklar o'tadi. Natijada ma'lum kattalikdagi elektr maydon vujudga keladi.

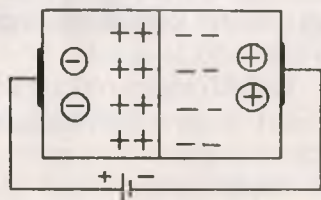
Elektronli va teshikli yarim o'tkazgichlarning yondosh chegarasida hosil bo'lgan qatlam 1 va 2 da tok tashuvchilar (elektronlar elektronli yarim o'tkazgichlarda va teshiklar teshikli yarim o'tkazgichlarda) kamayganligini osongina tasavvur qilish mumkin. Yupqa qatlamning qarshiligi yarim o'tkazgichning qolgan hajmidagi qarshilikdan ancha katta bo'ladi. Bu qatlam *berkituvchi qatlam* deb ataladi.

Shunday qilib, elektronli va teshikli yarim o'tkazgichlar kontaktida ularning yondosh chegarasida kontakt potentsiallar ayirmasi, shuningdek berkituvchi qatlam hosil bo'ladi.

Bundan so'ng elektron-teshikli o'tishda o'zgaruvchan elektr tokini to'g'rilashning fizik mohiyatini yuqoridagilar asosida tushuntiriladi. Faraz qilaylik, bitta monokristallda hosil qilingan elektronli va teshikli yarim o'tkazgichlarning yondoshgan sistemasiga biror potentsiallar ayirmasi berilgan bo'lsin. Unda teshikli yarim o'tkazgich musbat potentsialga, elektronli yarim o'tkazgich esa manfiy potentsialga ega bo'ladi (4.10.3- rasm). Bu holda tashqi elektr maydon elektronli va



4.10.3- rasm.



4.10.4- rasm.

teshikli yarim o'tkazgichning yondosh sohasidagi elektr maydonni kuchsizlantiradi va elektronli yarim o'tkazgichdan elektronlarni, teshikli yarim o'tkazgichdan esa teshiklarni bir-biriga qarama-qarshi harakatlantiradi (elektron — teshikli o'tish). Bunda berkituvchi qatlamning qalinligi va uning qarshiligi kamayadi. Elektron — teshikli o'tish orqali tok tashuvchilar ko'p o'tadi, binobarin, katta tok o'tadi. Bu sistemaga qo'yilgan potensialning ishorasi almashtirilsa (4.10.4-rasm), tashqi elektr maydon elektronli va teshikli yarim o'tkazgichning yondosh sohasidagi maydonni kuchaytiradi.

Tok tashuvchilar tashqi maydon ta'sirida yarim o'tkazgichlarning bo'linish chegarasida harakatlanadi. Berkituvchi qatlamning qalinligi ortadi va uning qarshiligi ko'payadi. Buning natijasida elektron — teshikli o'tish orqali ancha kam tok o'tadi.

Quyida Д7Ж yarim o'tkazgichli diodni tavsiflovchi eng muhim parametrlarni (muhit temperaturasi 20°C bo'lgan hol uchun) keltiramiz:

teskari kuchlanishning eng katta qiymati 400 V;

eng katta teskari kuchlanishda teskari tok (o'rtacha qiymati) 0,3 mA;

eng katta to'g'rilangan tok (to'g'ri tokning o'rtacha qiymati) 300 mA;

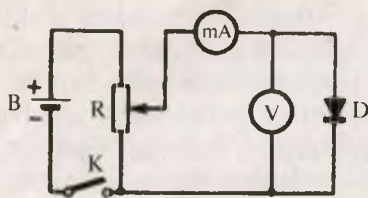
eng katta to'g'ri tokda diodda kuchlanishning tushishi 0,5 V.

Asbob-uskunalar

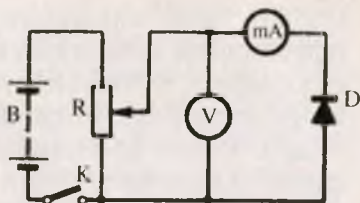
O'zgarmas tok manbai. Reostat. Voltmetr. Ampermetr. Yarim o'tkazgichli diod (Д7Ж yoki Д226). Elektr kalit va boshqa yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma o'zgarmas tok manbai, reostat, o'zgarmas tok voltmetri va ampermetri, yarim o'tkazgichli diod, elektr kalit va boshqa yordamchi aslahalardan tashkil topgan. Qurilmani ishga tushirish uchun K kalit yordamida zanjir tok manbaiga ulanadi. Shunda zanjirdan o'tayotgan tok va yarim o'tkazgichli diod uchlari oralig'iga qo'yilgan kuchlanish miqdorini mos ravishda ampermetr va voltmetr ko'rsatadi. Tajriba davomida zanjirdagi tokning yarim o'tkazgichli diodga qo'yilgan



4.10.5- rasm.



4.10.6- rasm.

kuchlanishga bog'liqligi o'rganiladi. Diodga har xil kattalikdagi kuchlanishlarni berib, undan o'tgan tok qiymatlari yozib olinadi. Buning uchun 4.10.5- va 4.10.6- rasmlarda keltirilgan ishning elektr sxemasi yig'iladi. Tajribada aniqlangan natijalar asosida $I = f(U)$ grafigi millimetrlı qog'ozga chiziladi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va sxemalarni tahlil qiling. O'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

1 - topshiriq. To'g'ri tok kattaligining diodga qo'yilgan kuchlanish qiymatiga bog'liqligini o'rganish.

2. To'g'ri tok kattaligini aniqlashga mo'ljallangan 4.10.5- rasmda keltirilgan ishning elektr sxemasini yig'ing va uni o'qituvchiga tekshirtiring.

3. Kalit K ni qo'shing va potensiometr R orqali diodga turli xil kuchlanishlarni berib, unga mos keladigan toklarning qiymatlarini milliampermetr yordamida o'lchab oling va natijalarni 1-jadvalga kiriting.

1 - jadval

O'lchash tartibi	Kuchlanish U, V	To'g'ri tok, I, mA	Teskari tok, $I, \mu A$

Eslatma. Zanjirni berkitishdan oldin reostatning sirpanuvchi kontaktini shunday holatga keltirib qo'yingki, bunda diodga beriladigan boshlang'ich kuchlanish qiymati taxminan 0 ga teng bo'lsin. Tokni quyidagicha berish maq-

sadga muvofiqdir: har safar 0,5 mA dan oshirib borilib to 30 mA gacha bo'lgan oraliqda o'lchashni davom ettirish maqsadga muvofiq bo'ladi.

2-topshiriq. Dioddagi teskari tokning kuchlanishga bog'liqligini o'rganish.

4. Teskari tok kattaligini aniqlash uchun 4.10.6-rasmdagi ishning elektr sxemasini yig'ing va uni o'qituvchiga tekshirtiring.

5. Potensiometr R yordamida diodga turli xil kattalikdagi kuchlanishlarni berib, tok kuchining qiymatlarini yozib oling. Tajribada topilgan natijalarni 2-jadvalga kiriting.

2-jadval

O'lchash tartibi	Kuchlanish	To'g'ri tok,	Teskari tok,
1	U, V	I, mA	$I, \mu A$
2			
3			

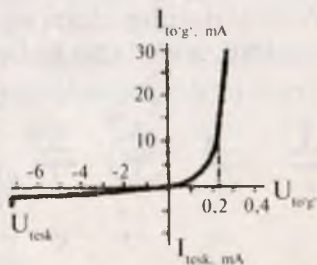
Eslatma. Teskari tok kattaligi kichik kuchlanishlardan boshlab o'lchanadi, uning kattaligi reostat R yordamida rostanadi. O'lchashlarda mikroampermetrdagi kuchlanishlar tushuvi hisobga olinmaydi, chunki mikroampermetrning qarshiligi diodning teskari qarshiligiga nisbatan juda kichik.

6. Kuchlanishni har safar 1 V dan orttiring va dioddagi teskari tok kattaligini o'lchang.

7. Kuchlanish 0,5 V bo'lgandagi holatda tekshirilayotgan dioddagi to'g'ri tok minimal qiymatini o'lchang.

8. Laboratoriya ishida olingan natijalar asosida millimetrli qog'ozga 1- va 2-jadvallarda keltirilgan natijalarga tayanib diodning to'g'ri va teskari tok grafiklarini chizing.

Chizilgan grafik, agarda tajriba to'g'ri o'tkazilgan bo'lsa, 4.10.7- rasmda keltirilgan grafik ko'rinishida bo'ladi.



4.10.7- rasm.

Grafikni millimetrli qog'ozda chizishda albatta har bir millimetr oraliq aniqligini e'tiborga olish kerak.



Nazorat savollari

1. p va n turidagi o'tkazgichlar kontaktining xossasini tushuntiring.
2. Yarim o'tkazgichli diodning tuzilishini va uning ishlashini tushuntiring.
3. Yarim o'tkazgichli diodning volt-amper tavsifini grafik shaklda qanday qurish mumkin?
4. Yarim o'tkazgichlarning qo'llanish sohalarini ayting.

4.11. KONDENSATORNING ELEKTR SIG'IMINI ANIQLASH

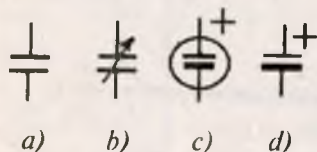
Ishning maqsadi: 1. Elektr sig'im va uning turlarini o'rganish.
2. Sig'imi noma'lum bo'lgan kondensatorning elektr sig'imini aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Elektr zaryadini to'plovchi (quyuqlantiruvchi), o'zgarmas elektr tokini o'tkazmaydigan va o'zgaruvchan elektr tokini o'tkazuvchi asbobni *kondensator* deyiladi. Birinchi kondensator XVIII asrda ixtiro qilingan bo'lib, uni *Leyden bankasi* deb atashgan. Kondensatorlar o'zgarmas va o'zgaruvchan sig'imli bo'ladi. Ularni elektr sxemada quyidagicha belgilanadi (4.11.1-rasm). Kondensatorlar yassi, qog'ozli, sludali, elektrolitli va sh.k bo'lib, ularning o'lchami bir necha millimetr qalinlikdan to 0,5 metrdan katta o'lchamdagilari bo'ladi. Kondensator o'zaro qarama-qarshi zaryadlanuvchi ikkita qoplama (plastinka)lardan iborat bo'lib, ular o'rtasiga kondensatorning elektr sig'imini orttirish maqsadida yupqa dielektrik materiallar joylashtiriladi.

4.11.1- rasm. Kondensatorlarning elektr sxemada belgilanishi:



a)

b)

c)

d)

- a) o'zgarmas sig'imli kondensator;
- b) o'zgaruvchan sig'imli kondensator;
- c) elektrolitik kondensator;
- d) elektrolitik mikrokondensatorning mikrosxemalarda belgilanishi.

Kondensator o'zining elektr sig'imi va ish kuchlanishi bilan tavsiflanadi. Kondensatorning elektr sig'imi uning qoplamalaridagi to'plangan zaryad miqdoriga to'g'ri va potentsiallar ayirmasiga teskari proporsional bo'ladi, ya'ni

$$C = \frac{q}{\varphi_2 - \varphi_1} = \frac{q}{U}, \quad (1)$$

bunda C — kondensator sig'imi; q — kondensator qoplamalaridagi zaryad miqdori; $\varphi_2 - \varphi_1 = U$ — potentsiallar ayirmasi (kuchlanish). Kondensator elektr sig'imining birligi SI sistemasida — *Farada*. Qoplamalarida bir C (Kl) dan har ikki turdagi zaryadlar to'planganda ular orasidagi potentsiallar ayirmasi IV ga teng bo'lgan kondensatorning elektr sig'imi 1 F ga teng bo'ladi, ya'ni

$$1\text{ F} = 1\text{ C/V}.$$

1 F juda katta sig'im bo'lganligi sababli amaliyotda mikrofarada ($1 \cdot 10^{-6}$ F), pikofarada ($1 \cdot 10^{-12}$ F) qo'llaniladi va ular sxemalarda μF , pF shaklida yoziladi.

Kondensator zaryadi bu qoplamadagi zaryadning absolut qiymati bo'lib, qoplamalar orasidagi elektr maydon kattaligi bilan tavsiflanadi. Elektr maydon kondensator qoplamalari orasidagi hajmda joylashadi. Bu kattalik kondensator sig'imi, undagi potentsiallar ayirmasi, zaryad miqdori, plastinka yoki qoplamalar orasidagi masofaga, oraliqqa kiritilgan dielektrik material turiga bog'liq bo'ladi.

Masalan, yassi kondensator (dielektrik —havo) qoplamalari orasidagi maydon kuchlanganligi quyidagicha ifodalanadi:

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot S} = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \cdot \epsilon}. \quad (2)$$

Agar qoplamalar orasidagi d masofa va potentsiallar ayirmasi hisobga olinsa, maydon kuchlanganligini quyidagicha yozish mumkin:

$$E = \frac{U}{d},$$

bundan

$$U = Ed = \frac{q \cdot d}{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot S} = \frac{q}{C}, \quad (3)$$

bunda: E — elektr maydon kuchlanganligi; $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$ — yassi kondensator sig'imi; $\epsilon = \frac{C}{C_0}$ — muhitning dielektrik singdiruvchanligi.

Kondensatorning potensial energiyasini maydon kuchlanganligi bilan bog'lab, uni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$W_p = q \cdot \frac{E}{2} \cdot d, \quad (4)$$

bunda: q — kondensator qoplamalaridagi zaryad miqdori; d — plastinkalar orasidagi masofa.

Unda, (3) asosida kondensator energiyasining potensiallar ayirmasi va kondensator sig'imi bilan bog'langanligini quyidagicha ifodalash mumkin, ya'ni

$$W_p = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}. \quad (5)$$

Kondensator qoplamalari orasidagi elektr maydon energiyasining, kondensator ishlab chiqarishda qo'llanilgan materiallar va uning o'lchamlari bilan bog'langan holati uchun yuqoridagi (2), (3), (4) va (5) lardan foydalanib quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$W_p = \frac{CU^2}{2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} \cdot \frac{E^2 d^2}{2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} \cdot U. \quad (6)$$

Kondensatorning birlik hajmdagi elektr maydoni energiyasi quyidagiga teng bo'ladi, ya'ni

$$W_p = \frac{\epsilon_0 \epsilon}{2} \cdot E^2. \quad (7)$$

Yuqoridagilardan ko'rinadiki, kondensatorni ayrim parametrlarini o'lchash yo'li bilan amaliyotda uning sig'imini, maydon energiyasini, muhitning dielektrik singdiruvchanligini aniqlash mumkin.

Masalan, agar biror noma'lum sig'imli kondensatorni zaryadlasak va uning zaryadsizlanishini kuzatsak, zaryad ravon kamayib bormasdan, balki sakrab-sakrab kamayib borishini galvanometr mili ko'rsatadi. Sig'implari turlicha bo'lgan zaryadlangan kondensatorlarga galvanometr ulansa, turli qiymatlarni ko'rsatib kamayib boradi. Unda ma'lum sig'imli kondensator orqali galvanometrni darajalab, so'ngra no-

ma'lum sig'imli kondensator sig'imini taqqoslash yo'li bilan aniqlash mumkin bo'ladi.

Sig'imi ma'lum bo'lgan kondensator bo'lsa, kondensatorning C sig'imi kattaligi galvanometrning mili og'adigan n bo'linmalar soniga to'g'ri proporsional, ya'ni $C = kn$ ekanligiga tajribada ishonch hosil qilish mumkin. Unda shkalaning bitta bo'linmasiga mos keladigan elektr sig'imni ifodalovchi proporsionallik koeffitsientini quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$k = C / n. \quad (8)$$

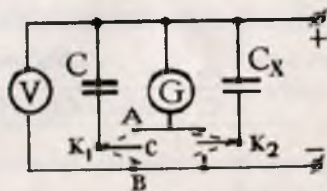
Demak, avval darajalangan galvanometr yordamida sig'imi aniq kondensator sig'imini bilgan holda, sig'imi noma'lum bo'lgan kondensator bilan tajribani takrorlab, uning sig'imini galvanometr milining og'ishiga qarab aniqlash mumkin bo'ladi.

Asbob-uskunalar

Noma'lum sig'imli kondensatorlar to'plami. Sig'imi aniq bo'lgan kondensator ($0,5; 1; 2 \mu\text{F}$). Avometr yoki shkalasi 100 mikroamperlik o'zgaras tok ampermetri. O'zgaras tok manbai (akkumulator batareyasi yoki quruq element). Neytral (uch qutbli) kontaktli elektr kalit. Ulash simlari va boshqa yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma galvanometr, ma'lum va noma'lum sig'imli kondensatorlar to'plami, o'zgaras tok manbai, uch qutbli elektr kalitlar, o'zgaras tok voltmetridan tuzilgan (4.11.2-rasm). Qurilmani ishga tushirish uchun uni o'zgaras tok manbaiga ulanadi. Shundan so'ng tok manbaiga sig'imi ma'lum kondensator voltmetr bilan parallel qo'shiladi va eng katta zaryad to'plagandan so'ng, voltmetr uziladi va uning o'rniga galvanometr



4.11.2-rasm. Ishni bajarish uchun elektr sxema .

ulanadi. Zaryadning sakrab kamayishi o'lchov asbobi shkalasi bo'yicha kuzatiladi va shkalaning har bir bo'linmasining qiymati topiladi. Shundan keyin noma'lum sig'imli kondensator zanjirga ulanadi va o'lchov asbobi shkalasidan bo'linma qiymati topiladi va (8) ifodadan foydalanib o'rganilayotgan kondensator sig'imi hisoblab topiladi. Tajriba bir necha marta o'tkaziladi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va ishga kerakli asboblarni taxtlang. O'qituvchi savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

1-topshiriq. Noma'lum sig'imli kondensator sig'imini aniqlash.

2. Sxemani yig'ing (4.11.2- rasm) va o'qituvchiga tekshirtiring.

Eslatma. Ayrim kondensatorlar noto'g'ri ishlatilsa, ular portlaydi! Ehtiyot bo'ling!

3. Kondensatorni zaryadlang, buning uchun kalit K_1 yordamida zanjirni qisqa muddatga tok manbaiga ulang. So'ngra galvanometr miliga qarab, shu kalitni tez harakatlantirib, zanjirdagi galvanometrga ulang va shkaladan milning maksimal og'ishini bilib oling, bunda iloji boricha bo'linmaning o'ndan bir ulushlarini ham chamalab hisoblang. Galvanometr milining ko'rsatishini aniqroq bilib olish maqsadida tajribani bir necha marta takrorlang va k proporsionallik koeffitsientini hisoblang.

4. Bu tajribani boshqacha sig'imli kondensator bilan bajaring va olingan natija asosida k ning o'rtacha qiymatini hisoblang. O'lchash va hisoblash natijalarini quyidagi jadvalga kiriting.

O'lchash tartibi	Sig'imlar						$\pm \Delta C_x$	Nisbiy xatolik, %
	C_1	C_2	C_3	C_{x1}	C_{x2}	C_{x3}		
1								
2								
3								

5. Elektr zanjirga sig'imi noma'lum bo'lgan C_x kondensatorni kalit K_x yordamida ulab zaryadlang, so'ngra shu kalit orqali kondensatorni galvanometrغا ulang va uning milini nechta bo'linmaga og'ishini aniqlang hamda k proporsionallik koeffitsientini bilgan holda C_x ni hisoblang.

2-topshiriq. Parallel va ketma-ket ulangan sig'imi noma'lum kondensatorlar sig'imini aniqlash.

6. Sig'implari ma'lum bo'lgan 2 ta kondensatorni zanjirga avval parallel qilib, keyin ketma-ket ulang va ularning sig'imlarini yuqorida bayon etilgan usul bilan aniqlang.

7. Kondensatorlarning parallel va ketma-ket ulangandagi umumiy sig'imini ma'lum bo'lgan formulalardan foydalanib hisoblang va natijalarni tajribalarda olingan natijalar bilan solishtiring hamda 1-jadvalga o'xshash jadval tuzib, unga natijalarni kiriting.



Nazorat savollari

1. Asbobni buzib qo'ymaslik uchun avometrning o'lchash chegarasini qanday tanlash kerak?
2. Kondensator deb qanday elektr asbobiga aytiladi va uning qanday turlari mavjud?
3. Kondensator sig'imi formulasini yozing va uni tushuntiring.
4. Yassi kondensator uchun muhitning dielektrik singdiruvchanligi nimaga teng?
5. Elektrolitli kondensator sludali yoki sopolli kondensator-dan nimasi bilan farq qiladi?

4.12. KONDENSATORNING SIG'IM QARSHILIGINI O'LCHASH

Ishning maqsadi: 1. Reaktiv qarshilik haqida umumiy tushunchani shakllantirish. 2. Kondensatorning sig'im qarshiligini o'lchashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Kondensatorning sig'imiga teskari proporsional bo'lgan kattalikni *sig'im qarshiligi* deyiladi va uni X_c va R_c shaklida belgilashadi. Kondensatorning sig'im qarshiligi nafaqat uning

sig'imiga teskari proporsional bo'lmasdan, o'zgaruvchan tok chastotasiga ham teskari proporsional bo'ladi:

$$R_c \approx (\omega C)^{-1} \text{ yoki } R_c = k / \omega C. \quad (1)$$

Om qonuniga muvofiq zanjirdagi tokni o'lchab, R_c ni U_m bilan bog'lab quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$R_c = U_m / I_m. \quad (2)$$

O'zgaruvchan tok zanjiridagi kuchlanishni uning eng katta qiymati orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$U = U_m \sin \omega t. \quad (3)$$

Zanjirga kondensator qo'shilganida, shu kondensatordagi zaryad miqdorini va I tokni o'zgaruvchan tok zanjiri uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$q = CU_m \sin \omega t \text{ va } I = q = CU_m \omega \cos \omega t = I_m \cos \omega t. \quad (4)$$

Agarda $\cos \omega t = 1$ bo'lganida $I = I_m$ bo'ladi. Shuning uchun I_m , U_m , R_c orasidagi bog'lanishni, yuqoridagilar asosiga tayanib, kondensatorning sig'im qarshiligini quyidagicha yozish mumkin:

$$R_c = \frac{U_0}{I_0} = \frac{U}{I} = \frac{1}{\omega C} = (2\pi\nu C)^{-1}. \quad (5)$$

Bu ifodadan foydalanib, berilgan o'zgaruvchan tok kuchlanishining effektiv qiymatida kondensator orqali o'tayotgan tok kuchining effektiv qiymatini hisoblash mumkin. Aksincha, tok kuchi va kuchlanishning uchlangan effektiv qiymatlaridan kondensatorning sig'imi kattaligini hisoblash mumkin.

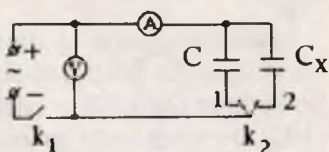
Asbob-uskunalar

Kuchlanishi 24 V bo'lgan o'zgaruvchan tok manbai. 6 μ F li qog'oz kondensator. Noma'lum sig'imli kondensator. O'zgaruvchan tok milliampermetri. Ulash simlari. Bir va ikki qutbli elektr kalitlar. O'zgaruvchan tok voltmetri va boshqa yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma o'zgaruvchan tok ampermetri va voltmetri, o'rganilayotgan sig'imi ma'lum va noma'lum kondensatorlar, o'zgaruvchan tok manbai hamda elektr kalitlardan tashkil topgan (4.12.1- rasm).

Qurilmani ishga tushirish uchun asosiy o'zgaruvchan tok tarmog'iga 24 V kuchlanish beruvchi asbob ulanadi, so'ngra kalit K qo'shiladi. Ishning elektr zanjiriga qo'shilgan voltmetr va ampermetrning ko'rsatganlarini yozib olinadi.



4.12.1-rasm. Ishning elektr sxemasi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganib, sxemani tahlil qilib bo'lgandan so'ng o'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.
2. Laboratoriya ishining elektr sxemasini o'rganing.
3. 4.12.1- rasmda ko'rsatilgan sxemani yig'ing va uni o'qituvchiga tekshirtiring.
4. Sig'imi ma'lum C kondensatorning qoplamalariga 50 Hz chastotali 15—20 V o'zgaruvchan kuchlanish berish uchun kalit K_2 ni 1 holatga o'tkazing, so'ngra kalit K_1 ni qo'shing va kondensator zanjiridagi tok kuchini hamda kuchlanishni o'lchang.
5. Sig'im qarshiligini (5) formulaga muvofiq hisoblang va olingan natijalarni solishtiring.
6. Elektr zanjirga noma'lum sig'imli C_x kondensatorni ulang va kondensator orqali o'tayotgan o'zgaruvchan tokning kattaligini o'lchang va (5) ifodadan foydalanib, kondensatorning sig'imini hisoblang.



Nazorat savollari

1. Nima uchun kondensator orqali o'zgaruvchan tok o'tadi, ammo o'zgarmas tok o'tmaydi?
2. Kondensatorning sig'im qarshiligining kondensator sig'imi va o'zgaruvchan tok chastotasiga bog'liq ekanligini tushuntiring.

4.13. G'ALTAKNING INDUKTIV QARSHILIGINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Aktiv va reaktiv qarshiliklar farqini o'rganish. 2. G'altakning induktiv qarshiligini aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

O'tkazgichlarning qarshiliklari ikki xil bo'ladi: a) elektr toki o'tganida issiqlik ajraladigan, ya'ni elektr energiyasi isrof bo'ladigan qarshilik — *aktiv* qarshilik; b) elektr toki o'tganida elektr energiyasi isrof bo'lmaydigan qarshilik — *reaktiv* qarshilik. Induktiv va sig'im qarshiliklarni reaktiv qarshiliklar deyiladi.

G'altakning induktiv qarshiligini aniqlashda undan o'zgaruvchan tok o'tganida shu tokning kuchlanish fazasi $\pi/2$ oldinda yuradi. Chastotasi ω bo'lgan o'zgaruvchan tokning induktiv qarshiligi, o'zgaruvchan elektr toki uchun Om qonunidan kelib chiqqan holda, quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$R_L = \omega L = 2\pi\nu L, \quad (1)$$

bunda: L — berilgan g'altak induktivligi, H; ν — tarmoqdagi o'zgaruvchan elektr tokining chastotasi, Hz.

Har qanday o'tkazgich, eng kichik bo'lsa ham aktiv qarshilikka ega bo'ladi. Shuning uchun o'zgaruvchan tok zanjirining to'liq qarshiligini aniqlashda quyidagi ifodadan foydalaniladi:

$$Z = U / I. \quad (2)$$

Ma'lumki, $Z = \sqrt{R^2 + R_L^2}$ tenglik asosida undan R_L topiladi:

$$R_L = \sqrt{Z^2 - R^2}. \quad (3)$$

Asbob-uskunalar

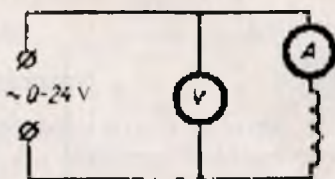
O'zgaruvchan tok manbai. Voltmetr. Ampermetr. Induktivlik g'altagi. Reostat va ulash simlari.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma 0—24V kuchlanish beradigan o'zgaruvchan tok manbai, o'zgaruvchan tok voltmetri va ampermetri, induktivlik g'altagi, kuchlanishni rostlash vazifasini bajaruvchi reostat hamda boshqa yordamchi aslahalardan tashkil topgan. Mazkur ishning elektr zanjiri sxemasi 4.13.1- rasmda keltirilgan. Qurilmani ishga tushirish uchun tashqi o'zgaruvchan tok manbai tarmog'iga 24 V gacha kuchlanish beradigan asbob qo'shiladi. So'ngra qurilmadagi kalit K qo'shiladi. Shun-

da zanjirdagi voltmetr va ampermetr ma'lum kuchlanish va tokni ko'rsatadi. Reostat yoki LATR yordamida zanjirga beriladigan o'zgaruvchan tokning kuchlanishini o'zgartirib, o'lchov asboblarning ko'rsatishlari yozib olinadi. Buning uchun zanjirga elektr tokini qo'shib, reostat yordamida kerakli kuchlanish tanlanadi.

Har safar zanjirdagi kuchlanish o'zgartiriladi, elektr asboblarning ko'rsatishi yozib olinib, jadvalga kiritiladi. G'altakning aktiv qarshiligini o'lchashda Koreyadan olingan Uitston «ko'prigi» qo'l keladi.



4.13.1- rasm. G'altakning induktiv qarshiligi aniqlanadigan qurilmaning elektr sxemasi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Laboratoriya ishining elektr sxemasini yig'ing va uni o'qituvchiga tekshirtiring.

3. Istalgan induktivlik g'altagini (transformatorning birorta chulg'ami, drossel va sh.k) tanlab, uni zanjirga qo'shing.

4. LATR (laboratoriya avtotransformatori) yoki reostat yordamida elektr zanjiriga 0—20 volt kuchlanishlarni 5V dan oshirib borib, har safar voltmetr va ampermetrning ko'rsatganlarini ketma-ket yozib oling va natijalarni quyidagi jadvalga kiriting.

5. G'altakni zanjirdan uzing va uning qarshiligini Uitston ko'prigida o'lchang.

6. G'altakning induktiv qarshiligini yuqorida keltirilgan formulalardan foydalanib hisoblang.

O'lchash tartibi	Voltmetrning ko'rsatishi U, V	Ampermetrning ko'rsatishi I, A	R_L Ω (Om)	$\pm \Delta R_L$ Ω (Om)	G'altakning to'la qarshiligi Z, Ω
1					
2					
3					

7. Tajribaning xatoligini hisoblang va ishdan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Aktiv va reaktiv qarshiliklar deb nimaga aytiladi?
2. Induktiv qarshilik nima va u tajribada qanday usulda aniqlanadi?
3. Induktiv qarshilikni aniqlash va uni o'rganishdan asosiy maqsad nimadan iborat?
4. Drossel va transformator nima? Ular bir-biridan nima bilan farq qiladi?
5. Induktivlik g'altagi kashf etilmagan bo'lsa, unda o'zgaruvchan elektr tokini qanday usulda transformatsiya qilinardi?

4.14. O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRI UCHUN OM QONUNINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: 1. O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonunining bajarilishini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Ma'lumki, zaryadli zarralarning tartibli harakatini *elektr toki* deyiladi. Elektr toki ikki xil: o'zgarmas va o'zgaruvchan bo'ladi. O'zgarmas elektr tokining amplituda qiymati vaqtga bog'liq emas va o'zgarmaydi. O'zgaruvchan elektr tokining amplituda qiymati vaqt davomida o'zgarib turadi. Shu sababdan o'zgaruvchan elektr toki uchun o'zgarmas elektr toki qonunlarini qo'llab bo'lmaydi. Ma'lumki, o'zgarmas elektr tokining zanjiridagi tok kuchini quyidagicha ifodalanadi:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1)$$

bunda: U — zanjir uchlaridagi kuchlanish; R — shu zanjir-dagi aktiv qarshilik.

Faraz qilaylik, zanjirga R — aktiv, L — induktiv va C — sig'im (reaktiv) qarshiliklar ulangan bo'lsin (4.14.1-rasm). Shu zanjirni o'zgaruvchan elektr toki tarmog'iga qo'shilganida undagi qarshilikni o'zgarmas tok uchun yozilgandek, ya'ni $R_{um} = R_1 + R_2 + R_3$ shaklida yozib bo'lmaydi. Ammo Om qonunini o'zgaruvchan elektr toki uchun qo'llaganimizda

zanjir elementlaridagi kuchlanishlar yig'indisi quyidagiga teng bo'ladi:

$$U = U_R + U_L + U_C \quad (2)$$

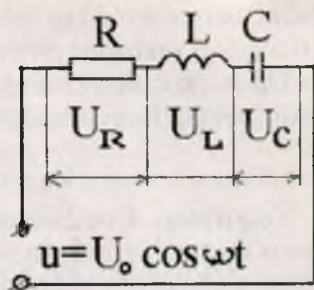
Chunki zanjirdagi istalgan oniy vaqtdagi kuchlanishni zanjir elementlarining har biridagi kuchlanishlar yig'indisi bilan ifodalanadi. Lekin ularning har birining qiymati vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadi. Shuning uchun zanjirga berilgan kuchlanishning amplitudaviy qiymati elementlardagi kuchlanish tushishlarining vektor yig'indisiga teng deb olinadi va vektor diagramma orqali aniqlanadi. Zanjirdagi tok kuchi ham o'zgaruvchan bo'lib, u quyidagicha ifodalanadi:

$$i = I_0 \cos \omega t. \quad (3)$$

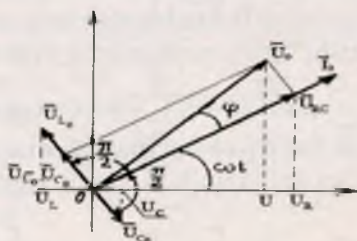
Shunday bo'lsa-da, aktiv qarshilikda kuchlanish va tok bir fazada bo'lsa, kondensatorda esa kuchlanish faza bo'yicha tokdan $\varphi = \pi/2$ orqada qolsa-da, induktiv g'altakda $\pi/2$ oldinda bo'ladi. Zanjirning har bir elementidagi kuchlanish va tok faza bo'yicha turlicha mos tushishi, orqada qolishi va oldinda bo'lishi mumkin ekan. Shuning uchun ham (2) ni quyidagicha yozish mumkin, ya'ni

$$U = U_{R0} \cos \omega t + U_{C0} \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) + U_{L0} \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}), \quad (4)$$

bunda U_{R0}, U_{C0}, U_{L0} - mos ravishda, aktiv va reaktiv qarshiliklardagi kuchlanishlarning amplituda qiymatlari. Qarshiliklardagi kuchlanish va tok amplituda qiymatlarining fazalari farqini diagramma shaklida ifodalash mumkin (4.14.2- rasm). Diagrammadan ko'rinib tu-



4.14.1-rasm. O'zgaruvchan tok zanjiriga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va kondensatorlarni ulash sxemasi.



4.14.2- rasm. Vektor diagramma.

ribdiki, ixtiyoriy o'qdagi vektorlar proyeksiyalarining yig'indisi shu o'qdagi vektorlar proyeksiyalari yig'indisiga teng.

Unda, kuchlanishning amplituda qiymatini vektorlar modullari yig'indisi shaklida ifodalash mumkin, ya'ni

$$\vec{U}_0 = \vec{U}_{R_0} + \vec{U}_{C_0} + \vec{U}_{L_0}. \quad (5)$$

Yuqoridagi 4.14.2-rasmdagi diagrammadan elektr zanjirga o'tkazgichlarni ketma-ket ulashda kuchlanishning qiymatini quyidagicha yozish mumkin:

$$U_0^2 = U_{R_0}^2 + (U_{L_0} - U_{C_0})^2$$

yoki

$$U_0 = \sqrt{(I_0 R)^2 + (I_0 R_L - I_0 R_C)^2} = I_0 \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}. \quad (6)$$

Ma'lumki, induktiv va sig'im qarshiliklarning g'altak induktivligi va kondensator sig'imi hamda ulardan o'tadigan tok chastotasiga bog'liqligi asosida bunday yozilishini bilamiz:

$$R_L = \omega L; \quad R_C = \frac{1}{\omega C}.$$

Unda, (6) quyidagi shaklga keladi, ya'ni

$$U_0 = I_0 \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}. \quad (7)$$

(7) dan zanjirdagi I_0 tokni topib, uni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} = \frac{U}{Z}. \quad (8)$$

Unda, to'liq kuchlanish fazasining tebranishi $\omega t + \varphi$ ga tengligi asosida kuchlanishning oniy vaqtdagi qiymati faza o'zgarishi orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$U = U_0 \cos(\omega t + \varphi). \quad (9)$$

Tok kuchi va kuchlanish orasidagi fazalar farqi 4.14.2-rasmdan foydalanib topiladi, ya'ni

$$\cos \varphi = \frac{U_{R_0}}{U_0} = \frac{I_0 \cdot R}{I_0 \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} = \frac{R}{Z}. \quad (10)$$

Asbob-uskunalar

15—20 Ω li rezistor. 6 μF li qog'oz kondensator. Biror yig'ma transformatorning elektromagnit g'altagi. O'zgaruvchan tok ampermetri. O'zgaruvchan tok voltmtrlari. Tovush generatori. Elektr toki manbai. Laboratoriya avtotransformatori. Vattmetr va boshqa yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma laboratoriya avtotransformatori, induktivligi rostlanadigan drossel, o'zgarmas qarshilikli o'tkazgich, vattmetr, tarmoqlar kuchlanishini o'lchaydigan voltmtrlar, aktiv va reaktiv qarshiliklardagi umumiy kuchlanishni o'lchaydigan voltmtr, zanjirdagi tok kattaligini o'lchaydigan ampermetr va boshqa yordamchi aslahalardan tuzilgan.

Qurilmani ishga tushirish uchun o'zgaruvchan tok tarmog'iga laboratoriya avtotransformatori qo'shiladi. Shunda voltmtr LATR chiqishidagi kuchlanishni ko'rsatadi. Bu kuchlanish, zarur bo'lganida rostlanadi. Ishning elektr zanjiriga tok berish uchun kalit qo'shiladi. Shunda zanjirdagi ampermetr va voltmtrlar ma'lum kuchlanishlarni ko'rsatadi. Bu o'lchov asboblarning har xil o'lchash holatlariga mos keluvchi qiymatlari yozib olinadi hamda hisob-kitoblar amalga oshiriladi.

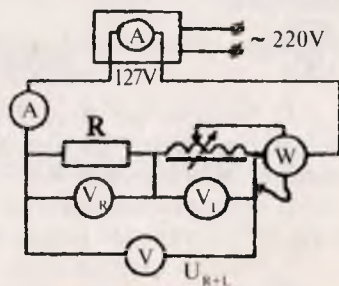


Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining tavsifnomasini o'qib o'rganing va o'qituvchi savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. 4.14.3- rasmda tasvirlangan sxema bo'yicha elektr zanjirni yig'ing va uni o'qituvchiga tekshirtiring.

3. Sxema elementlarining ulanishi to'g'riligi aniqlangandan so'ng tovush generatorini ishga tushiring. Generator chiqishidagi kuchlanish



4.14.3- rasm. Ishning elektr sxemasi.

tebranishlari chastotasini 1000 Hz qilib oling yoki 50 Hz chastotali o'zgaruvchan elektr tarmog'iga LATR ni qo'shing va uning chiqishidagi 127 V kuchlanishdan foydalaning.

4. Berilgan kuchlanishning kattaligini o'zgartirish bilan zanjirda tok kuchini 0,2 A ga keltiring. Umumiy kuchlanish U ni, zanjirning alohida elementlaridagi U_R , U_L va U_{R+L} kuchlanishlarni o'lchang. O'lchash va hisoblash natijalarini quyidagi jadvalga kiriting.

O'lchash tartibi	ν , Hz	I_R , A	U_L , V	U_R , V	I , A	C , μF	Konden-sa-tor-dagi	G'al-tak-dagi	To'la qarshilik Z , Ω		To'la tok I_T , A	Nisbiy xatolik, %
1							U_C	U_L	R_C	L_C		
2												
3												

5. Induktivlik g'altagidagi U_L kuchlanishni, rezistordagi U_R kuchlanish va zanjirdagi I tok kuchini bilgan holda g'altakning R_L induktiv qarshiligini va rezistorning R elektr qarshiligini hisoblang.

6. Umumiy U_{R+L} kuchlanish hamda R , R_C va R_L qarshiliklarining ma'lum qiymatlariga ko'ra, zanjirdagi to'liq tok kuchi I_T ni aniqlang.

7. Tok kuchini aniqlashda nisbiy xatolikni hisoblang.

8. Ishdan xulosa chiqaring va tajribaning xatoliklarini hisoblang.



Nazorat savollari

1. Nima uchun R va L dan tuzilgan ketma-ket zanjirning uchlariidagi effektiv kuchlanish uning alohida elementlari yig'indisiga teng bo'lmaydi?

2. O'zgaruvchan tokning ketma-ket zanjirida kuchlanishlarning oniy qiymatlari uchun $U=U_R+U_C+U_L$ tenglik bajariladimi?

3. Induktiv qarshilik sig'im qarshiligidan nima bilan farq qiladi?

4. Ishning elektr sxemasidagi o'zakli induktiv g'altagi o'rniga o'zaksiz induktiv g'altak qo'llanilsa, ishda qanday o'zgarish bo'lishi mumkin?

5. G'altakdagi o'zakni undan ko'p yoki ozroq tashqariga chiqarilsa, zanjirdagi tok yoki kuchlanish o'zgaradimi?

6. Induktiv qarshilik asbob-uskunalarida yoki alohida elektr sxemalarining zanjirlarida qo'llaniladimi?

4.15. ELEKTR ZANJIRDAGI REZONANSNI O'RGANISH

Ishning maqsadi: 1. Elektr zanjirdagi rezonans hodisasini o'rganish. 2. Konturning aslligini va aktiv qarshiligini aniqlashni o'rganish. 3. Ketma-ket ulangan R , L va C elementlardan tuzilgan zanjirdagi rezonans hodisasini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Elektr zanjirdagi garmonik tebranish chastotasining konturning xususiy chastotasiga tenglashganida tebranish amplitudasining keskin ortish hodisasiga *rezonans* deyiladi. O'zgaruvchan tok zanjirida rezonans sig'im va induktiv qarshiliklar o'zaro tenglashganida kuzatiladi. O'zgaruvchan tok zanjirida aktiv, sig'im va induktiv qarshiliklar bo'ladi. Ulardagi kuchlanishlar yig'indisini quyidagicha yozish mumkin:

$$U = U_R + U_C + U_L. \quad (1)$$

O'zgaruvchan tok zanjiridagi tok va kuchlanish bir xil fazada bo'lsa-da, kondensatordagi kuchlanish $\pi/2$ orqada, g'altakdagi kuchlanish esa $\pi/2$ oldinda bo'ladi, ya'ni

$$U = U_R \cos \omega t + U_C \cos(\omega t - \pi/2) + U_L \cos(\omega t + \pi/2). \quad (2)$$

Zanjirdagi kuchlanishning amplituda qiymatlarini inobatga olinsa, unda (1) ni qayta yozish mumkin:

$$U^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2. \quad (3)$$

Binobarin, o'zgaruvchan tok zanjirining to'la qarshiligini ham quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Z^2 = R^2 + (R_L - R_C)^2. \quad (4)$$

Demak, konturdagi sig'im qarshiligi induktiv qarshiligi-ga teng bo'lganida: $R_L = R_C$ da (4) ifoda $Z = R$ ko'rinishga

keladi. Ana shunday holat o'rinli bo'lganida o'zgaruvchan tok zanjirida rezonans hodisasi, tok (kuchlanish) ning keskin ortib ketishi kuzatiladi (aktiv qarshilikka bog'liq holda albatta).

Asbob-uskunalar

15 Ω li rezistor. 6 μF li qog'oz kondensator. Yig'ma elektromagnit g'altagi. 0,5 A ga mo'ljallangan o'zgaruvchan tok ampermetri. 10 V li o'zgaruvchan tok voltmetri. Tovush generatori. Ossillograf va ulash simlari.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma ekrandagi rezonans hodisasini kuzatishga mo'ljallangan elektron ossillograf, zanjir tarmoqlaridagi kuchlanishlarni o'lchaydigan o'zgaruvchan tok voltmetrlari, ma'lum chastotadagi elektr tebranishlarni chiqishida bera oladigan tovush generatori, zanjirdagi tokni o'lchaydigan o'zgaruvchan tok ampermetri, aktiv va reaktiv qarshiliklar hamda boshqa aslahalardan tuzilgan. Qurilmani ishga tushirish uchun tovush generatori elektr tarmog'iga qo'shiladi va uning chiqishida biror chastotadagi va amplitudadagi elektr signal-larining tebranishlari hosil qilinadi. So'ngra zanjirdagi elektr tebranishlari chastotasi o'zgartirib boriladi va ularga mos keluvchi tok va kuchlanish qiymatlari to rezonans hodisasi kuzatilgunga qadar hamda undan keyin to tebranishlar amplitudasi eng kichik qiymatgacha pasaygunicha o'zgartiriladi. Har bir o'lchashga mos keluvchi tok va kuchlanish yozib boriladi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing. O'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.
2. Ishning elektr sxemasini 4.15.1- rasmda ko'rsatilgandek yig'ing va o'qituvchiga tekshirtiring.
3. Tovush generatorini ulab, uning chiqishidagi kuchlanishni 5 V ga keltiring.
4. O'zgaruvchan kuchlanishning chastotasini 100 dan 3000 Hz gacha 100 Hz bosqichlar bilan o'zgartirib, kuchla-

nish kattaligini doimiy saqlagan holda ampermetrning ko'rsatishlarini yozib oling va jadval tuzib, natijalarni unga kiriting.

5. R rezistorni zanjirdan olib tashlang va o'lchashlarni yuqorida ko'rsatilgandek takrorlang.

6. O'lchashlar natijalariga ko'ra rezonans chastotasini aniqlang.

7. Kondensatorning C sig'imi va g'altakning L induktivligi qiymatlariga ko'ra yuqoridagi formulalardan foydalanib konturning rezonans chastotasi va uning U kuchlanishini aniqlang.

8. Rezistorning R qarshiligiga, kondensatorning C sig'imi va g'altakning L induktivligiga ko'ra tebranish konturining R rezistor ulangandagi asilligini quyidagi formuladan foydalanib hisoblang:

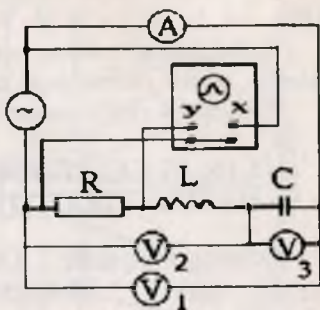
$$Q = \frac{\sqrt{L}}{R}.$$

9. To'la U kuchlanishni va konturda rezonans bo'lgan holatda qo'llanilgan g'altakdagi kuchlanishni aniqlang. Bunda o'lchashlarni R rezistor ulangan holda va rezistorsiz bajarib. Har ikkala holatdagi konturning asilligini quyidagilardan hisoblang:

$$Q = U_{\text{rez}} / U.$$

10. Konturdan rezistorni uzib qo'ygan vaqtda konturning aktiv qarshiligi R ni hisoblang. Bunda quyidagi formuladan foydalaning:

$$R = \frac{P}{Q}.$$



4.15.1- rasm.
Ishning elektr sxemasi.



Nazorat savollari

1. Nima uchun o'zgaruvchan tokning ketma-ket zanjiridagi rezonans *kuchlanishlar rezonansi* deb ataladi?

2. O'zgaruvchan tokning ketma-ket zanjirida rezonans bo'lganda qaysi fizik kattaliklar maksimal qiymatlarni qabul qiladi?

Bu maksimum va minimumlarning yuzaga kelishini tushuntirib.

3. Rezonans hodisasi qayerlarda qo'llaniladi? Uning foydali hamda zararli tomonlarini tushuntirib.

4. Mexanik rezonans elektr rezonansdan nima bilan farq qiladi?

4.16. ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLARNI OSSILLOGRAF YORDAMIDA TEKSHIRISH

Ishning maqsadi: 1. Ossillografning tuzilishini va ishlashini o'rganish. 2. Elektromagnit tebranishlarning tasvirlarini ossillograf yordamida kuzatish va uni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

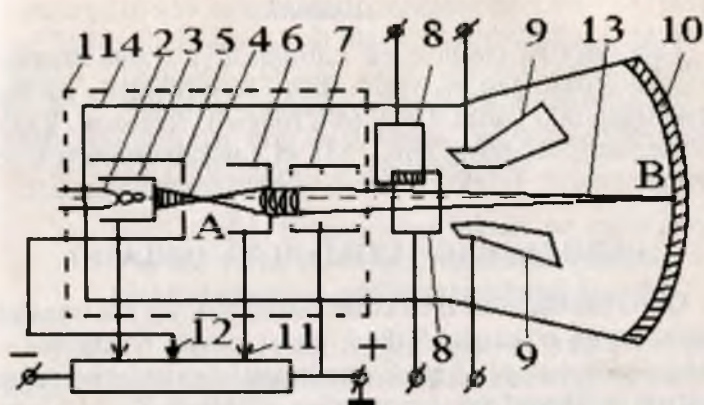
Elektron ossillograf murakkab universal o'lchov asbobi bo'lib, uning yordamida har qanday o'zgaruvchan tok va kuchlanish grafiklarini uning ekranida hosil qilish va kuzatish hamda tebranma jarayonlarni o'rganish mumkin. Ossillograf o'zgaruvchan elektr tokining kuchini, chastotasini, fazalar farqini, shuningdek qisqa vaqt oraliqlarini o'lchashga imkon beradi.

Ossillografning asosiy qismlari quyidagilardan: elektron-nur trubkasi, nurni vertikal va gorizontaal og'diruvchi kuchaytirgichlar, yoyish generatori va ta'minlash blokidan iborat. Elektron-nur trubkasi fokuslangan ingichka elektronlar dastasini hosil qilishga imkon beradi. Elektronlar dastasi ekranga yetguncha og'diruvchi plastinkalar orasidan uchib o'tadi (4.16.1- rasm). Ossillografning sezgirligi deyilganida trubkaning unga qo'yilgan kuchlanishga sezgirligi, ya'ni og'diruvchi plastinkalar oralig'idagi kuchlanish IV bo'lganida, ekrandagi elektron nur hosil qilgan izning og'ishi tushuniladi.

Plastinkalar orasidagi elektr maydonga elektron tushganidan so'ng, u vertikal Y o'qi bo'ylab tekis tezlanuvchan harakat qiladi. Uning og'ish balandligi va tezlanishi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$y = \frac{at^2}{2} \quad \text{va} \quad a = \frac{eE}{m} = \frac{eU_d}{md},$$

bunda e va m — elektron zaryadi va massasi; U_d — og'diruvchi plastinkalardagi kuchlanish; d — plastinkalar orasidagi



4.16.1- rasm. Elektron-nur trubkasining sxematik tasviri:

1. Elektron-nur trubkasi bo'ynining himoyasi. 2. Cho'g'lanuvchi tola. 3. Cho'g'lanuvchi katod. 4. Elektron-nur dastasi. 5. Fokuslovchi silindr. 6. Birinchi (fokuslovchi) anod. 7. Ikkinchi (tezlatuvchi) anod. 8 va 9. Gorizontaal va vertikal og'diruvchi plastinkalar. 10. Fluoressensiyalanuvchi ekran. 11 va 12. Potensiometr gilgichlari. 13. Elektronlar trayektoriyasi. 14. Elektron-nur trubkasining shisha balloni. A—elektronlarning birlamchi fokuslanuvchi nuqtasi. B—elektron fokuslanadigan nuqta (nishon)—ekran.

masofa; t — plastinkalar orasidan elektronning uchib o'tish vaqti. Ushbu holda, elektronning og'ish balandligi quyidagiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$y_1 = \frac{U_d e l^2}{2d m v_x^2}.$$

Xuddi shunday, X o'qi bo'ylab elektronning harakat tezligini quyidagicha yozish mumkin:

$$v_x = \sqrt{\frac{2eU}{m}}.$$

Plastinkalarga qo'yilgan kuchlanishlarni e'tiborga olsak, unda elektronning og'ish balandligi quyidagi shaklda ifodalanadi:

$$y = \frac{U_d l L}{2U_d}.$$

Elektron-nur trubkasi plastinkalariga berilgan o'zgaruvchan tok qiymatlariga qarab, mos ravishda, turli xil ko'rinishdagi tasvirlarni hosil qilinadi.

Asbob-uskunalar

Laboratoriya ossillografi. Laboratoriya transformatori. Taxtaga o'rnatilgan bir yarim davrli to'g'rilagich. Taxtaga o'rnatilgan ikki yarim davrli to'g'rilagich. Rezistor (1 k Ω). Kondensator batareyasi (BK—58). «LYa» kamertoni yoki tovush generatori. Telefon trubkasi va qo'shimcha aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilmaning asosini elektron ossillograf, yig'ma transformator, yarim o'tkazgichli diod, elektr zanjiri yuklamasi va boshqa aslahalar tashkil etadi. Qurilmani ishga tushirish uchun elektron ossillograf elektr tarmog'iga qo'shiladi. So'ngra avto-transformatorning chiqishidan 36—42 V kuchlanish olinadi va shu kuchlanish kam quvvatli transformatorning birlamchi chulg'amiga qo'shiladi. Transformatorning ikkilamchi chulg'amidagi 4—5 V o'zgaruvchan kuchlanish yarim o'tkazgichli diod ($\Delta 7\text{Ж}$ yoki $\Delta 226$ va sh.k.) orqali zanjir yuklamasi vazifasini bajaruvchi 1 k Ω qarshilikka parallel ulanadi. Shu qarshilikdan olinadigan kuchlanish ossillografning kirish qismiga uzatiladi.

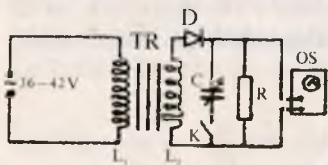


Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing. Elektr tokiga tegishli texnika xavfsizligining qonun-qoidalarini o'rganing. O'qituvchi savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Ossillografni o'qituvchi yordamida ishga tushiring va quyidagicha ekranda tebranishni hosil qiling: a) tebranishni kuzatish uchun «Y» murvatini burab, uning vertikal og'ishini

4.16.2-rasm. Ishning elektr sxemasi:



D — yarim o'tkazgichli $\Delta 226$ diodi;
R — rezistor; TR — transformator;
 L_1 va L_2 — transformatorning birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari;
C — kondensator; K — elektr kalit;
OS — ossillograf.

kuzating; b) «Y» ni o'zgartiring. «Almashtirish» va «1 Hz dan to 10 kHz» belgi qo'yilgan tugmachalarni birin-ketin bosib, kerakli chastotani tanlang; d) «Chastota» murvatini burab, shunday chastota topingki, bunda ekranda bitta yoki bir nechta butun davrli turg'un sinusoidal tebranish hosil bo'lsin; e) ekrandagi ossillogrammani chizib oling.

1 - topshiriq. O'zgaruvchan tokning bir yarim davrli va ikki yarim davrli to'g'rilagichdan chiqqan kuchlanishlarining ossillogrammalarini kuzatish.

3. 4.16.2- rasmda tasvirlangan elektr sxemaga mos elektr zanjirni yig'ing. Buning uchun transformatorning ikkilamchi g'altagini bitta yarim davrli (yarim o'tkazgichli diod) to'g'rilagich o'rnatilgan taxtachasining kirish qisqichiga ulang. To'g'rilagichning chiqish qisqichini ossillografning «Y» kirishiga ulang. To'g'rilangan kuchlanishning ossillogrammasini kuzating. Agar ossillogrammada manfiy yarim to'lqinlar kuzatiladigan bo'lsa, «Y» kirishdagi simlarning o'rnini almashtiring. Ossillogrammani chizib oling.

4. Bitta yarim davrli to'g'rilagichning chiqish qisqichlariga kondensatorlar batareyasini ulang. Sig'imni orttirib borgan sari pulsatsiyalanishning tekislana borishini kuzating. Ossillogrammani chizib oling.

2-topshiriq. Tovush to'lqinlarining ossillogrammalarini kuzatish.

5. Ossillografning «Y» kirishi qisqichiga quloqqa taqiladigan telefonni ulang. Kamertonni rezina bolg'acha bilan uring va kamertonning rezonatorini telefon trubkasi (mikrofon)ga yaqin keltiring. «Chastota» murvatini burab, tebranishning shunday chastotasini topingki, bunda ekranda sinusoidal tebranishlarning bir necha turg'un davri ko'rinadigan bo'lsin.

6. Ossillogramma gorizontal yo'nalishda siljimasligi uchun «Sinx» tugmasini bosing. Tajribani bir necha marta takrorlang va vaqt o'tishi bilan nurning tebranish amplitudasining o'zgarishini kuzating.

7. Telefonning oldida baland ovoz bilan bir necha so'z aytib ossillogrammani kuzating.

3-topshiriq. O'zgaruvchan tok kuchlanishining ossillogrammasini kuzatish.

8. Maktab transformatorining tuzilishi va uni ulash sxemasi bilan tanishib chiqing.

9. Transformatorning ikkilamchi chulg'amiga $1000\ \Omega$ li rezistor ulang. Rezistordagi kuchlanishni tekshirish uchun uni ossillografning «Y» kirish qisqichiga ulang. Transformatorni ossillografdan uzoqroq qo'ying va uni elektr tarmog'iga qo'shishni o'qituvchi yordamida bajaring.

10. 2-topshiriqdagi ishning elektr sxemasidan diod, rezistor, kondensator va kalitni olib tashlang.

11. Transformatorning birlamchi chulg'amini $U = 36\text{--}42\text{ V}$ kuchlanishli o'zgaruvchan elektr toki manbaiga ulang. Transformatorning $4,2\text{ V}$ ikkinchi chulg'ami qisqichlarini ossillografta ulang.

12. Yuqorida keltirilgan usullardan foydalanib, ossillograf ekranida o'zgaruvchan tok ossillogrammasini hosil qiling va uni chizib oling.



Nazorat savollari

1. Ossillograf qanday ishlaydi?
2. Ossillogramma nima va u qanday hosil qilinadi?
3. Ossillograf qayerlarda ishlatiladi?

4.17. TRANSFORMATORNING FOYDALI ISH KOEFFITSIENTINI (F.I.K.) ANIQLASH

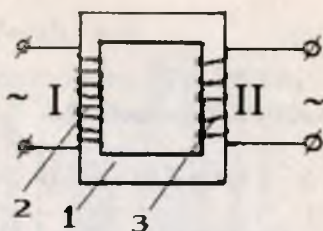
Ishning maqsadi: 1. Transformatorning tuzilishini va ishlash tartibini o'rganish. 2. Transformator FIKning ikkilamchi chulg'am zanjiridagi yuklanishga bog'liqligini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Transformator o'zaro induksiya hodisasiga asoslangan elektr asbobi bo'lib, chastotasini o'zgartirmasdan o'zgaruvchan tokni va uning kuchlanishini o'zgartirib (pasaytirib yoki kuchaytirib) beradi. Eng sodda transformator ikkita g'altakdan va elektromagnit o'zakdan iborat bo'ladi (4.17.1-rasm). Transformatorning tok manbaiga ulanadigan g'altagini birlamchi chulg'am (g'altak), iste'molchiga ulanadigan g'altagini ikkilamchi chulg'am deb ataladi.

O'zgaruvchan tok transformatorining birlamchi chulg'amidan tok o'tganda shu g'altak atrofida o'zgaruvchan magnit maydon oqimi hosil bo'ladi va bu maydon, o'z navbatida, elektromagnitli o'zakda o'zgaruvchan magnit maydon oqimini hosil qiladi. Hosil bo'lgan bu o'zgaruvchan magnit maydon oqimi transformatorning ikkilamchi o'ramlarini kesib o'tib, unda induksiya EYUK hosil qiladi. Bu induksiya EYUK esa ikkilamchi chulg'am g'altagida induksion tok hosil qiladi.



4.17.1- rasm. Transformatorning sxematik tasviri.

Transformatorning birlamchi g'altagi tok manbaiga ulanib, ikkilamchi g'altagi iste'molchiga ulanmasa, transformatorning bunday ishlashiga transformatorning *salt ishlashi* yoki bo'sh yurishi deb ataladi. Transformator salt ishlagan vaqtda, birlamchi g'altakdan o'tgan juda ham kichkina tokka *salt ishlash toki* deyiladi.

Transformatorlarda magnit maydon oqimining sochilishini, po'lat o'zakda bo'luvchi *fuko toklarini*, g'altakdan tok o'tganda o'tkazgichning qizib energiyaning behuda sarf bo'lishlarini hisobga olish kerak. Fuko toklari hisobiga energiyaning behuda sarf bo'lishi iste'molchilarning ortishi bilan deyarli o'zgarmaydi. G'altakda esa energiyaning behuda sarfi oshadi, chunki tok oshgandan keyin o'tkazgichlar ko'proq qiziydi. Transformatorning quvvati oshishi bilan energiyaning behuda sarfi uzatilayotgan quvvatning juda oz qismiga teng bo'ladi. Shuning uchun iste'molchi ortishi bilan transformatorning FIK ham oshadi.

Umuman olganda, transformator, elektr toki kuchlanishini o'zgartiruvchi asboblardan biri bo'lib, unda energiyaning behuda isrofi juda oz bo'ladi. Katta quvvatli takomillashgan transformatorning FIK 96—99% bo'ladi. Agar transformatorning birlamchi g'altagidagi quvvat $N_1 = I_1 U_1$ ni 100% desak, unda ikkinchi g'altakdagi iste'molchilarga uzata oladigan quvvati $N_2 = I_2 U_2$ ga teng bo'ladi. Demak, transformatorning FIK ni hisoblash formulasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\eta = (N_2 / N_1) 100\% \text{ yoki } \eta = (I_2 U_2 / I_1 U_1) 100\%.$$

Asbob-uskunalar

42/4,5 voltli transformator. Ampermetr. Voltmetr. Reostat. Kalit va o'tkazgichlar.

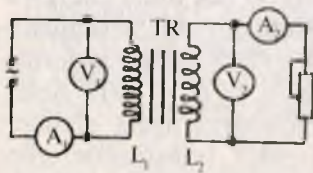
QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar o'ralgan elektromagnitli po'lat o'zak, birlamchi va ikkilamchi chulg'amlardagi tok va kuchlanishlarni mos ravishda o'lchaydigan ampermetr va voltmetrlar, iste'molchi vazifasini o'taydigan reostat hamda boshqa yordamchi aslahalardan tuzilgan. Po'lat o'zak yupqa va tez magnitlanuvchi ferromagnit material (yumshoq po'lat)dan iborat.

Yupqa po'lat plastinkalarning usti maxsus lok bilan qoplanadi va ular bir-biriga tegmaydi. Bunday usulda loklanishiga asosiy sabab uyurmaviy (Fuko) tokni kamaytirishdan iborat. Transformator konstruksiyasiga qarab, uning plastinkalari II va III shaklida tayyorlanadi. Transformatorlar bir, ikki va uch fazali bo'ladi.

Transformatorlar elektromagnit induksiya hodisasining xususiy holi, ya'ni o'zaro induksiya qonuniga muvofiq ishlaydi. Transformator birinchi marta 1878- yili P. N. Yablochkov tomonidan ixtiro etilgan bo'lib, uni I. F. Usagin takomillashtirgan.

Qurilmani ishga tushirish uchun kirishidagi kuchlanish 42 V va chiqishidagi kuchlanish 4,5 V bo'lgan o'zgaruvchan tok beruvchi asbobni laboratoriya xonasidagi 42 V elektr tarmog'iga ulanadi va asboddagi kalit qo'shiladi. Shunda signal

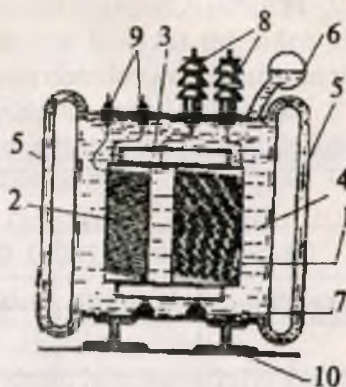


4.17.2- rasm.

lampachasi shu'lalanadi. Kalit K_1 qo'shilganidan so'ng transformatorning birinchi chulg'amidagi o'lchov asboblari tok va kuchlanishni ko'rsatadi. Ikkinchi chulg'am zanjiridagi kalit K_2 qo'shilganida esa iste'molchi olayotgan quvvatni undagi

4.17.3-rasm. Transformator-ning kesimi:

1—yuqori kuchlanishda ishlaydigan birlamchi chulg'am g'altagi; 2—past kuchlanishli ikkilamchi chulg'am g'altagi; 3—elektromagnit o'zak; 4—sovituvchi moy; 5—moy aylanishini ta'minlovchi radiator; 6—bakcha; 7—transformatorni izolsiyalovchi taglik; 8—yuqori kuchlanish ulanuvchi qisqichning chinnili izolatorlari; 9—past kuchlanish chiqaruvchi qisqichlarning izolatorlari; 10—metall taglik.



o'lchov asboblari ko'rsatadi. Qurilmaning elektr sxemasi 4.17.2- rasmda keltirilgan.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing. Elektr toki bilan ishlashning texnika xavfsizligi talablarini o'rganing. O'qituvchining savollariga javob berib, ishning elektr sxemasini yig'ishga ruxsat oling.

2. Transformatorning tuzilishini o'rganing. Transformatorning pasporti bilan tanishib, uning ikkala g'altagi uchun nominal kuchlanish va tokni aniqlang.

3. Yuqoridagilarga asosan transformatorning birlamchi va ikkilamchi g'altaklariga ulanadigan o'lchov asboblari ajratib oling.

4. 4.17.2- rasmdagi sxemani yig'ing va uni o'qituvchiga tekshirtiring.

5. Transformatorning ikkilamchi g'altagini iste'molchiga ulamasdan birlamchi g'altagini tok manbaiga ulab, ya'ni transformator salt ishlagan vaqtda o'lchov asboblari ko'rsatishlarini yozib oling.

6. Reostat jilgichini eng katta qarshilikka surib qo'yning.

7. Transformatorning ikkilamchi g'altagini iste'molchiga ulab, tokni bir tekis 10 ampergacha oshirib boring va har safar ampermetr va voltmetrning ko'rsatganlarini yozib oling.

8. Tajribada olingan natijalarga asosan η ni hisoblang va η ning I_2 ga bog'lanish grafigini millimetrli qog'ozga chizing.

9. Tajribada topilgan natijalarni quyidagi jadvalga yozing.

Ikkilamchi g'altak			Birlamchi g'altak			FIK
kuzatish		hisoblash	kuzatish		hisoblash	hisoblash
$I_2(A)$	$U_2(V)$	$N_2 = I_2 \cdot U_2$	$I_1(A)$	$U_1(V)$	N_1	η



Nazorat savollari

1. Transformatorning ishlashi qanday fizik hodisaga asoslangan?

2. Transformatorning salt ishlashi deb nimaga aytiladi?

3. Transformatorning ish vaqtida energiyaning behuda sarfi nima sababga ko'ra paydo bo'ladi?

4. Transformatorning FIK qanday hisoblab topiladi?

5. Transformator energetika va elektronika sohalarida qanday ahamiyatga ega va ularda nima maqsadda qo'llaniladi?



V BOB

OPTIKA

5.1. YORUG'LIKNING QAYTISH VA SINISH QONUNLARINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: 1. Yorug'likning shaffof muhit bilan ta'sirlashishidagi optik qonuniyatlarni o'rganish.

2. Yorug'likning qaytish va sinish burchaklarini o'lchashni o'rganish.

3. Muhitning sindirish ko'rsatgichini aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

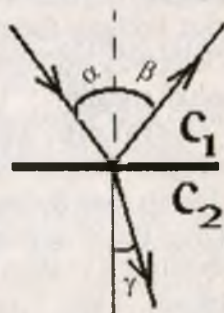
Yorug'lik nuri — elektromagnit to'lqin bo'lib, uning zararlari (fotonlar) muhit bilan ta'sirlashishi natijasida shu muhitda yutiladi, undan qaytadi va sinib o'tadi. Energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq, tushgan nurning to'liq energiyasi yutilgan W_1 , qaytgan W_2 va sinib o'tgan W_3 energiyalar yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni

$$W = W_1 + W_2 + W_3. \quad (1)$$

Yorug'lik nurining energiyasi muhit energiyasidan katta bo'lsa, u shu muhitdan osongina to'g'ri o'tadi. Muhit zararlari yorug'lik fotonlari bilan ta'sirlashishi jarayonida yorug'lik oqimiga qarshilik ko'rsatib uni qaytaradi, yutadi va yo'nalishini o'zgartirib ma'lum burchakka sinirib o'tkazadi.

Yorug'likning qaytish va sinish qonunlari geometrik optika qonunlari bo'lib, uni o'rganishda yorug'likni to'g'ri chiziqli tarqaladi deb faraz qilinadi.

Faraz qilaylik, biror ixtiyoriy mutlaqo tekis sirtga o'tkazilgan normalga nisbatan yorug'likning tushish, qaytish



5.1.1-rasm.

va sinish burchaklari aniqlanishi talab etilsin (5.1.1- rasm). Normal (sirtga o'tkazilgan tik chiziq) bilan tushgan nur o'rta-sidagi α burchakni— tushish burchagi; normal bilan qaytgan nur orasidagi β burchakni — qaytish burchagi; normal bilan singan nur orasidagi γ burchakni — sinish burchagi deyiladi.

Yorug'lik nurining tushgan burchagi har doim uning ikki muhit chegarasidan qaytgan burchagiga teng bo'ladi, $\alpha = \beta$.

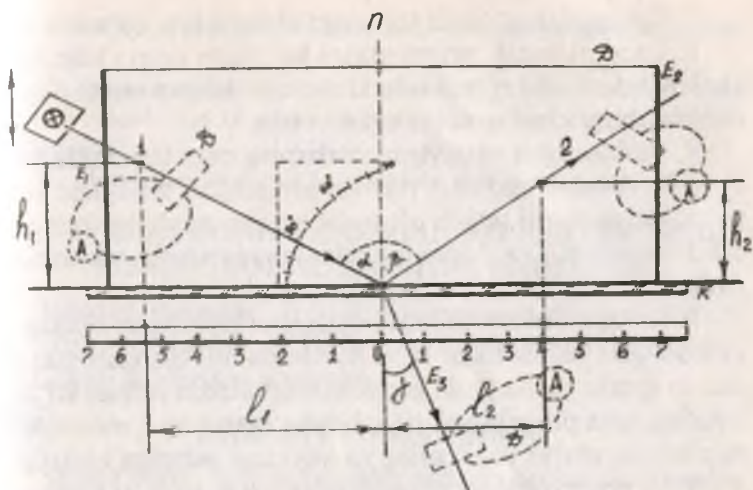
Yorug'lik nuri muhitga limit burchagi ostida tushganida to'la ichki qaytish hodisasi kuzatiladi. Bu hodisa optik tolali axborot uzatish va qabul qilish sistemalarida keng qo'llaniladi.

Yorug'likning qaytish va sinish qonunlari kundalik turmushdagi hodisalardan tortib to murakkab avtomatik boshqarish sistemalarida, mashinasozlikda, aviatsiyada va kosmik tadqiqotlarda, tibbiyotda va h.k. joylarda o'z tatbiqini topgan. Masalan, jismlardan yorug'lik nuri qaytmasa, biz ularni ko'rmaymiz. To'la ichki qaytish qonuni asosida yaratilgan ichki (oshqozon bo'shlig'idagi) kasalliklarni kuzatishda qo'llaniladigan endoskop asbobi bunga misol bo'la oladi.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma qo'zg'almas asosga o'rnatilgan va erkin ixtiyoriy balandlikka va burchakka rostlanadigan kogerent yorug'lik manbai — minilazer qurilmasi, nurni qaytaruvchi ko'zgu, o'tkazuvchi shaffof shisha plastinkalar, linzalar hamda tushgan, qaytgan va o'tgan (singan) nur yoritilganligini yoki hosil bo'lgan fototokni o'lchovchi asboblari, burchaklarni o'lchashda qo'llaniluvchi transportir hamda chizg'ichdan tashkil topgan.

Eslatma. Ishni soddaroq usullarda bajarilsa, tushgan, qaytgan, singan hamda moddada yutilgan energiyalarni o'lchash shart bo'lmaydi. Minilazer qurilmasini ishga tushirish uchun uni o'zgarmas tok manbaiga ulanadi. Shunda lazer asbobining chiqish kanalidan ingichka qizil rangdagi nur chiqadi. Lazer nurini ma'lum burchak ostida gorizontall tekislikda yotgan ko'zgu sirtiga yo'naltiriladi. Shunda nur ko'zgudan qaytadi.



5.1.2- rasm. Qurilmaning sxematik tasviri.

Asbob-uskunalar

Monoxromatik kogerent yorug'lik manbai—lazer qurilmasi. Shaffof shisha plastinkalar. Ko'zgu. Linzalar to'plami.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishini yo'riqnomasini o'qib o'rganing, ishga kerakli asbob va aslahalarning mavjudligini aniqlang. O'qituvchining nazorat savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

Eslatma. Lazer nuridan ko'zingizni ehtiyot qiling! Ko'z qorachig'i va pardasi jarohat olishi mumkin!

2. Lazer qurilmasini o'zgarmas tok manbaiga kalit orqali qo'shing. Shunda lazer qurilmasi kanalidan qizil rangdagi ingichka nur chiqadi.

3. Ko'zguning gorizontalligini «shayton» asbobi yordamida tekshiring, keyin lazer nurini ma'lum (30° , 45° , 70°) burchak ostida gorizont tekislikda yotgan ko'zgu sirtiga yo'naltiring.

4. Ko'zguning sirtiga fenoplast yoki yog'ochdan yasalgan, turg'un va vertikal tura oladigan, oq rangdagi taxtani unga lazer nuri tegmaydigan qilib joylashtiring.

5. Ko'zgudan o'zingiz tomonga chizg'ichni joylashtiring.
 6. Lazerni yoqib, uning nurini ko'zguga noma'lum burchak ostida shunday tushiringki, uning tushgan nuqtasi qarshisida chizg'ichning nol nuqtasi yotsin.

7. Tushayotgan va qaytgan nurlarning orqa tomonida (nur chap tomondan tushadi) vertikal joylashgan fenoplast yoki taxta sirtiga nurni teshib o'tuvchi ignani sanching (qarang: 5.1.2-rasmdagi 1 va 2 qora nuqtalar igna sanchilgan fenoplast sirtiga va nur oqimiga perpendikular joylashadi).

8. Ko'zgu sirtidan to sanchilgan igna joylashgan nuqtaga cha bo'lgan balandliklar h_1 va h_2 hamda nur tushgan nuqtadan to ignalargacha (yoki gorizontaal tekislikda yotgan ko'zgu sirtidagi igna proyeksiyalarigacha) bo'lgan l_1 va l_2 masofalarini o'lchab, ularni yozib oling va quyidagi jadvalga kiriting.

9. Uchburchaklar o'xshashligidan $\sin \alpha$ va α ni toping.

O'lchash tartibi	h_1	h_2	l_1	l_2	α	$\sin \alpha$	$\pm \Delta \alpha$
1.							
2.							
3.							

Eslatma. O'lchashlar kamida uch marta o'tkaziladi.

10. Ko'zguning sirtiga transportirni joylashtirib, hisoblab topilgan tushish va qaytish burchaklarining to'g'riligini tekshiring.

11. Tajribaning nisbiy xatoligini hisoblang.

12. O'tkazilgan tajribadan xulosa chiqaring.

13. Nur yo'lida ko'zgu o'rniga shisha plastinka joylashtirib, igna sanchish yo'li bilan sinish qonunini o'rganish, sinish burchagini aniqlash ham mumkin.



Nazorat savollari

1. Yorug'lik nuri nima?
2. Yorug'lik nurining tushish burchagi qaytish burchagidan nimaga katta bo'la olmaydi?
3. Nurning tushish va sinish burchaklari qanday usullar bilan aniqlanishi mumkin hamda bu qonuniyat qanday optik asboblarda qo'llaniladi?

4. Ko'zgu qanday nurni qaytaradi? Ko'zgular qayerlarda ishlatiladi?

5. Nurning sinish qonunini tushuntiring. Nur nima sababdan optik jismlarda har xil sinadi va bunda uning burchagi nega bir xil bo'lmaydi?

6. Muhitning sindirish ko'rsatkichi deb nimaga aytiladi?

5.2. SHISHANING SINDIRISH KO'RSATKICHINI MIKROSKOP YORDAMIDA ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Mikroskopning tuzilishini va uni ishlatishni o'rganish. 2. Shisha plastinkaning sindirish ko'rsatkichini aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Shisha optik, texnik va oddiy turlarga bo'linadi. Shuning uchun shishaning yorug'lik nurini o'tkazish xususiyati turlicha. Nurni eng yaxshi o'tkazadigan va ortiqcha qo'shimchalardan tozalangan shishadan optik asboblari yasaladi. Shunday asboblarga linzalar, lupa, ko'zoynak shishasi misol bo'la oladi. Linzalar ko'zoynak, lupa, durbin (binokl), ko'rish trubasi, teleskop va mikroskopda keng qo'llaniladi.

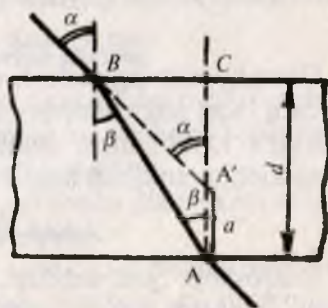
Shisha plastinka ichida nur sinib, o'z yo'nalishini, ko'zga juda aniq ko'rinmasa-da, o'zgartiradi. Demak, nur shisha plastinkadan o'tish jarayonida sinib o'tadi (5.2.1- rasm).

Ma'lumki, nurning tushish burchagi sinusining o'tgan nur sinus burchagiga nisbati bilan ifodalanadigan kattalikni *muhitning sindirish ko'rsatkichi* deyiladi va quyidagicha yoziladi:

$$n = \sin \alpha / \sin \gamma, \quad (1)$$

bunda α va γ — tushgan nurning tushish va singan nurning sinish burchaklari.

Faraz qilaylik, d qalinlikdagi shisha plastinkaning B nuqtasiga nur biror α burchak ostida tushayotgan bo'lsin. Shu



5.2.1-rasm.

shisha plastinka sirtidagi B nuqtaga va nurning sinib shisha plastinkadan chiqqan A nuqtasiga normal (vertikal tik chiziq) o'tkazamiz. Shunda tushgan va singan nurlar bilan normal o'rtasida burchaklar hosil bo'ladi. Mikroskop stolchasiga qo'yilgan birinchi shisha plastinka ustida birorta belgi (chiziq, nuqta) qo'yiladi va shu belgining mikroskopda aniq tasviri hosil qilinadi. So'ngra ikkinchi shisha plastinka birinchi plastinka ustiga jips joylashtiriladi va yana qaytadan birinchi shisha plastinkadagi belgining aniq tasviri mikroskopda hosil qilinadi. Shunda mikroskopda A nuqta biror A' nuqttagacha ko'tarilganday bo'lib ko'rinadi. Natijada A nuqta A' nuqtaga cha bo'lgan a masofaga, ya'ni AA' ga siljiydi. Bunda ABC uchburchakdan BC topiladi:

$$BC = AC \operatorname{tg} \beta = d \operatorname{tg} \beta. \quad (2)$$

Xuddi shunday, mos ravishda, ABC uchburchagidan quyidagini yozish mumkin:

$$BC = (d - a) \operatorname{tg} \alpha$$

$$\text{yoki} \quad \operatorname{tg} \beta = (d - a) \operatorname{tg} \alpha. \quad (3)$$

(2) va (3) tenglamalarni birgalikda yechib, undan nurning tushish va sinish burchaklari nisbati topiladi, ya'ni

$$\operatorname{tg} \alpha / \operatorname{tg} \beta = d / (d - a). \quad (4)$$

Trigonometriyadan ma'lumki, burchaklar kichik bo'lganida burchaklar tangenslari nisbatini shu burchaklar sinuslari nisbati bilan almashtirish mumkin. Unda, yuqoridagi (4) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$\sin \alpha / \sin \beta = n = d / (d - a). \quad (5)$$

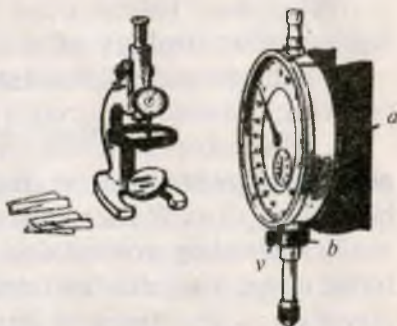
Demak, nurning tushish va sinish burchaklarini o'lchamasdan, faqat mikroskop yordamida shishaning d va a qalinliklarini o'lchash bilan chegaralanib, shishaning sindirish ko'rsatkichini aniqlash mumkin.

Asbob-uskunalar

Mikroskop. Soat turidagi, yuqori aniqlikdagi, indikator asbobi. Indikator qo'ndiriladigan po'latdan yasalgan moslama. Bir tomoni chizilgan yupqa shisha plastinka. Sirti tekis, toza va tirnalmagan har xil qalinlikdagi shisha plastinkalar. Stol lampasi.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma MU rusumli mikroskop (okulyari 7X va 15X, obyektivi 8X va 40X), indikator asbobi, yorug'lik manbai, shisha plastinkalar va boshqa yordamchi aslahalardan tashkil topgan. Ishni bajarish uchun mikroskop o'quvchi stoliga joylashtiriladi. So'ngra unga qo'lda po'lat plastinkadan yasalgan moslama o'rnatiladi. Moslamaga, o'z navbatida indikator qo'ndiriladi. Keyin mikroskop



5.2.2- rasm. Ish qurilmasining umumiy ko'rinishi.

roskop tubusiga moslama kiygiziladi. Moslamaning uzunligi 40 mm bo'lib, u tubus uzunligidan ancha kichik. Bu esa predmet (namuna) stolchasining har tomonga harakatlanishiga xalaqit bermaydi. Elastikligi yuqori bo'lgan va mikroskop tubusiga kiygiziladigan moslamaning ichki sirtiga mato yelimlab yopishtirilgan bo'lganligidan tubusni tirnamaydi (5.2.2- rasm). Mikroskop stolchasi ustiga biror belgi (tirnalgan chiziq yoki nuqta) chizilgan shisha plastinka o'rnatilib belgining aniq ko'rinishi hosil qilinadi.

So'ngra ikkinchi plastinka tirnalgan plastinka ustiga qo'yiladi va belgining mikroskopda aniq tasviri hosil qilinadi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing. Ishga kerakli asbob-uskunalarining mavjudligini tekshiring va o'qituvchidan ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Berilgan (variant bo'yicha) shisha plastinkaning qalinligini mikrometr yordamida o'lchang.

3. Indikatorni mikroskop tubusiga moslama yordamida o'rnatib va uning o'lchagich sterjenchasi uchining mikroskop stolchasidagi shisha plastinkaga siljimasdan tegib turishini ta'minlang.

4. Indikatorning kichik milini nolga keltiring. So'ngra uning katta milini indikator gardishini burab nolga keltiring.

E s l a t m a . Indikatorning kichik mili millimetrni, katta mili esa millimetrning yuzdan bir bo'laklarini ko'rsatadi.

5. Indikatorning o'lchash sterjeni uchini asta-sekin eng yuqoriga, mikroskop murvatlaridan foydalanib ko'taring.

6. Mikroskop stolchasi sirtiga belgi chizilgan shisha plastinkani joylashtiring va undagi belgining aniq tasvirini hosil qiling va indikator milining ko'rsatganini yozib oling.

7. Mikroskop stolchasidagi belgi qo'yilgan shisha plastinka ustiga sindirish ko'rsatkichi aniqlanadigan shisha plastinkani joylashtiring va ikkinchi shisha plastinka orqali kuzatishni davom ettirgan holda birinchi plastinka ustidagi belgi (chiziq)ning aniq tasvirini hosil qiling hamda indikator ko'rsatishini yozib oling.

8. Ikkala kuzatishlarda aniqlangan natijalar ayirmasidan mikroskop tubusining ko'tarilish balandligi a ni toping.

9. Aniqlangan natijalar asosida shishaning sindirish ko'rsatkichini hisoblab toping.



Nazorat savollari

1. Yorug'lik nurining sinish qonuni nima va uni qanday formula bilan ifodalanadi?

2. Nur nima uchun shaffof jismlardan sinib o'tadi?

3. Optik jismlarning sindirish ko'rsatkichi nima uchun har xil bo'ladi?

4. Absolut va nisbiy sindirish ko'rsatkichlari nima? Ularning ma'nosini tushuntiring.

5. Mikroskop yordamida shishaning sindirish ko'rsatkichi qanday aniqlanadi?

6. Yorug'lik nurining sinish qonuni qayerlarda qo'llaniladi?

5.3. LINZANING FOKUS MASOFASINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Yig'uvchi va sochuvchi linzalarning fokus masofalarini aniqlashni o'rganish. 2. Linzalarda tasvir yasashni o'rganish. 3. Linzaning optik kuchini aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Optik elementlarga yorug'lik nurini yaxshi o'tkazadigan shaffof linzalar, shisha plastinkalar, prizmalar, ko'zgular kiradi.

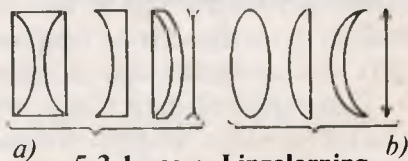
Ayrim optik asboblarda bir necha linza, plastinka, prizma va boshqalar qo'llanilsa, ayrimlarida bittagina linza qo'llaniladi. Masalan, lupa — bir linzali optik asbob.

Optik asboblardan yig'uvchi va sochuvchi linzalarni qarab chiqamiz. Ikki sferik sirt bilan chegaralangan shaffof jismga linza deyiladi. Linzalar botiq, qavariq, bir tomoni yassi va ikkinchi sirti qavariq yoki botiq geometrik shaklda bo'ladi (5.3.1-rasm). Linzalarning kesimlari va shartli belgilanishlari 5.3.1-*a*, *b* rasmlarda keltirilgan. Linzaning sirtiga tushgan nur sinadi, faqat uning optik o'qi bo'ylab tushgani linzadan to'g'ri o'tib ketadi. Chizmada linzaning optik o'qini OO' deb belgilangan.

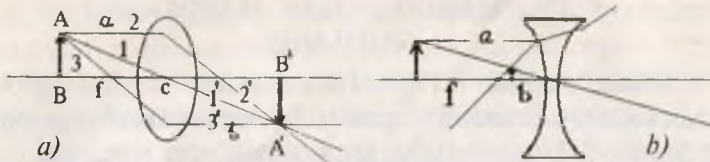
Yorug'lik manbaidan chiqqan nurlar linzadan keyin kesishgan nuqtada shu manbaning tasvirini hosil qiladi (5.3.2-*a* va *b* rasmlar).

Linzadan o'tgan nurlar o'zaro kesishmasa, shu nurlarning teskari yo'nalishdagi davomlari o'zaro kesishadigan (uzlukli chiziq) nuqtasida (O' va F') mavhum tasvir hosil bo'ladi (5.3.2-*a* va *b* rasmlar).

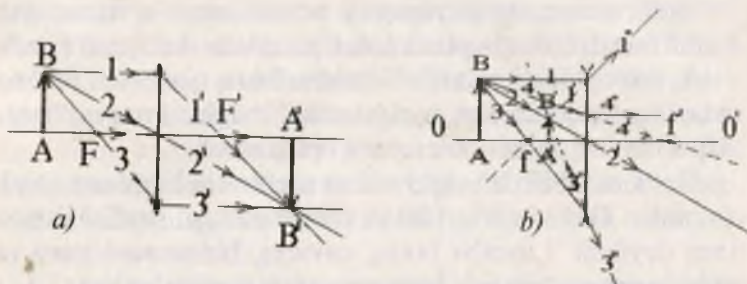
Linzada haqiqiy yoki mavhum tasviriar shunday holatda hosil bo'ladi: *a*) qavariq linzaga tushishda bir nuqtadan chiqqan va har xil uzunlikdagi yo'llarni o'tgandan so'ng o'zaro kesishadigan nuqtada haqiqiy tasvir paydo bo'ladi (5.3.3- *a* rasm); *b*) botiq linzaga tushishda bir nuqtadan chiqqan va linzadan o'tgandan so'ng sochilgan



5.3.1-rasm. Linzalarning sxematik tasviri.



5.3.2- rasm. Qavariq va botiq linzalar yordamida tasvir yasash.



5.3.3- rasm. Linzaning shartli belgilarida tasvir yasash usullari: a) yig'uvchi linzada tasvir yasash; b) sochuvchi linzada tasvir yasash.

nurlarning mavhum yoki qaytgan nur davomining o'zaro kesishadigan nuqtalarida mavhum tasvir paydo bo'ladi (5.3.3- b rasm).

Linzaning eng qalin (qavariq) joyining qalinligi linzadan keyin tasvir hosil bo'ladigan nuqttagacha bo'lgan masofadan juda kichik bo'lgan linzalarni *yupqa linzalar* deyiladi. Linzalar yordamida tasvir yasash orqali linzaning fokusini aniqlash mumkin. Linzaning ayrim kattaliklari berilsa, uning fokus masofasini linza formulasi yordamida hisoblanadi, ya'ni:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b},$$

bunda: F' — linzaning fokus masofasi; a — buyumdan to linzaning markazigacha bo'lgan masofa; b — linzaning markazidan to tasvirgacha bo'lgan masofa. $1/F' = D$ — linzaning optik kuchini ifodalaydi.

Linzaning bosh optik o'qida yotuvchi va uning chap hamda o'ng tomonlarida, shu optik o'qiga parallel bo'lib tushgan nurlarning linzadan o'tib o'zaro kesishadigan nuqtalarini linzaning oldingi va orqa fokuslari deyiladi (5.3.3- rasmga qarang).

Buyumdan linzaga tushayotgan uchta nurni qarab chiqamiz. 5.3.3-*a, b* rasmda 1 nur linzaning bosh optik o'qiga parallel, linzadan o'tgandan so'ng sinib, uning o'ng tomonidagi F' fokusida yig'iladi. 2 nur linzaning bosh optik o'qi bo'ylab to'g'ri o'tadi, sinmaydi. 3 nur esa linzaning oldingi F fokus nuqtasidan o'tib, linzaga tushadi va undan sinib o'tib, bosh optik o'qqa parallel bo'lib ketadi.

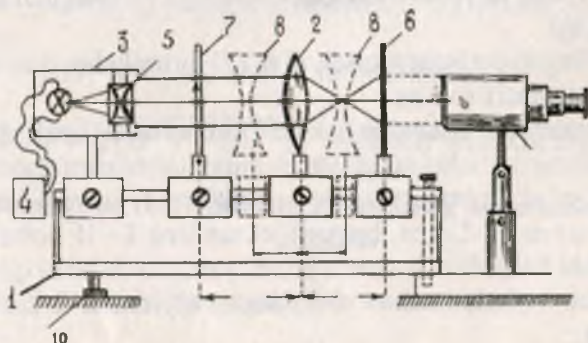
Demak, tasvir bir nuqtadan chiqqan nurlar va har xil yo'llar bilan linzadan o'tgandan so'ng (yoki davomlarining) o'zaro kesishadigan nuqtasida haqiqiy (yoki mavhum) bo'lar ekan.

Asbob-uskunalar

Optik taglik (optik asboblarni tutib turuvchi to'g'ri chiziqli tor tekis yuzali qo'sh metall taxta). Linza, prizma, ko'zgu va sh.k. o'rnatiladigan tayanchlar. Yoritkich (yorug'lik manbai). Tok manbai. Yorug'lik kondensori. Ekran yoki ko'rish trubasi (durbin). Buyum (tik chizilgan qora strelka). Linzalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Optik taglikda (yuqorida asbob-uskunalarda ko'rsatilgan) ishni bajarishga mo'ljallangan asboblarni gorizontal o'qda o'rnatiladi va yoritkich elektr tarmog'iga ulanadi. Shunda yorug'lik oqimi



5.3.4- rasm. Qurilmaning sxematik tasviri:

- 1— optik taglik, 2—linza, 3—yorug'lik manbaining himoya qutisi, 4—tok manbai, 5—kondensor, 6—ekran (yoki durbin), 7—buyum o'rnatiladigan tayanch, 8—botiq linzalar, 9—reyter, 10—optik taglikning gorizontalligini rostlovchi vint.

kondensor (5), buyum (7) orqali o'tib, linza (2) ga tushadi. Buyumning xira (noaniq) soyasi ekran (6) yoki ko'rish trubasi (6') (durbin)da paydo bo'ladi. Optik taglikda o'rnatilgan asboblarni siljitish yo'li bilan ekran (ko'rish trubasi)da buyumning aniq tasviri hosil qilinadi va turli xil o'lchovlar o'tkaziladi (5.3.4-rasm).



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va ishni bajarishga zarur asboblarning mavjudligini aniqlang. O'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling va yoritkichni qo'shing.

1 - topshiriq. Yig'uvchi linza fokus masofasini aniqlash.

2. Ko'rish trubasi (6') bilan yoritkich (3) o'rtasiga yig'uvchi linza (2) ni joylashtiring va yoritkichni elektr manbaiga qo'shib, linzani siljitgan holda ko'rish trubasida buyumning aniq tasvirini hosil qiling.

3. Buyumdan to linzaning markazigacha hamda linza markazidan tasvirigacha bo'lgan (optik taglik bo'yicha) masofalarni o'lchang va yozib oling (bu o'lchashni kamida uch marta takrorlang).

4. Olingan natijalar asosida F_1 ni (1) formuladan (linzaning fokus masofasi) toping.

5. Linzani 180° aylantirib (ikkinchi tomoni bilan) optik taglikka joylashtiring va ishning 2- va 3- band talablarini qaytadan bajaring, ya'ni F_2 o'rtani aniqlang va natijalarni 1- jadvalga kiriting.

Eslatma. Linza, buyum, ekraning I—II holatidagi o'lchashni kamida uch marta buzib, yana tasvir hosil qilinadi va har bir holatlar uchun aniqlangan qiymatlar 1-jadvalga kiritiladi.

6. $F_1 = (F_1 + F_2)/2$ dan linzaning fokus masofasini hisoblang. Ekranida buyum tasviri aniq ko'rinadigan bo'lganiga qadar linza bilan ekranni mos ravishda optik taglik bo'ylab chap yoki o'ng (aralash) tomonlarga siljiting.

7. Buyumning aniq tasviri hosil qilingan holatda asbob-

larni reyter yordamida qo'zg'almas qilib mahkamlang va ular orasidagi masofalarni chizg'ich yordamida aniq o'lchab oling va natijalarni I-jadvalga kiriting.

I - j a d v a l

O'lchash tartibi	Linzaning fokus masofasi, F , m	Linzadan tasvirga cha bo'lgan masofa, b , m	Linzadan buyumga cha bo'lgan masofa, a , m	Absolut xatolik, $\pm \Delta F$	Nisbiy xatolik, %	Eslatma
I holatdagi o'lchashlar						a va b linzaning o'qiga nisbatan o'lchana-digan masofalar
1						
2						
3						
II holatdagi o'lchashlar						
1						
2						
3						

8. Buyum, linza, ekran o'rinlarini o'zgartirib II holat uchun yuqoridagi holat o'lchashlarini takrorlang va F'' ni toping.

9. $F = (F' + F'')/2$ dan F ni hisoblang.

10. $\Delta F = \sqrt{(\Delta F')^2 + (\Delta F'')^2}$ ifodadan xatolikni hisoblang.

2 - topshiriq. Sochuvchi linzaning fokus masofasini aniqlash

11. Yig'uvchi linza yordamida ekranda aniq tasvir hosil qiling.

12. Linza bilan ekran oralig'idagi « b » masofani o'lchang.

13. Ekranni optik taglikdan oling va yig'uvchi linza bilan ko'rish trubasi o'rtasiga sochuvchi linzani joylashtiring.

14. Sochuvchi linzani shunday siljitingki, ko'rish trubasi-da buyum tasviri aniq ko'rinsin.

15. Yig'uvchi va sochuvchi linzalar orasidagi masofa d ni o'lchang, natijani 2- jadvalga kiriting.

2- jadval

O'lchash tartibi	Qavariq linzadan tasvirgacha bo'lgan masofa, b, m	Botiq linza bilan qavariq linza orasidagi masofa, d, m	Qavariq linzadan buyumgacha bo'lgan masofa, a, m	Botiq linza-ning fokus masofasi, f, m	Absolut xatolik, $\pm \Delta f$	Nisbiy xatolik, %
1						
2						
3						

Eslatma. Tajribaning har biri kamida uch martadan o'tkaziladi.

16. $f = a - d$ va $\Delta f = \sqrt{(\Delta b)^2 + (\Delta d)^2}$ ifodalar asosida f va Δf ni hisoblang va jadvalga kiriting.

3- topshiriq. Yig'uvchi va sochuvchi linzalarning fokus masofalari o'rnini aniqlash.

17. Yig'uvchi linzalarni juda yaqin joylashtiring va ularning markazlari orasidagi masofani ($a_2 = d = d'$ ni) o'lchang.

18. Linzalarning har birini ko'rish trubasi obyektivi oldiga joylashtiring va yoritkichni optik taglik bo'ylab siljitib, buyumning aniq tasvirini durbinda hosil qiling.

19. Yig'uvchi linza bilan buyum o'rtasidagi masofani (a_1) o'lchang (tajriba kamida uch marta takrorlanadi). Natijalarni 3- jadvalga kiriting.

3- jadval

O'lchash tartibi	a_1, m	Δa_1	a_2, m	Δa_2	Δd_1	$\Delta d'_1$	$\Delta d'_2$	Δf_1	$\Delta f'_1$
1									
2									
3									

20. Linzalarni 180° ag'darib (ikkinchi tomonlari bilan) joylashtiring va ishning 18—20- bandlarining tartib-talablarini takroran bajarib, a_1 va a_2 ni aniqlang.

21. Yig'uvchi va sochuvchi linzalar tizimi uchun millimetrli qog'ozda natijalarga tayangan holda va ixtiyoriy masshtabda tasvir yasang. Tajriba va grafik usuli bilan topilgan natijalarni solishtiring. (Bu grafikdan a_1 va a_2 hamda f_1 va f_1' aniqlanadi.)

22. O'tkazilgan 1, 2, 3- topshiriqlarga muvofiq tajribalardan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Linza deb nimaga aytiladi va ular necha xil bo'ladi?
2. Linzalar yordamida buyum tasviri qanday hosil qilinadi?
3. Linza formulasini yozing (yupqa linza uchun).
4. Linzalar qanday optik asboblarda qo'llaniladi?

5.4. YORITILGANLIKNI FOTODATCHIK YORDAMIDA O'RGANISH

Ishning maqsadi: 1. Fototok kattaligining yuza yoritilganligiga bog'liqligini o'rganish. 2. Yoritilganlik darajasining yorug'lik tushish burchagiga va masofaga bog'liqligini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Yorug'lik oqimi fotonlardan iborat bo'lib, ular modda va materiallar bilan ta'sirlashuvida ularda turli xil fizik-kimyoviy o'zgarishlarni sodir qiladi. Yorug'lik fotoqog'ozni qoraytiradi, o'simliklar dunyosida fotosintez bo'ladi, moddalarda yutiladi, ulardan qaytadi va o'tadi, yutilgan yorug'lik energiyasi hisobiga moddaning ichki energiyasi ortadi va sh.k. qaytmas jarayonlar sodir bo'ladi.

Yorug'lik datchik (fotoelement)ga tushganida unda fotoeffekt hodisasi hisobiga zanjirda fototok paydo bo'ladi. Fototokning kattaligi fotoelement materialiga, uning yoritilgan yuzasiga, yuzaning yoritilganlik darajasiga, yorug'lik nurining chastotasiga va yorug'lik manbai bilan fotodatchik orasidagi masofaga hamda yorug'likning tushish burchagiga bog'liq bo'ladi. Yorug'lik manbaidan fotodatchik uzoqlashgan sayin

yuzaning yoritilganlik darajasi kamayib boradi va u quyidagi qonun bilan ifodalanadi, ya'ni

$$E \sim \frac{1}{r^2} \cos \alpha.$$

Chunki yorug'lik to'qlini energiyasining zichligi, ya'ni hajm birligidagi energiya miqdori ham masofaning kvadratiga teskari proporsional bo'lganligi uchun kamayib boradi. Demak, fotodatchikka yetib borgan fotonlar soni kamayib boradi. Shunga mos ravishda fotodatchikda paydo bo'ladigan fototok ham kamayadi va aksincha.

Demak, yorug'lik manbaidan har xil uzoqliklarda fotodatchikni joylashtirib, unga tushayotgan fotonlar uyg'otgan fototok kattaligini aniqlash mumkin.

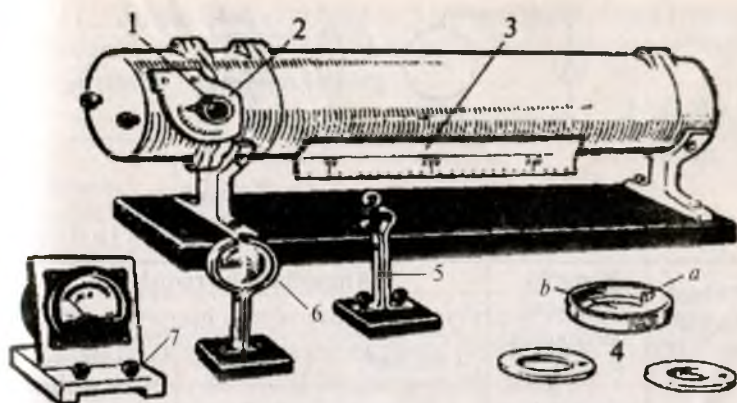
Asbob-uskunalar

Yoritilganlik qonuni o'rganiladigan asbob. Mikroampermetr (50—150 μ A). O'zgarmas tok manbai ($U=3-6$ V). Reostat. Yig'uvchi linza. Elektr lampachasi (ishchi kuchlanishi $U=3,5$ V). Chizg'ich (30 sm). Fotodatchik burchagini o'zgartirish mexanizmi. Kalit va ulovchi simlar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Yoritilganlik qonunini o'rganishga mo'ljallangan asbob sharnirli o'zaro birlashtirilgan ikkita yarim silindrdan iborat bo'lib, uning ostki tomonidan kiritilgan tayanch ustunchalaridagi linza va elektr lampachasi uning ichida harakatlana oladigan qilib joylashtirilgan. Silindrning ichki sirti qora rangga bo'yalgan, qopqoqchasi 90° burchakkacha ochiladi. Trubaning ikki boshiga tayanch ustunchalar, burchakni o'zgartirish mexanizmi, uning ichki qismiga fotodatchik va sirtiga hosil bo'lgan fototokni chiqarish qisqichlari joylashtirilgan. Qurilmaning tayanch stolchasiga metall chizg'ich va chegaralash to'sig'i o'rnatilgan (5.4.1-rasm).

Qurilmaning ichki bo'shlig'iga yig'uvchi linza (6) va elektr lampachasi (5) joylashtiriladi va lampa (3—5 V) elektr tarmog'iga kalit orqali ulanganida fotodatchikka ulangan



5.4.1-rasm. Qurilmaning umumiy ko'rinishi.

1—burchakni rostlash mexanizmi; 2—darajalangan taxtacha;
3— chizg'ich; 4—fotodatchik qutichasi; 5—elektr lampachasi
o'rnatiladigan tayanch; 6—linza tayanchi; 7—mikroampermetr.

mikroampermetr (7) ma'lum tokni yoritilganlikka va masofaga mos ravishda ko'rsatadi. Zanjirda lampaning ishchi kuchlanishini yoki masofani o'zgartirib, turli xil toklarni hosil qilinadi.

Tajribada aniqlangan natijalar asosida millimetrli qog'ozda jarayonning grafigi chizilishi bilan ish tugallanadi.

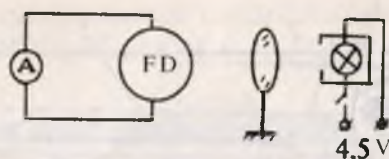


Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va ishga zarur bo'lgan asboblarning mavjudligini tekshiring hamda o'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Berilgan elektr sxemani (5.4.2-rasm) yig'ing va o'qituvchi (yoki laborantga) tekshirtiring.

3. Elektr kalitni qo'shing va elektr lampasini fotodatchik (FD)dan aniq biror masofadagi uzoqlikda joylashtiring hamda fotodatchik sirtining yorug'likka tik bo'lishini ta'minlang.



5.4.2-rasm. Qurilmaning elektr sxemasi.

I - j a d v a l

O'lchash tartibi	Yorug'lik o'tuvchi darchaning yuzi, S, m^2	Ampermetr ko'rsatishi		
		I o'lchash	II o'lchash	III o'lchash
1				
2				
3				

E s l a t m a. I - jadvalga uch xil kuchlanish va uch xil diafragma ($9; 6$ va 3 sm^2 yuzali)ga mos keluvchi fototok qiymatlari kiritiladi.

4. Linza bilan lampacha oralig'idagi masofani tanlab, yorug'lik nurining parallelligini ta'minlang.

5. Fotodatchik oldini shisha (9 sm^2) bilan to'sing. Bunda diafragmani tutib turuvchi moslamadan foydalaning.

6. Yorug'lik ravshanligini orttirib, ishchi kuchlanishini ko'paytirish orqali, ampermetrning ko'rsatishini maksimumga keltiring.

7. Yuzasi 6 sm^2 (nur o'tkazadigan yuza) bo'lgan diafragmani va keyin 3 sm^2 yuzali diafragmani qo'yib, ampermetrning ko'rsatishlarini yozib oling va I-jadvalga kiriting.

8. Kuchlanishni kamaytirib, ampermetrning ko'rsatishini $75 \cdot 10^{-6} \text{ A}$ ga keltiring va 8-banddagi o'lchashni takrorlang. Natijani I-jadvalga kiriting.

9. Kuchlanishni yana kamaytirib, ampermetrning ko'rsatishini $50 \cdot 10^{-6} \text{ A}$ ga keltiring va 8-banddagi o'lchashni takrorlang.

10. Qurilma ichidagi linza va diafragmalarni tashqariga chiqaring va lampani eng yaqin masofaga joylashtiring, shunda ampermetrning 10^{-4} A ko'rsatishiga mos kuchlanishni aniqlang.

11. Lampani fotodatchikdan 5 sm uzoqlashtirilgan hamma holatlarda (9; 6 va 3 sm² yuzalar uchun) ampermetrning ko'rsatishini 2-jadvalga kiriting.

2 - j a d v a l

O'lchash tartibi	Fotodatchikdan lampagacha bo'lgan masofa L , m	Ampermetr ko'rsatishi I , A	Yoritilganlik E , lx

12. Lampani qurilmaning biror o'rta qismiga o'rnatish va burchakni o'zgartirish mexanizmi yordamida har xil burchaklarga mos keluvchi toklarni yozib oling va $E = E_0 \cos \alpha$ asosida fototokni hisoblang hamda 3-jadvalga kiriting.

3 - j a d v a l

O'lchash tartibi	Burchak kattaligi	Ampermetr ko'rsatishi $I = I_0 10^{-6}$	$\cos \alpha$ qiymati	Hisoblangan yoritilganlik $E = E_0 \cos \alpha$	$\pm \Delta E$

13. 1, 2, 3- jadvallardagi ma'lumotlar asosida millimetrlı qog'ozda $E = f(S)$, $E = f(r)$ va $E = f(\alpha)$ bog'lanish grafiklarini chizing.

14. O'lchashning absolut va nisbiy xatoliklarini hisoblang.

16. Tajribadan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Fotoeffekt hodisasi deb nimaga aytiladi?
2. Yoritilganlik deb nimaga aytiladi va u qanday birlikda o'lchanadi?
3. Yoritilganlik qanday kattaliklarga bog'liq bo'ladi?
4. Yoritilganlikni nima uchun o'rganamiz?

5.5. FOTOEFFEKT HODISASINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: 1. Fotoeffekt hodisasini o'rganish.

2. Fototok kattaligining kuchlanishga bog'liqligini o'rganish.
3. Fototok kattaligining yorug'lik chastotasiga bog'liqligini o'rganish.
4. Metallardan fotoelektronlarning chiqish chegarasini (qizil chegara) aniqlashni o'rganish.
5. Fotoelektronlar tezligini aniqlashni o'rganish.

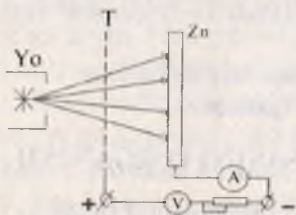


NAZARIY MUQADDIMA

Yorug'lik ta'sirida metallardan elektronlarning uzilib chiqish hodisasiga (elektron emissiya) fotoeffekt hodisasi deyiladi.

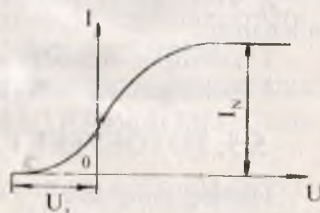
Fotoeffekt hodisasini 1887- y. nemis fizigi G. Gers kashf qilgan bo'lsa, qonuniyatlarini rus fizigi, professori A. G. Stoletov ochgan. Fotoeffekt hodisasining qonuniyatlarini A. Eynshteyn 1905- y. kvant nazariyasi asosida tushuntirgan edi. Ayrim metallar plastinkalarini yorug'lik nuri bilan nurlaganimizda ulardan elektronlarning uchib chiqishi elektr zanjirida tok paydo bo'lishiga olib keladi. A. Eynshteyn nazariyasiga muvofiq fotokatod sirtiga tushayotgan kvantlar atom elektronlari tomonidan to'liq yutiladi. Natijada elektronning atom yadrosi bilan bog'lanish energiyasi yoki erkin elektronning kristall panjaralari orasidagi tutinish energiyasi kamayadi. Elektronning erkinlik darajasi ortadi. Buning natijasida elektron to'g'ridan-to'g'ri yoki kristall panjarasi orasida to'qnashishlarga ma'lum miqdordagi energiyasini sarflab, metallni sezilarsiz qizdiradi, so'ngra juda kichik tezlikda metalldan uchib chiqadi.

Ma'lum chegaraviy to'lqin uzunligidan katta to'lqinlarda yorug'lik oqimi fotokatodga tushganida zanjirda fototok hosil bo'lmaydi. Bu eng katta to'lqin uzunligiga mos keluvchi hodisani *fotoeffektning qizil chegarasi* deyiladi.



5.5.1-rasm. Stoletov tajribasining sxemasi:

Yo—yorug'lik manbai, T—to'r, Zn—rux plastinkasi.



5.5.2-rasm. Fotoelementning volt-ampere tavsifi.

Fotoeffektning qizil chegarasi hamma metallarda bir xil emas, ular har xil to'lqin uzunligidagi yorug'likka mos keladi. Anodga manfiy, katodga musbat tok manbai qutblarini ulab, kuchlanishni o'rtirib borganimizda zanjirdagi tok ma'lum kuchlanishda nolga tenglashadi, ya'ni elektronning metallardan chiqish ishi shu elektronning kinetik energiyasiga teng bo'ladi, ya'ni

$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = eU_1. \quad (1)$$

bunda $v_{\max} = \sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$ — elektronning eng katta tezligi.

$v_{\max}$ ni aniqlash uchun elektron zaryadini va massasini jadvallardan olib, U ni tajribada o'lchab, uni hisoblash mumkin. Ikkinchi tomondan, fotoeffekt hodisasi uchun Eynshteyn formulasini yozib, so'ngra undan elektronning eng katta tezligini quyidagi shaklda ifodalash mumkin:

$$h\nu = A + \frac{mv_{\max}^2}{2}, \quad (2)$$

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2(h\nu - A)}{m}}. \quad (3)$$

Bu (3) ifodaga (1)dan topilgan $v_{\max}$ ni qo'yib, so'ng biror metallning chiqish ishini ma'lum chastota uchun hisoblash mumkin bo'ladi. Elektronning chiqish ishi o'rganilayotgan metall uchun quyidagicha ifodalanadi:

$$h\nu \leq A. \quad (4)$$

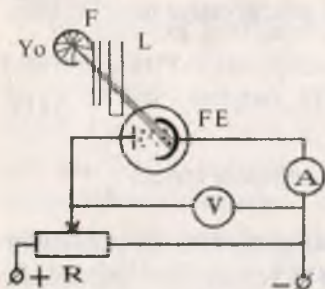
Endi (4) ifodadan Plank doimiysini hisoblab topish mumkin.

Asbob-uskunalar

Vakuumli fotoelement. Yorug'lik manbai (simob—kvarsli lampa). Tok manbai. Voltmetr va ampermetr. Yorug'lik filtrlari. Lyuksmetr. Ulovchi simlar va yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma yorug'lik manbai (simob-kvarslı lampa), fotoelement, lyuksmetr, yorug'lik filtrlari, reostat, ampermetr, voltmetr, tok manbai va boshqa yordamchi anjamlardan tashkil topgan (5.5.3-rasm).



5.5.3-rasm. Qurilmaning sxemasi:

Y₀—yorug'lik manbai; *F*—filtr qo'yiladigan joy; *L*—lyuksmetr o'rnatiladigan joy; *FE*—fotoelement; *R*—reostat; *A* va *V*—ampermetr va voltmetr.

Laboratoriya qurilmasining ishlash tartibi quyidagicha: qurilmaning elektr sxemasi yig'ilgandan so'ng, tashqi tok manbaiga elektr lampasi ulangunga qadar ampermetrning ko'rsatishi yozib olinadi. Yorug'lik oqimi fotoelementga tushganligi sababli fotoelektronlar fotokatoddan uchib chiqadi. Yorug'lik oqimini o'zgarmas tutib, kuchlanish o'ttirilganida fototok miqdori ma'lum qiymatgacha ortadi va so'ngra kuchlanishga bog'liq bo'lmay qoladi, ya'ni tokning to'yinish hodisasi o'rinli bo'ladi (5.5.2-rasm). Yorug'lik ta'sirida fotokatoddan uchib chiqqan fotoelektronlar soni (ya'ni tokning to'yinishi) fotokatodga tushayotgan yorug'lik intensivligiga to'g'ri proporsional (faqat o'rganilayotgan rangdagi nur uchun) bo'ladi. Turli xil to'lqin uzunligidagi (rangdagi) yorug'lik nurlari uchun fototokning qiymati mos ravishda har xil bo'lishi mumkin.

Shuning uchun albatta o'rganilayotgan rangdagi nurning monoxromatikligini tajribada ta'minlash shart.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganib, sxemani tahlil qilib bo'lgandan so'ng o'qituvchi savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Laboratoriya ishining elektr sxemasini yig'ing va o'qituvchi yoki laborantga tekshirtiring.

3. Qurilmadagi fotoelementga yorug'lik tushadigan tuyoqcha qopqog'ini oching va fototok kattaligini (ampermetr ko'rsatgani bo'yicha) yozib oling.

4. Tashqi tok manbaiga simob-kvarsli lampani ulang va lampa shu'lalagandan keyingi fototokni yozib oling.

5. Birorta yorug'lik filtrini yorug'lik manbai qarshisiga qo'yning.

6. Lyuksmetr bilan filtdan keyingi yoritilganlikni o'lchang va yozib oling.

7. Qurilmani tashqi o'zgarmas tok manbaiga ulang va kuchlanish nolga teng bo'lgan holatdan boshlab to ampermetrdagi tok o'zgarmasdan qolgunga qadar kuchlanishni juda oz miqdorda (0,5—1 V) orttirib borib, har safar voltmetr va ampermetrning ko'rsatishlarini yozib oling.

8. Tashqi o'zgarmas tok manбайдan olinadigan tok qutblari qisqichlaridagi ulash simlari o'rinlarini almashtirib ulang, ya'ni laboratoriya ishi qurilmasiga berilgan tok yo'nalishini o'zgartiring.

9. Ampermetrning mili nolni ko'rsatganiga qadar kuchlanishni o'zgartiring va ampermetr noliga mos keluvchi kuchlanishni yozib oling.

10. Har safar yorug'lik filtrlarini o'zgartirgandan keyin ishning 6—9- bandlarida ko'rsatilganlarni takroran bajaring.

11. Tajribada olingan natijalar asosida 5.5.2-rasmda ko'rsatilgan grafikni millimetr qog'ozida chizing.

12. Olingan natijalar asosida U_{max} ni hisoblab toping.

13. (2) va (3) formulalarga tajribada topilgan natijalarning son qiymatlarini qo'yib, undan Plank doimiysini hisoblab toping.

14. Bajarilgan ishdan xulosa chiqaring.

15. Aniqlangan natijalarning absolut va nisbiy xatoliklarini hisoblang.



Nazorat savollari

1. Fotoeffekt hodisasi nima va uning qanday qonunlari bor?
2. Ichki fotoeffekt hodisasi qanday sodir bo'ladi?
3. Fototokning to'yinishiga sabab nima?

4. Fotoeffektning qizil chegarasi hamma metallarda ham yorug'likning bir xil to'lqin uzunligida sodir bo'ladimi?
5. Tormozlovchi kuchlanish deganda nimani tushunasiz?
6. Fotoeffekt hodisasini kim va qachon kashf qilgan hamda uning qonuniyatlarini kim o'rgangan?
7. Fotoeffekt hodisasi qayerlarda qo'llaniladi?
8. Ichki fotoeffekt hodisasini kim va qachon kashf etgan? U qayerlarda qo'llaniladi?

5.6. FOTOTOK QIYMATINING FOTODATCHIK YUZASI YORITILGANLIGIGA BOG'LIQLIGINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: 1. Fototok qiymatining fotodatchik yuzasi yoritilganligiga bog'liqligini o'rganish. 2. Lyuksmetrning ishlash qonuniyatini va uni ishlatishni o'rganish.



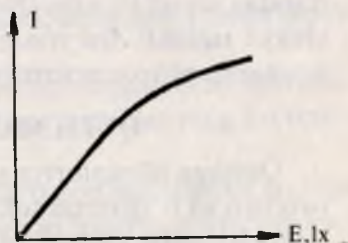
NAZARIY MUQADDIMA

Yorug'lik nuri muhit bilan ta'sirlashganida unda yutiladi va undan qaytadi hamda o'tadi. Yutilgan nur hisobiga muhit jismining temperaturasi ortadi, natijada shu jism ichki tuzilishida yoki energetik holatida, tashqaridan mutlaqo sezilmaydigan darajadagi o'zgarishlarga olib keladi. Masalan, moddaga yorug'lik nuri tushganida shu yorug'lik nurining energiyasini jismni tashkil etgan atomlarning elektronlari yutadi. Eynshteyn nazariyasiga muvofiq elektron energiyasi foton energiyasiga teng miqdorda ortadi. Bunda elektronning atomdagi bog'lanish energiyasi susayadi. Agar foton energiyasi anchagina katta bo'lsa, u holda elektronning bog'lanish energiyasi juda kamayib ketadi, natijada elektronni atom o'z orbitasida tutib tura olmaydi. Shunda elektron atomdan uzilib, o'rganilayotgan modda (metall) sirtidan fazoga uchib chiqadi, ya'ni *tashqi fotoeffekt* hodisasi yuz beradi. Ayrim turdagi metallarda yoki ularning o'ziga xos birikmalarini tashkil etgan atomlarda yutilgan yorug'lik fotoni shu atomni ionlashtiradi. Bunday holat metall yoki yarim o'tkazgichli materiallarda teshikli o'tkazuvchanlikni sodir qiladi. Natijada elektr zanjirida fototok hosil bo'ladi. Bunday hodisani *ichki fotoeffekt* hodisasi deyiladi. Bunday materiallar sirti ma'lum intensivlik va

chastotadagi yorug'lik nuri bilan yoritilganida zanjirda fototok paydo bo'ladi va fototok miqdori biror chegaragacha ortib boradi (5.6.1-rasm).

Yorug'lik manbai fotodatchikdan uzoqlashgan sayin zanjirdagi fototok kamayib boradi va $u \propto \frac{1}{r^2}$ qonuniga mos keladi. Amaliyotda zanjirda hosil bo'lgan I yoki U ni milliampermetr yoki millivoltmetr bilan o'lchash mumkin. Elektr lampasi kuchlanishini orttirib borgan holdagi, ya'ni har 5—10 V ortganidagi yorug'lik oqimining ortishi hisobiga yoritilganlikning ortishini lyuksmetr yordamida o'lchash mumkin.

Turli rangli optik shishalardan foydalanib yoritilganlik, fototok va kuchlanish o'rtasidagi bog'lanishlarni o'rganish mumkin.



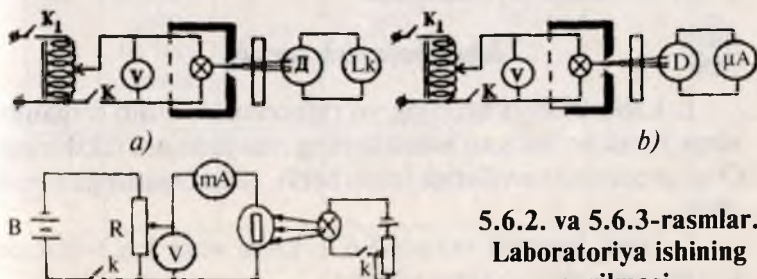
5.6.1-rasm. Fototok kattaligining yuzga yoritilganligiga bog'liqligi.

Asbob-uskunalar

Fotodatchik. Yoritilganlikni o'lchaydigan lyuksmetr. Avtotransformator. Voltmetr. Elektr cho'g'lanma lampa. Optik shishadan tayyorlangan yorug'lik filtrlari va boshqa aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI

Ish qurilmasining asosini lyuksmetr (yoki boshqa turdagi datchik), avtotransformator, elektr cho'g'lanma lampa, voltmetr, ampermetr tashkil etadi (5.6.2-rasmlar).



5.6.2. va 5.6.3-rasmlar. Laboratoriya ishinin qurilmasi.

Tajribada fototok yoki yuzaning yoritilganligini aniqlash zarur bo'lganida datchik sifatida fotorezistor qo'llanilsa, unda zanjirga qo'shimcha o'zgarmas tok manbai, reostat, ampermetr va voltmeter qo'shish kerak (5.6.3-rasm) bo'ladi.

Qurilmani ishga tushirish uchun avtotransformator asosiy elektr tarmog'iga kalit K_1 yordamida qo'shiladi va so'ngra kalit K ulanadi. Shunda elektr lampasi shu'lalanadi va tirqishdan yorug'lik nuri chiqadi hamda filtrdan o'tib fotodatchikka tushadi. Bu yorug'lik fototok hosil qiladi. Fototok qiymatini mikroampermetr yoki lyuksmetr ko'rsatadi.

QURILMANING ISHLASHI

Qurilma laboratoriya avtotransformatori, reostat, o'zgaruvchan va o'zgarmas tok voltmeteri hamda ampermetrlari, elektr lampalar va zanjirni tok bilan ta'minlovchi manbalar, fotorezistor, fotodatchik, lyuksmetr va optik yorug'lik filtrlaridan tashkil topgan. Qurilmani ishga tushirish uchun laboratoriya ishining elektr sxemalaridan biri (yo'riqnomaga mos ravishda) yig'iladi. Shundan so'ng ishni bajarish tartibida ko'rsatilgan bandlar bajariladi.

Ma'lumki, yorug'lik oqimi to'g'ri yoki yorug'lik filtri orqali fotodatchikka tushganida unda fototok uyg'otadi. Bu tokning kattaligi fotodatchik yuzasining yoritilganligiga bog'liq bo'ladi. Lampaga beriladigan kuchlanish qancha katta bo'lsa, fotodatchik tarmog'iga ulangan lyuksmetr (yoki milliampermetr) shuncha katta tokni ko'rsatadi. Agar laboratoriya ishi 5.6.3-rasmda keltirilgan qurilmada bajarilsa, albatta unda tashqi tok manбайдan va boshqa turdagi fotodatchik ($\Phi CK-1$ turidagi fotorezistor)dan foydalaniladi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganib, ishga kerak bo'ladigan asboblarning mavjudligini tekshiring. O'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Ishni bajarish uchun 5.6.2- rasm yoki 5.6.3-rasmda keltirilgan elektr zanjirni yig'ing.

Eslatma. Elektr asboblarning ulanishida ularning qutblariga (musbat va manfiy ishora yozilgan qisqichlariga) e'tibor bering!

3. Lyuksmetr asbobiga lamp (lampa elektr tarmog'iga qo'shilmagan holdagi) o'rnatilgan tomondan tushayotgan turli xil yorug'lik nurlari hosil qilgan yoritilganlik kattaligini (E yoki E_0 ni ampermetrning ko'rsatishidan) yozib oling.

4. Zanjirdagi kuchlanishni o'zgartirib, har bir kuchlanishga mos keladigan o'lchov asboblarning ko'rsatishlarini yozib oling.

5. Fotodatchikdan to yorug'lik manbaigacha bo'lgan masofani har safar o'zgartirib o'lchov asboblarning ko'rsatishini yozib oling.

6. Lyuksmetr shkalasining har bir bo'lagi qancha lyuksga mos kelishini aniqlang va aniqlangan hamma o'lchov natijalarini bir xil o'lchov birligiga keltirib, ularni jadvalga kiriting.

7. Yorug'lik filtrini manba (yoki fotodatchik) oldiga joylashtiring va har bir filtr uchun o'lchov asboblarning ko'rsatishlarini yozib oling. Natijalarni jadvalga kiriting.

8. Olingan natijalar asosida $E = f(r)$, $E = f(U)$, $E = f(\lambda)$ bog'lanish grafiklarini millimetrli qog'ozda chizing.

9. O'tkazilgan tajribalarning nisbiy xatoligini hisoblang.

10. Bajirilgan ishdan xulosa chiqaring.

O'lchash tartibi	Yorug'lik manbaidan datchikgacha bo'lgan masofa, r, m	Voltmetr korsatishi, $U, (V)$	Tabiiy yorug'lik shovqini (fon), E_0, lx	Sun'iy yorug'likning yoritilganligi, E, lx	Ampermetr ko'rsatishi, I, A	Xatolik, $\pm \Delta E$
1						
2						
3						



Nazorat savollari

1. Fotoeffekt hodisasi deb nimaga aytiladi va u necha xil bo'ladi?
2. Fotoeffekt hodisasi qanday joylarda qo'llaniladi?
3. Yuzaning yoritilganligi qanday asbob bilan o'lchanadi va nima uchun?
4. Yoritilganlik qanday o'lchov birligida o'lchanadi?
5. $E = f(r)$, $E = f(U)$, $E = f(\lambda)$ grafiklarining mazmunini tushuntiring.
6. Yoritilganlik masofaga, yorug'lik nuri chastotasiga qanday bog'liq bo'ladi?
7. Ishlab chiqarishda, o'qitishda, ish joylarining yoritilganligi nima uchun tekshiriladi?

5.7. PLANK DOIMIYSINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Tashqi elektron emissiya hodisasi (termoemissiya, fotoemissiya va h.k. holatlarda, ya'ni issiqlik yoki yorug'lik nurlari ta'sirida elektronlarning metallardan uchib chiqishi) qonuniyatlarini o'rganish. 2. Elektronni tormozlovchi potensial kattaligini aniqlashni o'rganish. 3. Plank doimiysini tadqiqot natijalari asosida aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Issiqlik yoki yorug'lik hamda kuchli elektr maydon ta'sirida metallardan elektronlarning chiqish hodisasi *elektron emissiya* deyiladi. Issiqlik ta'sirida bo'ladigan (vakuumli elektron lampalarda) elektron emissiya *termoelektron emissiya* deyiladi.

Yarim o'tkazgichlarda ichki elektron emissiya hodisasi bo'ladi. Fotoelementni ko'zga ko'rinadigan yorug'lik nuri bilan nurlaganimizda uning energiyasi, A. Eynshteyn nazariyasiga muvofiq, quyidagi ifoda bilan aniqlanadigan elektronning metallardan chiqish ishiga va uning kinetik energiyasiga sarflanadi:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}, \quad (1)$$

bunda: $h\nu$ — fotoelementga tushayotgan nurning to'liq energiyasi; h — Plank doimiysi ($6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$); ν — tushayotgan

yorug'lik nurining chastotasi, Hz; A — elektronning metall-dan chiqish ishi, J; $\frac{mv^2}{2}$ — elektronning kinetik energiyasi, J; $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg — elektron massasi; v — elektron tezligi, m/s.

Fotoelementni ma'lum rangdagi nur bilan nurlaganimizda uning zanjirida katoddan uchib chiqqan elektronlar hisobiga tok paydo bo'ladi. Agar kuchlanishning musbat qutbini katodga va manfiy qutbini anodga ulasak, unda fotoelement zanjirida tok bo'lmaydi. Chunki fotoelektronlar zaryadi manfiy bo'lgani, fotokatodga musbat kuchlanish ulanganligi hamda anod bilan katod o'rtasida elektr maydon elektron harakatiga qarshi yo'nalganligidan, avvalo elektron emissiyasi bo'lmaydi, bo'lsa ham elektron anodga qaytib tushadi.

Natijada fotoelement zanjirida tok paydo bo'lmaydi. O'ta katta tezlikdagi elektronlarga zanjirda tok hosil qilishi mumkin. Eng katta tezlikdagi fotoelektronlarning kinetik energiyasi tormozlovchi maydon hosil qiluvchi potensial ishiga teng, ya'ni

$$eU = \frac{mv_{\max}^2}{2} \quad (2)$$

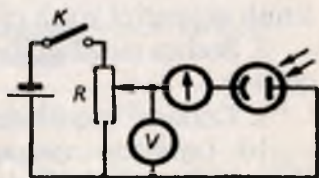
bo'lganda fotoelektron fototok hosil qilmaydi. U holda $E_k = eU$ asosida (1)ni qayta yozish mumkin:

$$h\nu = A + eU. \quad (3)$$

Demak, tadqiqot vaqtida fotokatodni birin-ketin ikki xil rangdagi yorug'lik nuri bilan nurlantirib, fotoelektronlarni tormozlovchi kuchlanishlarni aniqlash mumkin bo'ladi. Shuning uchun ham ikki holatga mos keluvchi tenglamalar sistemasini (3) asosida yozamiz va ayrim ixchamlashlardan so'ng, undan h ni topamiz:

$$h\nu_1 = A + eU_1 \quad \text{va} \quad h\nu_2 = A + eU_2,$$

$$h = \frac{eU_1 - eU_2}{\nu_1 - \nu_2}. \quad (4)$$



5.7.1-rasm.

Plank doimiysini aniqlash qurilmasining sxemasi.

Plank doimiysini aniqlash uchun 5.7.1- rasmda keltirilgan elektr zanjir yig'iladi va ayrim o'lchashlar o'tkazib, ularda aniqlangan natijalar asosida (4) formuladan foydalanib h hisoblanadi.

Asbob-uskunalar

Vakuumli fotoelement. Voltmetr yoki galvanometr. Milliampmetr. Optik shishadan tayyorlangan yorug'lik filtrlari (kamida 2 xil rangdagisi) yoki difraksion panjara. Potensiometr. Tok manbai va ulovchi simlar. Yorug'lik manbai.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishi yo'riqnomasini o'qib o'rganing va o'qituvchining savollariga javob bergandan so'ng laboratoriya ishining elektr sxemasini yig'ishga ruxsat oling.

2. Ishni bajarish uchun 5.7.1- rasmdagi elektr sxemani yig'ing va o'qituvchi yoki laborantga tekshirtiring.

3. Ishning elektr zanjiri to'g'ri tuzilganiga ishonch hosil qilgach, kalit (K) ni ulang. Bunda voltmetr va ampermetr ma'lum qiymatlarni ko'rsatadi.

4. Yorug'lik filtrlaridan havoranglisini yorug'lik yo'lida difraksion panjaradan so'ng maxsus qo'yiladigan joyga o'rnatib.

5. Yorug'lik manbai (S) hosil qiling, ya'ni elektr lampasini elektr tarmog'iga ulang va uni yoqing.

6. Potensiometr (R) yordamida sekinlik bilan fotokatod zanjiridagi fototok nolga tenglashgunga qadar kuchlanishni pasaytirib boring. Ushbu holda ampermetrning ko'rsatishi nolga teng bo'ladi.

7. Ampermetrning ko'rsatishi nolga teng bo'lgandagi kuchlanish qiymatini yozib oling.

8. Boshqa rangdagi yorug'lik filtrini havorangli filtr o'rniga qo'ying.

9. Tajribani yuqoridagi tartibda takrorlang.

10. Tajribada topilgan U_1 va U_2 hamda v_1 va v_2 larning qiymatlaridan ΔU va Δv ni aniqlab, h ni hisoblang.

11. O'lchashlarning nisbiy xatoligini maxsus jadvallarda keltirilgan Plank doimiysiga nisbatan hisoblang.

12. Bajarilgan ishdan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Fotoeffekt hodisasi deb nimaga aytiladi?
2. Fotoeffektning qanday turlari bor va ular bir-biridan nima bilan farqlanadi?
3. Fotoeffekt hodisasi texnikada va ishlab chiqarishda qayerlarda qo'llaniladi?
4. Plank doimiysining fizik ma'nosini tushuntiring.

5.8. FOTOELEMENT METALNING «QIZIL CHEGARASI»NI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Fotoeffekt hodisasidagi «qizil chegara» tushunchasining fizik ma'nosini tajriba asosida o'rganish. 2. Fototok qiymatining yorug'lik to'lqini uzunligi va tushish burchagiga bog'liqligini o'rganish. 3. Plank doimiysining qiymatini tajribada aniqlash mumkinligini tekshirish.



NAZARIY MUQADDIMA

Yorug'lik ta'sirida metallardan elektronlarning chiqish hodisasini 1887- yil G. Gers ochgan bo'lib, unga asoslanib qurilgan vakuumli fotoelement 1889- yilda, ichki fotoeffekt hodisasiga oid fotoo'tkazuvchanlikka asoslangan fotoelement 1875- yilda yasalgan edi. Fotoeffekt hodisasining kashf qilinganiga ham 114 yildan ortiq vaqt o'tganiga qaramay, hozir ham turli xil metall va ularning qotishmalari hamda yarim o'tkazgichli materiallarda sodir bo'ladigan elektronlarning chiqishi va elektronli-teshikli o'tkazuvchanlik o'rganilmoqda. Metallarda sodir bo'ladigan tashqi fotoeffekt ko'proq o'rganilgan bo'lib, faqat 1940—50- yillardan keyin yarim o'tkazgichlardagi ichki fotoeffekt o'rganib kelinmoqda.

Ayrim toza metallardagi «qizil chegara»ga mos keluvchi to'lqin uzunliklari

Metall nomi	K	Na	Li	Hg	Fe	Ag	Au	Ta
λ_0 ; nm	550	540	500	273,5	262	261	265	305

Yorug'likning to'lqin uzunligi kamaygan sari fotoeffekt hodisasi kuchliroq, aksincha, λ ortgan sari fotoeffekt hodisasi

kuchsizlanib borib, oxiri uzun to'liqlarda kuzatilmaydi. Natijada zanjirdagi tok nolga teng bo'ladi. Bunday hodisa metallarda kuzatiladigan «qizil chegara»ga mos keladi.

Fotoeffektning kuzatilishi uchun, albatta, $h\nu \geq A$ shart bajarilishi kerak. Demak, elektronning metallardan uchib chiqishi uchun

$$h\nu = A \text{ yoki } \nu_0 = A/h \quad (1)$$

shart bajarilishi lozim.

Bu shart fotoeffektning «qizil chegarasi» sharti deyiladi. Eynshteyn fotoeffekt hodisasi uchun quyidagi ifodani bergan:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (2)$$

Elektronning chiqish ishini aniqlash uchun, albatta, metallardan uchib chiqqan elektronning kinetik energiyasi elektronni tormozlash potentsiali bilan uning zaryadi ko'paytmasiga teng bo'lishini e'tiborga olish kerak. U holda (2) ni quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$A = h\nu - eU. \quad (3)$$

Demak, (3)dan ko'rinib turibdiki, nurlanish chastotasi va tormozlovchi potentsialni bilgan holda chiqish ishini aniqlash mumkin ekan. Bundan tashqari, fotoelementni ketma-ket ikki xil chastotali nur bilan yoritib, ular uchun mos keluvchi tormozlovchi potentsiallarni aniqlash orqali Plank doimiysini topish mumkin:

$$h\nu_1 = A + eU_1, \quad h\nu_2 = A + eU_2, \quad (4)$$

$$h = \frac{eU_1 - eU_2}{\nu_1 - \nu_2} = \frac{e\Delta U}{\Delta\nu}. \quad (5)$$

Ishni bajarishda yorug'lik manbai sifatida oddiy cho'g'lanma tolali lampa ishlatilib, tutash yorug'lik spektridan ν_1 va ν_2 chastotalarni ajratib olishda yorug'lik filtrlaridan foydalaniladi. Muayyan rangli yorug'lik spektrida eng kichik to'liq uzunligini difraksion panjaradan foydalanib aniqlash mumkin.

Asbob-uskunalar

Fotoelement (vakuumli). Optik shishadan yasalgan yorug'lik filtrlari. Ampermetr va voltmetr. Reostat. Yorug'lik va tok manbalari.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

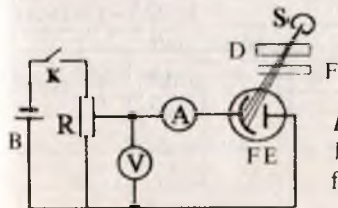
Qurilma o'zgarmas tok manbai, reostat, o'zgarmas tok voltmetri va ampermetri, vakuumli fotoelement, difraksion panjara, optik shishadan tayyorlangan yorug'lik filtrlari, yorug'lik manbai va boshqa yordamchi aslahalardan tashkil topgan. Qurilmani ishga tushirish uchun, eng avvalo, S yorug'lik manbai tarmoqqa ulanadi. Yorug'lik yo'liga kerakli filtr joylashtiriladi. Keyin yorug'lik oqimining ma'lum chastotadagisi yorug'lik filtri (F) dan o'tkazilib, fotoelement (FE) ga tushiriladi. Zanjirdagi kuchlanish (U) reostat (R) yordamida shunday rostlanadiki, bunda zanjirdagi tok nolga teng bo'lsin, ya'ni ampermetr (A) nolni ko'rsatsin (5.8.1-rasm).

Eslatma. Qurilmada ishlatiladigan tok manbalari imkoniyati boricha o'zgarmas tok manbalari (akkumulator yoki stabillashtirilgan o'zgarmas tok manbalari) bo'lishi kerak.

O'zgarmas tok manbaiga qurilmani qo'shmasdan avval fototok kattaligini (tabiiy yorug'lik uyg'otgan fototok shovqini kattaligini) ampermetr (A) yordamida o'lchash shart!

Shundan so'ng tok manbai ulanadi va turli xil filtrlar (F) ni almashtirib, shu filtrlarga mos chastotadagi fototok qiymati ixtiyoriy biror o'zgarmas kuchlanishda turlicha bo'lishi o'rganiladi.

Yorug'lik filtr orqali fotoelementga tushganda fototok hosil bo'ladi. Shu tokning qiymati uning chastotasiga va fotoelement



5.8.1-rasm. Laboratoriya ishi qurilmasi:

B — tok manbai, K —kalit, R — reostat, V — voltmetr, A — ampermetr, FE — fotoelement, F —filtr, D —difraksion panjara, S —yorug'lik manbai.

zanjiridagi potentsialga ham bog'liq bo'lishi o'rganiladi. R reostat yordamida zanjirdagi kuchlanish rostlanadi. Kuchlanish qiymatini voltmetr (V) yordamida o'lchanadi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va ishga kerakli asbob-uskunalarining mavjudligini tekshiring. O'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

1-topshiriq. Plank doimiysini aniqlash.

2. Laboratoriya ishining sxemasi bo'yicha elektr zanjirni yig'ing. E'tibor bering! Tok manbaining musbat qutbi katodga ulansin!

3. Fotoelement darchasiga yashil yorug'lik filtri orqali yorug'lik tushiring, kalitni ulang va potensiometr orqali ampermetrdagi tok nolga teng bo'lgan holatdagi U_1 kuchlanishni toping.

4. Yorug'lik filtrini boshqa rangdagi filtr bilan almashtirib, U_2 kuchlanishni toping.

5. Ikkala yorug'lik filtrlarini navbat bilan difraksion panjara oldiga qo'yib, ularning har biri spektridagi qisqa to'lqin uzunligini toping.

6. O'lchangan qisqa to'lqinlarga mos ν_1 va ν_2 chastotalarni aniqlang.

7. Topilgan U_1 va U_2 kuchlanishlar hamda ν_1 va ν_2 chastotalarni bilgan holda (4) formuladan foydalanib, Plank doimiysini hisoblang. Olingan natijalarni 1-jadvalga kiriting.

2-topshiriq. Fototokning yorug'lik to'lqin uzunligiga bog'liqligini o'rganish.

1-jadval

O'lchash tartibi	U_1	U_2	ν_1	ν_2	h_1	h_2	Δh	$\frac{\Delta h}{h} \cdot 100\%$
1.								
2.								
3.								

8. Yorug'lik filtrlarini birin-ketin yorug'lik yo'liga qo'yib, har xil rangga mos keluvchi to'yinish fototokini aniqlang va natijalarni 2-jadvalga kiriting.

2 - jadval

O'lchash tartibi	Filtrlar rangi	To'yingan fototok $I_{t.f.t.}$	Kuchlanish U, V	$\pm \Delta I_{t.f.t.}$
1	Qizil			
2	Zarg'aldoq			
3	Sariq			
4	Yashil			
5	Havorang			
6	Ko'k			
7	Binafsha			

8. 2-jadval natijalari asosida $I_{t.f.t.} = f(\lambda)$ grafigini millimetrlı qog'ozda chizing.

3- topshiriq. Fototok qiymatining nurning tushish burchagiga bog'liqligini o'rganish.

9. Fotoelementga tushayotgan yorug'lik oqimining yo'liga rangli yorug'lik filtrlarini birin-ketin qo'yib, har safar har bir filtr uchun biror aniq burchak (masalan, $\alpha=10^\circ$) dan to $\alpha=90^\circ$ li burchakkacha yetti xil rangdagi nurlar uchun o'lchashlar bajaring. Natijalarni 3-jadvalga kiriting.

10. 3-jadvaldagi natijalar asosida $I_{t.f.t.} = f(\alpha_\lambda)$ grafigini chizing.

11. O'tkazilgan tajribalar haqida xulosa chiqaring.

3 - jadval

O'lchash tartibi	Filtrlar rangi	Fototok qiymati, I						
		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
1	Qizil							
2	Zarg'aldoq							
3	Sariq							
4	Yashil							
5	Havorang							
6	Ko'k							
7	Binafsha							



Nazorat savollari

1. Fotoeffektning «qizil chegarasi» qanday fizik hodisa va uning ma'nosi nimadan iborat?
2. To'yingan fototok qiymati yorug'lik to'qlini uzunligiga bog'liqmi?
3. To'yingan fototok qiymati yorug'likning tushish burchagiga bog'liqmi?
4. To'yingan tok yorug'lik filtriga qarab o'zgaradimi?
5. Berkituvchi potensialni topishda nima uchun tok manbai-ning musbat qutbi fotoelement katodiga ulanadi?
6. Ushbu laboratoriya ishi qurilmasidan foydalanib, elek-tronning katoddan uchib chiqish ishini aniqlash mumkinmi?

5.9. QORA JISM NURLASH QUVVATINING TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGINI O'RGANISH

(O'qituvchi ishtirokida bajariladi)

Ishning maqsadi: Qora jismning nurlash qonuniyatini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Har qanday isitilgan jism issiqlik nurlaydi, bunday hodisa fanda *issiqlik nurlash* deb yuritiladi. Sirtiga tushgan hamma to'qlin uzunliklaridagi nurlarni to'liq yuta olish va nurlash qobiliyatiga ega bo'lgan jism *absolut qora jism* deyiladi. Jismlar absolut 273 K dan farqli temperaturalarda nurlaydi. Aniqrog'i, jismlarning issiqlik nurlashi 273 K dan yuqori temperaturalarda jadallashadi. Demak, jismning temperaturasi 273 K ga teng bo'lganida ham uni tashkil etgan zarralar mutlaqo harakat-dan to'xtamaydi.

Absolut qora jismning nurlashi nurlayotgan jism xususiyatiga bog'liq bo'lmay, faqat shu jismning temperaturasiga bog'liq bo'ladi. Buni birinchi bo'lib I. Stefan tadqiqotlar asosida aniqlagan bo'lsa, L. Bolsman nazariy jihatdan isbotladi. Bunga asosan qora jismning birlik yuzasidan vaqt birligida nurlanadigan energiya temperaturaning to'rtinchi darajasiga proporsional bo'ladi, ya'ni:

$$W = \sigma T^4, \quad (1)$$

bunda $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ J/m}^2 \cdot \text{K}^4 \cdot \text{s}$ Stefan—Bolsman doimiysi.

Qora jismning nurlash qonuniyatini $I = f(\lambda)$ grafigi yaxshiroq tavsiflaydi. Bunda abssissa o'qida nurlash to'liq uzunligi, ordinata o'qida nurlash intensivligi olinadi. Nazariya ham, amaliyot ham ko'rsatmoqdaki, temperatura ortishi bilan nurlash intensivligining maksimumi kichik to'liq uzunligi tomon siljib borar ekan. Buni V. Vinning *siljish qonuni* deb yuritiladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{const.} \quad (2)$$

Jismning nurlash qonunlaridan birini tajribada tekshirish uchun cho'g'lanma elektr lampadan foydalanish mumkin. Bu qonunga muvofiq qizigan jismning nurlash quvvati uning absolut temperaturasining to'rtinchi darajasiga proporsionaldir.

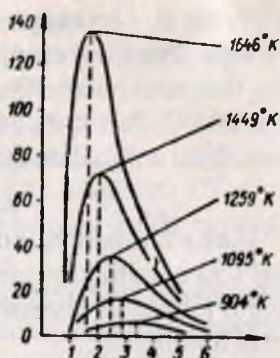
Cho'g'lanish tolasining T temperaturasi turlicha bo'lganda lampaning W nurlash quvvatini o'lchab, har safar W/T^4 nisbatning o'zgarmasligini ko'rish mumkin. Agar bu nisbatning kattaligi doimiy bo'lsa, u holda nurlash Stefan—Bolsman qonuniga muvofiq sodir bo'layotgan bo'ladi, ya'ni yuqorida keltirilgan (1) qonuniyatni isbotlaydi.

Joul—Lens qonuniga muvofiq elektr tokining deyarli barcha energiyasi elektr lampa tolasidan nurlanayotgan nur energiyasiga aylangani uchun nurlanish energiyasini lampadagi U kuchlanish va undan o'tayotgan I tok kuchini o'lchash yo'li bilan aniqlash mumkin:

$$W = UI. \quad (3)$$

Cho'g'lanma lampa tolasining temperaturasini aniqlash uchun o'tkazgich qarshiligining temperaturaga bog'liqligini ifodalovchi formuladan foydalanish mumkin:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) = R_0 \alpha T, \quad (4)$$



5.9.1-rasm. Absolut qora jism nurlash intensivligining to'liq uzunligiga bog'liqligi.

bu yerda: R_0 —o'tkazgichning 273,15 K dagi qarshiligi; R_t — T temperaturadagi cho'g'lanma tola qarshiligi; α —qarshilikning temperatura koeffitsienti bo'lib, uni ko'pchilik holatlarda $\alpha=0,00367$ deb qabul qilinadi. Tolaning 273 K dagi R_0 qarshiligini aniqlashda quyidagi ifodadan foydalanish mumkin:

$$R_0 = R_t / (1 + \alpha t_1).$$

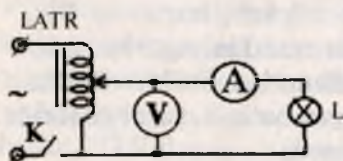
Elektr lampaning nurlash quvvati o'lchanayotgan paytdagi tola qarshiligi zanjirdagi U kuchlanish va I tok kuchining o'lchangan qiymatlaridan foydalanib quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$R_t = U / I. \quad (5)$$

Demak, elektr lampa cho'g'lanma tolasining T temperatura-sini yuqorida keltirilgan ifodalardan foydalanib hisoblash mumkin.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma asosan ampermetr, voltmeter, yorug'lik manbai, avtotransformator, tok manbai va yordamchi aslahalardan tashkil topgan. Qurilma tok manbaiga ulangandan so'ng elektr lampa shu'lalanadi. Bunda o'lchov asboblari ampermetr



5.9.2-rasm. Ishning elektr sxemasi.

va voltmeter ma'lum qiymatlarini ko'rsatadi. Ishni turli kattalikdagi kuchlanishlarda bajarish uchun avtotransformator elektr tarmog'iga ulanadi va rostlash qo'lchasidan foydalanib zarur bo'lgan kuchlanish tanlanadi. Qurilmaning elektr sxemasi 5.9.2- rasmda keltirilgan.

Eslatma. Qurilmani har bir fizika laboratoriyasi sharoitidan kelib chiqqan holda o'quvchilar va ustalar kuchidan foydalanib, darsdan bo'sh vaqtlarda tayyorlash mumkin.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va elektr toki bilan ishlashning texnika xavfsizligi qoidalarini takrorlang.

2. Uitston o'lchash ko'prigi yordamida elektr lampa cho'g'lanma tolasi qarshiligi (R_0)ning xona temperaturasidagi qiymatini o'lchang.

3. 5.9.2-rasmda ko'rsatilgan sxemaga muvofiq laboratoriya ishi qurilmasining elektr zanjirini yig'ing.

4. Elektr lampaga berilayotgan kuchlanishni 100 dan to 200 voltgacha 20 V dan o'zgartirib borgan holda lampadagi tok kuchi va kuchlanishni o'lchang.

5. Har bir o'lchash uchun lampa cho'g'lanma tolasining R_l qarshiligi qiymatini va lampa nurlanishining W quvvatini hisoblang.

8. Har bir juft T va W uchun W/T^4 nisbatni toping. O'lchashlar va hisoblash natijalarini quyidagi jadvalga kiriting.

U(V)	I	R_0	R_l	T	T^4	W	W/T^4
100							
120							
140							

9. W/T^4 nisbatning olingan qiymatlarini taqqoslab, cho'g'lanma lampa nurlanish qonuniyatining absolut qora jism nurlanish qonuniga qanchalik yaqin ekanligi to'g'risida xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Lampaning nurlanish quvvatini o'lchashning yuqorida bayon qilinganidan boshqacha usullarini tavsiya qiling.

2. Yerdagi turgan holda Quyosh sirtining temperaturasi qanday o'lchash mumkin?

3. V. Vinning siljish qonunini tushuntiring.

4. Absolut qora jism deb qanday jismga aytiladi?

5.10. ERITMA MOLEKULALARI BILAN FOTON TA'SIRLASHISHINING EFFEKTIV KESIMINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Yorug'lik zarrasi—fotonning modda (eritma)larda yutilishini o'rganish. 2. Yorug'lik zarrasining eritma

atomlari bilan ta'sirlashish kesimi haqida tushuncha hosil qilish.
3. Fotonning eritma atomlari bilan ta'sirlashishining effektiv kesimini aniqlashni o'rganish.

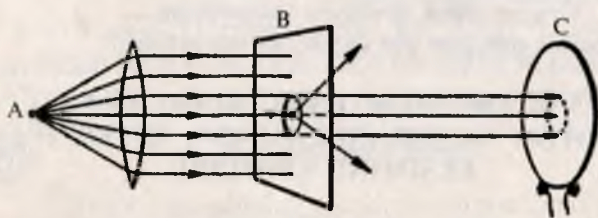


NAZARIY MUQADDIMA

Yorug'lik — bu yorug'lik zarralari, ya'ni fotonlar oqimidir. Foton tabiatdagi hamma jismlar bilan ta'sirlashadi, ya'ni jismdan qaytadi, o'tadi va unda yutiladi. Yutilgan foton jism energetik holatini o'zgartiradi, natijada bu modda o'zidan issiqlik yoki boshqa ikkilamchi nurlarni muhitga chiqaradi (nurlaydi). Shundan so'ng modda muvozanat holatiga qaytadi yoki biror boshqacha o'zgarish sodir bo'ladi.

Demak, har bir foton moddani tashkil etgan atom yoki molekularlar bilan ta'sirlashishining to'liq effektiv kesimiga ega. Har qanday turdagi zarralarning samarali ta'sirlashish kesimi ularning eng asosiy tavsiflaridan biri hisoblanadi.

Faraz qilaylik, biror yorug'lik oqimidagi zarralar — fotonlar yo'liga yagona atom joylashtirilgan bo'lsin. Fotonlarning ko'pchiligi shu yagona atomning har tomonidan uchib o'tib detektor (sanagich)da qayd qilinsa-da, ulardan hech bo'lmaganda bittasi atom bilan yuzma-yuz kelib to'qnashadi. Foton zaryadsiz zarracha bo'lganligi sababli, atomning elektrostatik maydoni unga hech qanday qarshilik ko'rsatmaydi (kuch bilan ta'sir qilmaydi). Natijada foton shu atomda yo yutiladi, yo undan sachrab ma'lum burchakka og'adi va umumiy fotonlar oqimidan chiqib, detektorga tushmaydi. Natijada detektor $N_1 = N_0 - h$ ta foton kam sanaydi. Yagona atom joylashgan yuzani S_0 , umumiy fotonlar sonini N_0 va



5.10.1-rasm. Ishning sxematik tasviri.

foton modda atomi bilan ta'sirlashgandan keyingi fotonlar sonini N_1 deb belgilansa, fotonning to'liq effektiv ta'sirlashish kesimini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\sigma = \frac{N_1}{N_0} S_0. \quad (1)$$

Tabiatdagi hamma moddalar tashqi ta'sirlarga imkoniyati boricha qarshi ta'sir ko'rsatish jarayonidan so'ng o'zining eng kam energiya talab qiladigan muvozanat holatini ta'minlash uchun geometrik shaklini shar ko'rinishiga keltirishga intiladi. Shuning uchun moddalar atomini shar shaklida deb qabul qilinsa, uning ko'ndalang kesimini S_1 deb olish mumkin. U holda atom bilan ta'sirlashgan fotonlar sonining umumiy fotonlar soniga nisbati atom ko'ndalang kesimining ixtiyoriy tanlangan yagona atom joylashgan maydoncha yuzasiga nisbatiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{S_1}{S_0}. \quad (2)$$

Bundan:

$$S_1 = \frac{N_1}{N_0} S_0. \quad (3)$$

Demak, fotonning modda atomlari bilan ta'sirlashishining to'liq effektiv kesimi u bilan ta'sirlashuvchi atom ko'ndalang kesimining yuzidan iborat ekan.

Ixtiyoriy rangsiz yupqa qatlamli suyuq moddadan fotonlar oqimi o'tganida shu modda atomlari bilan ta'sirlashadi. Natijada fotonlarning ushbu moddada yutilishi va sochilishi hisobiga yorug'lik fotonlari soni kamayadi. Agar modda (eritma)ning atomlar soni — konsentratsiyasi orttirib borilsa, fotonlarning eritmadagi atomlar bilan to'qnashishi (yutilishi va sochilishi) ortib, datchikka yetib borgan fotonlar soni yana ham kamayadi.

Demak, ikkita bir xil kyuveta olib, birida distillangan suv, ikkinchisida ma'lum konsentratsiyali fluoressent eritma olib, hamma o'lchov va yoritish asboblarning o'mini va yorug'lik kuchini (kuchlanish hamda tokni) o'zgarmas saqlagan holda eritmani yorug'lik fotonlari oqimi bilan nurlaymiz. Bunda fluoressent atomlari fotonlarni yutishi va o'zida sochishi

natijasida yorug'lik fotonlari soni kamayadi, ya'ni $N_0 > N_1$ bo'ladi. Kyuuetadagi eritma qalinligi d juda ham kichik bo'lganligidan, fotonlar bir-biriga tegmaydi. Kyuuetadan o'tgan, detektor qayd qilgan fotonlar soni N_1 , kyueetagacha bo'lgan fotonlar soni N_0 bo'lsa, u holda ularning nisbatini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\frac{N_1}{N_0} = \sigma \frac{nV}{S_0}, \quad (4)$$

bunda: σ — bitta fotonning molekula bilan ta'sirlashishining effektiv kesimi; n — molekulalarning eritmadagi konsentratsiyasi; V — eritma hajmi; S_0 — eritma kesimi yuzasi. U holda $V = S_0 d$ bo'lgani uchun (4) ni qayta yozib, undan σ ni topish mumkin, ya'ni:

$$\frac{N_1}{N_0} = \sigma \frac{nS_0 d}{S_0} = \sigma n d, \quad (5)$$

$$\sigma = \frac{N_1}{n d N_0}. \quad (6)$$

Ma'lumki, fotoelement zanjiridagi tok fotokatodga tushayotgan fotonlar soniga proporsional bo'lganligidan N_1/N_0 nisbatni zanjirdagi tok bilan bog'lab, quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{I_0 - I_1}{I_0} = 1 - \frac{I_1}{I_0} = \eta, \quad (7)$$

bunda I_0 va I_1 — fotokatodga yorug'lik fotonlari to'g'ri (kyuuetada eritma bo'lmagan holatda) va eritma orqali tushganda zanjirda hosil bo'lgan fototoklar qiymatlari (ampermetr ko'rsatishlari).

Fotokatodning yoritilganlik darajasiga mos ravishda fotokatod zanjirida hosil bo'lgan tok kattaligi unga proporsional bo'ladi. Demak, (7) ni yorug'lik oqimi fotonlari hosil qilgan yoritilganlik orqali quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{E_0 - E_1}{E_0} = 1 - \frac{E_1}{E_0} = \eta, \quad (8)$$

bunda E_0 va E_1 — lyuksmetrga yorug'lik fotonlari to'g'ri va eritma orqali tushgan holatlarga mos keluvchi yoritilganlik qiymatlari (lyuksmetr mili ko'rsatishlari).

Demak, (5), (7) va (5), (8) larni birgalikda yechib hosil qilamiz:

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \frac{I_0 - I_1}{I_0 nd} = \frac{1}{nd} \left(1 - \frac{I_1}{I_0}\right) = \frac{\eta}{nd}, \\ \sigma' &= \frac{E_0 - E_1}{E_0 nd} = \frac{1}{nd} \left(1 - \frac{E_1}{E_0}\right) = \frac{\eta}{nd}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Yuqorida keltirilgan (5), (7), (8), (9) ifodalardan foydalanib, yorug'lik fotonining eritma molekullari bilan ta'sirlashishining effektiv kesimini aniqlash mumkin.

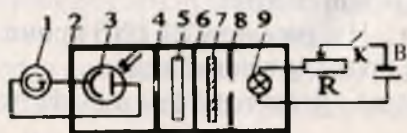
Asbob-uskunalar

Fotometriya bo'yicha asbob. O'zaro parallel devorli shaffof kyuveta. Fluorescent eritmasi. Optik shishadan tayyorlangan yorug'lik filtrlari. Tok manbai. Reostat. Elektr kaliti va sh. k.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma yorug'lik fotonlari manbai (elektr lampa) 9, fotonlarni qayd qiluvchi asbob — fotoelement 3, eritma quyiladigan shaffof kyuveta 5, fotonlarning ma'lum chastotadagilarini o'tkazuvchi optik shishadan tayyorlangan yorug'lik filtri 7, kyuveta va yorug'lik filtridan o'tgan fotonlar oqimining kollimatori 4 va 6, fototokni (kuchlanishni) o'lchovchi galvanometr 1, o'zgarmas tok manbai *B* dan olinadigan kuchlanishni rostlovchi reostat *R*, elektr kalit *K*, tashqi yorug'lik manбайдan tushadigan fotonlar oqimidan himoyalovchi qurilma qutisi 2, yorug'lik filtrlarini almashtirgich mexanizmi (rasmda ko'rsatilmagan), voltmetr va boshqa yordamchi aslahalardan tashkil topgan (5.10.2-rasm).

Tok manbaiga reostat (*R*) va kalit (*K*) orqali elektr lampa (9) ulanganda, elektr lampa shu'lalanadi. Shu'lalanish darajasi eritmadan yorug'lik fotonlari o'tib fotoelementga



5.10.2- rasm. Qurilmaning elektr sxemasi.

tushganida hosil bo'ladigan fototok kattaligini o'lchovchi ampermetrning ko'rsatishiga qarab tanlanadi. So'ngra distillangan suv quyulgan kyuveta orqali yorug'lik fotonlarini o'tkazib, ampermetrning ko'rsatishi belgilanadi. Har xil yorug'lik filtrlarini almashtirish mexanizmi yordamida ularni almashtirib, shu tartibda o'lchash olib boriladi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va ishlatiladigan qurilma tuzilishi hamda qismlari bilan tanishib, uni ishlatishni o'rganing. O'qituvchidan ishni bajarishga ruxsat oling.
2. Tok manbaidan elektr lampaning ish tartibiga mos keluvchi kuchlanishni tanlang. Bunda kalit (K) uzoq holatda turadi.
3. Kalit (K) ni ulang. Elektr lampa shu'lalanadi.

Yorug'lik filtri	Eritma konse- tratsiya- si, n , $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	Eritmadagi fluoressein konse- tratsiya- si, n , m^{-3}	Eritma qalin- ligi, d , m	$I_0 \cdot 10^{-3} \text{ A}$	$I_1 \cdot 10^{-7} \text{ A}$	$I = I_0 / I_2$	σ , m^{-2}
Binafsha							
Ko'k							
Qizil							

4. Yorug'lik filtrlaridan birini fotonlar oqimi yo'liga joylashtiring va so'ngra distillangan suv quyilgan kyuvetani joyiga o'rnatib.

5. Ampermetr (galvanometr) ning ko'rsatishini yozib oling.

6. Eritma kyuvetani distillangan suv kyuvetasi o'rniga qo'yib, ampermetr ko'rsatishini yozib oling.

7. Yozib olingan natijalarni jadvalga kiritib.

8. Ishni bajarish tartibining 4—7- bandlarini har bir rangli yorug'lik filtri uchun bajaring.

E s l a t m a . Har bir yorug'lik filtri uchun ishni kamida uch marta takroran bajarish shart!

9. O'tkazilgan tajriba natijalari asosida nisbiy xatolikni hisoblang.

10. Laboratoriya ishidan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Yorug'lik fotonining eritma molekulası bilan ta'sirlashishining to'liq effektiv kesimi qanday geometrik ma'noga ega?
2. Nima uchun σ ning qiymati har xil yorug'lik nuri fotonlari uchun turlicha bo'ladi?
3. Fotokatod yoritilganligini o'lchab hisoblangan σ' , tarmoqdagi fototok bo'yicha aniqlangan σ dan nima bilan farqlanadi?
4. Nima sababdan fototok qiymati eritma konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi?

5.11. DIFRAKSION PANJARA YORDAMIDA YORUG'LIK TO'LQIN UZUNLIGINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Oq yorug'lik 7 xil rangdagi va to'lqin uzunligidagi nurlardan tashkil topganligi haqida tushuncha berish. 2. Yorug'likning har xil rangiga turli xil to'lqin uzunliklari mos kelishini tajribada aniqlashni o'rganish. 3. Difraksiyon panjara haqida tushuncha va tasavvur hosil qilish.

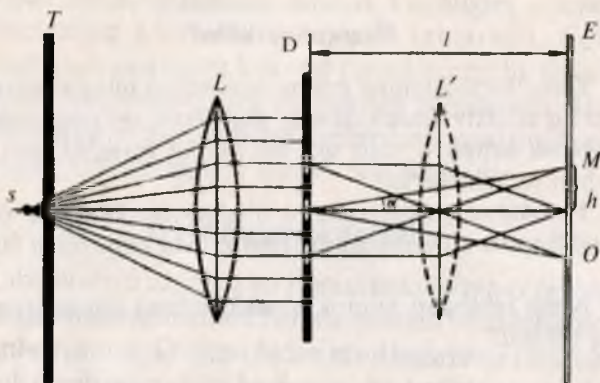


NAZARIY MUQADDIMA

Yorug'lik nuri elektromagnit to'lqin bo'lib, uning zarrasi **foton** deyiladi. Yorug'lik oqimining zarralari ham to'lqin tabiatiga egaligidan u elektromagnit to'lqin qonunlariga bo'ysunadi. Yorug'lik nurining elektromagnit to'lqinlardek sinishi, qaytishi, moddalardan o'tishi, ularda yutilishi, difraksiyasi va interferensiyasini kuzatish mumkin.

Nur dastasi yetti xil ko'zga ko'rinadigan va ko'zga ko'rinmaydigan infraqizil hamda ultrabinafsha nurlardan tashkil topgan. Oq yorug'lik oqimi faqat ko'zga ko'rinadigan yetti xil rangda tovlanuvchi nurlardan iborat bo'lib, uning to'lqin uzunligi $\lambda = (4 - 8) \cdot 10^{-7}$ m oralig'ida yotadi.

Yorug'lik nurida kuzatiladigan har qanday hodisani to'lqin nazariyasi asosida tushuntiriladi. Yorug'likning kvant xossalriga tayangan holda har bir yorug'lik hodisalari tahlil qilinsa, to'g'ri va aniq javoblar topiladi.



5.11.1-rasm. Interferensiya hosil qilishning sxematik tasviri.

S — yorug'lik manbai, T — tor teshikli to'siq, L va L' — linzalar, D — difraksiya panjara, E — ekran, M — birinchi maksimum o'ri, h — ikki difraksiya (interferensiya) maksimumlar orasidagi masofa.

Gyuygens—Frenel tamoyiliga muvofiq, *har bir to'lqin-ning oldingi fronti undan keyingi fazo uchun ikkilamchi to'lqin manbai bo'la oladi*. Shuning uchun yorug'lik yo'liga o'ta kichik (ko'zga ko'rinmaydigan) tirqishchalarni joylashtirganimizda uning ortida vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan fazalar farqiga ega bo'lgan ikkilamchi to'lqinlarni hosil qilish mumkin. Bunday vazifani bajaruvchi asboblarni *difraksiya panjara* deyiladi. Difraksiya panjara yordamida yorug'lik nurining to'lqin uzunliklarini aniqlash mumkin.

Faraz qilaylik, yorug'lik nuri oqimi yo'liga uchta tirqish qo'yilgan bo'lsin. Bu tirqishlar o'ta tor bo'lganligidan, ular ikkilamchi to'lqin manbai bo'la oladi (5.11.1-rasm). Bir xil fazadagi to'lqinlarning o'tgan yo'llari uzunligida farq bo'lsa, juft yoki toq yarim to'lqin uzunligidagi to'lqinlarning qo'shilishidan ekranda oq va qora yo'llar paydo bo'ladi. Bunday tasvir yorug'lik to'lqinining interferensiyasi hisobiga paydo bo'ladi. Masalan, birinchi tirqishdan chiqqan nur linzadan o'tish jarayonida, unda sinib O nuqtaga tushadi. Yorug'likning o'tgan yo'li uzunligi d_1 bo'lsin. Xuddi shunday ikkinchi va uchinchi tirqishlardan o'tgan nurlar ham to'g'ri

(linzaning optik o'qidan o'tib) va linzada sinib o'tib, so'ngra O nuqtaga tushadi. Ularning o'tgan yo'llari uzunligi d_2 va d_3 bo'lsin. U holda nurlarning o'tgan yo'llari uzunliklari ayirmasi $d_2 - d_1 = \Delta d$ yoki $d_3 - d_1 = \Delta d$ ga teng bo'ladi.

Demak, yorug'likning o'tgan yo'llari uzunliklari farqi Δd toq yoki juft yarim to'lqin uzunligiga teng bo'lganida ekranda qora va oq rangdagi polosalar, ya'ni yo'l-yo'l chiziqlar hosil bo'ladi.

$$d_2 - d_1 = 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda \text{ — juft yarim to'lqin uzunligi.}$$

$$d_3 - d_1 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \text{ — toq yarim to'lqin uzunligi.}$$

O'zaro qo'shilgan to'lqinlarning yo'llar farqi yarim to'lqin uzunligidan juft son marta katta, ya'ni $2 \frac{\lambda}{2}, 4 \frac{\lambda}{2}, 6 \frac{\lambda}{2}, \dots$ va $k\lambda$ bo'lganida ekranda oq rangli yo'llar (interferension manzaraning maksimumlari) hosil bo'ladi.

Xuddi shunday, yo'llar farqi yarim to'lqin uzunligidan toq son marta katta, ya'ni $1 \frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, \frac{5\lambda}{2}, \dots$ va sh.k. $(2k + 1) \frac{\lambda}{2}$ bo'lganida to'lqinlarning qo'shilishidan ekranda qora rangli yo'llar (interferension minimum) kuzatiladi. Agar yorug'lik to'lqini N ta tirqishdan o'tib, ekranga tushsa $\Delta d = N\lambda$ bo'ladi (5.11.2-rasm).

5.11.2- rasmdagi ABC uchburchagidan BC va AB topiladi:

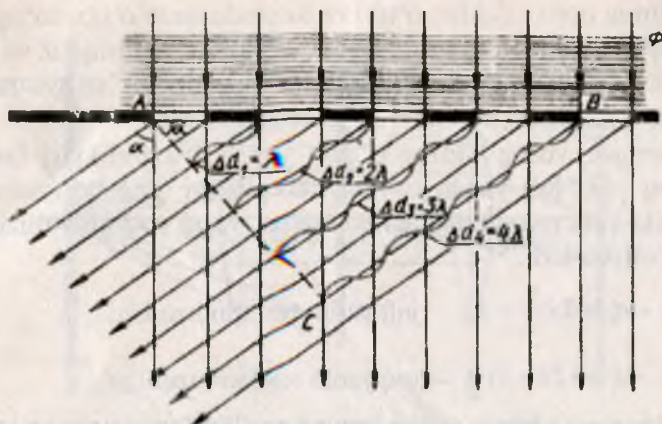
$$\left. \begin{aligned} BC &= N\lambda = \Delta d \\ BC &= AB \sin \alpha. \end{aligned} \right\} \text{ yoki} \quad (1)$$

Agar difraksion panjara kengligi AB , panjara doimiysi d bo'lsa, unda BC quyidagicha ifodalanadi:

$$BC = Nd \sin \alpha. \quad (2)$$

Demak, (1) ifodaga (2) ni qo'yib, undan yorug'lik to'lqin uzunligi topiladi, ya'ni

$$N\lambda = Nd \sin \alpha,$$



5.11.2-rasm. Difraksion panjaradan yorug'lik nuri o'tishining sxematik tasviri.

$$\lambda = \frac{Nd}{N} \sin \alpha = d \sin \alpha. \quad (3)$$

$\sin \alpha$ burchagi juda kichik bo'lganligidan, uni taqriban $\text{tg } \alpha$ ga tenglashtirish mumkin. U holda difraksion panjaradan ekrangacha bo'lgan masofani o'lchab, ekrandagi oq va qora polosalar oralig'ini aniqlab yoki 5.11.1- rasmdagi geometrik usuldan foydalanib, uni quyidagicha yozish mumkin:

$$\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha = h / l.$$

Demak, λ ni geometrik o'lchamlarni aniqlash orqali hisoblash formulasini quyidagicha yozish mumkin bo'ladi, ya'ni

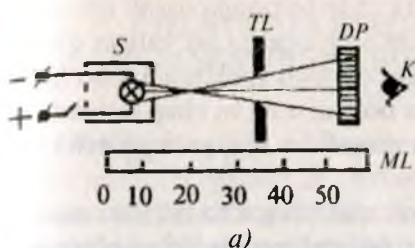
$$\lambda = d \frac{h}{l}. \quad (4)$$

Eslatma. Har bir difraksion panjarani tayyorlagan zavod undagi tirqishlar sonini, panjara doimiysini ko'rsatadi.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Laboratoriya ishini bajarishga mo'ljallangan qurilma difraksion panjara (DP), tirqishli chizg'ich (TL), metrli chizg'ich (ML), yorug'lik manbai (S) va shtativdan tuzilgan (5.11.3-rasm).

Yorug'lik nurining oqimini elektr lampa hosil qiladi. Bu yorug'lik oqimi elektr lampa oldidagi teshikchadan chiqib,



5.11.3- rasm. Ishning sxematik tasviri (a) va uning qurilmasi (b).

a) S— yorug'lik manbai, TL — tirqishli chizg'ich, DP — difraksion panjara, ML—chizg'ich, K— kuzatuvchi; b) 1— difraksion panjara, 2—tirqishli chizg'ich, 3—chizg'ich, 4—tayanch.

tirqishli chizg'ich (TL) tirqishidan o'tadi va difraksion panjaraga tushadi.

Difraksion panjara orqali yorug'lik manbaiga qaralganda turli rangdagi spektr ko'rinadi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing, o'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Laboratoriya qurilmasini ko'zdan kechiring va undagi asboblarning to'raligini tekshiring.

3. Metrli chizg'ich ustiga mahkamlangan asboblarni yorug'lik manbaiga to'g'ri yo'naltiring.

4. Yorug'lik oqimini hosil qiluvchi elektr lampani tok manbaiga K kalit yordamida ulang.

5. Lampa shu'lalangandan so'ng, shu lampaga tirqishli chizg'ich tirqishi orqali qarab, lampaning cho'g'lanuvchi tolasi aniq ko'rinadigan qilib tirqishli chizg'ich (TL)ni joylashtiring.

6. Difraksion panjarani metrli chizg'ich oxiridagi maxsus joyga o'rnatish.

7. Difraksion panjara orqali yorug'lik manbaiga qarab chiziqli spektrlar ko'rganiga ishonch hosil qiling.

8. Difraksion panjara orqali tirqishli chizg'ichning o'rtasidagi «O» nuqtadan avval o'ng tomonga qarab biror

aniq spektr chizig'ini, so'ngra chap tomonga qarab ikkinchi spektr chizig'ini shu chizg'ichning qoraga bo'yalgan qismi ustida ko'rib, ularning noldan chiziqli spektrgacha bo'lgan masofalarini aniqlang. Bunda noldan o'ng va chap tomonlardagi chiziqlargacha bo'lgan masofalar $h_{o'ng}$ va h_{chap} deb olinadi.

9. Har bir rangdagi chiziqli spektrlargacha bo'lgan masofalarni kamida uch martadan aniqlangandan so'ng ularning o'rtachasini jadvalga kiriting.

10. Difraksion panjaradan tirqishli chizg'ichgacha bo'lgan masofani har safar o'zgartirib, spektr chiziqlari orasidagi h masofani aniqlang.

11. Aniqlangan l va h asosida λ ni hisoblang.

Rangli chiziqlar nomlari	h_1	h_2	l_1	l_2	d	λ	$\Delta\lambda$
Binafsha							
Yashil							
Sariq							
Zarg'aldoq							
Qizil							

Eslatma. h_1 va h_2 hamda l_1 va l_2 tirqishdan o'ng va chap tomonda ko'ringan spektr holatlariga mos keladi.

12. O'tkazilgan tajribadan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Spektr necha xilda bo'ladi va ular qanday nomlanadi?
2. Yorug'lik to'lqinmi yoki fotonlar oqimimi?
3. Oq yorug'lik oqimi spektrida necha xil rangli chiziqlar bor?
4. Difraksion panjara deb qanday asbobga aytiladi va u qayerlarda ishlatiladi?
5. Difraksion panjara doimiysi deb nimaga aytiladi?
6. Oq yorug'lik oqimining to'lqin uzunligi nimaga teng?

5.12. NYUTON HALQASI YORDAMIDA LINZANING EGRILIK RADIUSINI ANIQLASH

Ishning maqsadi. 1. Kogerent yorug'lik manbaini hosil qilish usulini o'rganish. 2. Linzaning egrilik radiusini Nyuton halqasi yordamida aniqlash usulini o'rganish. 3. Linzalar qanday asboblarda qo'llanishini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Kundalik hayotdan ma'lumki, bir xil quvvatli yorug'lik manbalari nurlagan yorug'lik dastalari ularning har biri nurlagan yorug'lik dastalarining yig'indisiga teng bo'ladi. Bu yorug'lik manbalari nokogerent manbalar bo'lganida, ko'zimiz sezmaydigan ayrim farqlar bilan ular bir-biridan ajralib turadi, chunki ularning to'lqin uzunliklari ($\lambda_1 \neq \lambda_2$) teng bo'lmaydi. Manbalar nurlagan to'lqinlar bir-biridan chastotasi va to'lqin uzunligi jihatidan farq qilganligi uchun interferensiya sharti bajarilmaydi. Ushbu holda yorug'lik dastalarini rangli filtr orqali o'tkazib, bir yorug'lik manbaidan chiqqan nurlarni ko'zgulardan qaytarish yoki qo'shaloq teshik yoki tirqishlar, prizma, biprizma va sh.k. lardan o'tkazish yo'li bilan kogerent manbalar hosil qilinadi. Bunda ekranda hosil qilinadigan interferensiya manzarasi bilan manbalar orasidagi masofa ancha uzoq, ya'ni 2—4 m oralig'ida bo'ladi.

Atom metaturg'un energetik qatlamdan turg'un energetik qatlamga o'tishda $t = 2 \cdot 10^{-8}$ s vaqt davomida nurlaydi. Lekin hamma atomlar nurlagan nurlanishning to'lqin uzunliklari bir xil bo'lmaydi. Shuning uchun manbadan to'ekrangacha nurlar o'tgan yo'l uzunliklari farqi Δl uch metr dan katta bo'lganida interferensiya hosil bo'lmaydi. Chunki har bir mustaqil atom 10^{-8} s davomida ma'lum aniq to'lqin uzunligidagi nur nurlaydi. Bu to'lqin frontining oldingi qismi shu vaqt davomida biror masofaga yetib borishga ulguradi, lekin to'lqinning oxiri ekrangacha yetib bora olmaydi. Masalan, masofa

$$l_1 = ct = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 10^{-8} \text{ s} = 3 \text{ m}; \quad l_2 = 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{-9} \text{ s} = 0,3 \text{ m};$$

$$l_3 = 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{-7} \text{ s} = 30 \text{ m}.$$

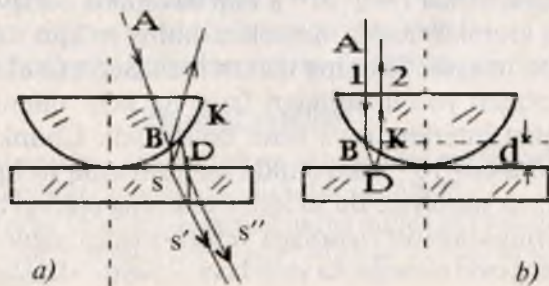
Demak, yagona atom nurlanganida to'liqinning oldingi fronti 10^{-8} s davomida $l = 3\text{ m}$ masofaga yetib boradi. To'liqinning qolgan qismi boshqa yo'llar bilan 10^{-8} s davomida 3 m gacha farq bilan yetib borishga ulgurmaydi. Natijada ekranda tasvir hosil bo'lmaydi. Demak, $l < \Delta l$ bo'lganida tasvir kuzatilmaydi, aksincha, $\Delta l < l$ bo'lganida interferensiya paydo bo'ladi.

Shuning uchun l masofani nurning *kogerentlik masofasi*, t ni *kogerentlik vaqti* deb yuritiladi.

Yassi ko'zgu shisha plastinka ustiga yassi-qavariq linzani qo'yib, shishalarni yorug'lik nurlari bilan yoritilganda qaytgan yorug'likda har xil rangli halqalar (Nyuton halqalari) kuzatiladi. Bu halqalarni birinchi marta Nyuton kuzatgan bo'lsa-da, ammo uning qonuniyatini tushuntira olmadi. Faqat (1802- y) Yung fanga interferensiya tushunchasini kiritganidan keyin Nyuton halqalarini tushuntirish mumkin bo'ldi. Halqa markazida qora dog' bo'lishi (1804- y) to'liqinning $\lambda/2$ uzunligi yetib bora olmasligi asosida minimum hosil bo'lishi bilan asoslandi.

Demak, shunga asosanib, linza sirtiga nur perpendikular tushganida Nyuton halqalarining katta-kichikligini o'lchab, linzaning radiusini hisoblash mumkin ekan.

Faraz qilaylik, yarim sferik kichik o'lchamli linza yassi sirtli shaffof optik shisha plastinka ustiga joylashtirilgan bo'lsin. Yorug'lik nuri sirtga perpendikular tushsin (5.12.1- rasm). Linzaning qavariq sirtidan nurning bir qismi qaytadi, bir qismi sinib havoga o'tadi. Havoga o'tgan nur shisha plastinka-



5.12.1- rasm. «Nyuton halqasi»ni kuzatishga mo'ljallangan sxematik tasviri.

ga tushadi va undan bir qismi qaytib, yana havo orqali linzaga tushib, undan sinib o'tadi. Shunda ekranga juft va toq yarim to'liq uzunligiga teng yo'llar farqi bilan tushgan to'liqlarning o'zaro qo'shilishidan kuzatuvchiga interferensiya manzarasi, ya'ni rangli takrorlanuvchi halqalar ko'rinadi. Halqalarning radiuslari R har xil kattalikda bo'ladi (5.12.2- rasm).



5.12.2- rasm. Yorug'lik nurining interferension manzarasi.

Nyuton halqasining radiusini aniqlash uncha murakkab emas.

Monoxromatik yorug'lik oqimi perpendikular tushgan holat uchun o'zaro interferensiyalanuvchi nurlar o'tgan yo'llarning geometrik farqi $2d$ ga teng bo'ladi. Bunda d — nur o'tgan nuqtadagi, ya'ni linza bilan plastinka oralig'idagi havoning qalinligi. Linzaning shisha plastinkaga tegib turgan nuqtasidan to chekkasigacha havo qatlami qalinlashib boradi. Demak, havo qatlami (d) bilan hosil bo'lgan (interferensiya tasviri) halqa radiusi (r) o'rtasidagi bog'lanishni quyidagicha ifodalash mumkin bo'ladi:

$$r^2 = R^2 - (R - d)^2 = 2Rd - d^2, \quad (1)$$

bunda R — linzaning qabariq sirti radiusi. Agar $2R \gg d$ ekanligini e'tiborga olsak, (1) dan d ni topish mumkin:

$$d = \frac{r^2}{2R} \text{ yoki } 2d = \frac{r^2}{R}. \quad (2)$$

Nur shisha — havo va havo — shisha chegarasida o'z fazasini π kattalikka o'zgartiradi. Shisha — havo chegarasidan qaytgan nur havo — shisha chegarasidagiga nisbatan qo'shimcha π fazaga siljiydi. Bu siljish kattaligi yarim to'liq uzunligiga mos keladi. Demak, nurlar yo'lining to'liq uzunliklari farqini quyidagicha yarim to'liq uzunligini qo'shib yozish usuli bilan ifodalash mumkin:

$$\Delta l = l_1 - l_2 = \Delta = 2d + \frac{\lambda}{2} = \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2}. \quad (3)$$

Interferensiya hodisasining maksimum va minimumlik shartiga asosan $\Delta l = \Delta$ deb yozish mumkin:

$$\Delta l = \Delta = k\lambda - \text{maksimum sharti,}$$

$$\Delta l = \Delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} - \text{minimum sharti.} \quad (4)$$

(3) va (4) tengliklarni birgalikda yechib, maksimum va minimumlarga mos keluvchi halqalar radiuslarini hisoblash ifodasini hosil qilish mumkin:

$$r_{\min} = \sqrt{Rk\lambda},$$

$$r_{\max} = \frac{\sqrt{R\lambda(k-1)}}{2}.$$

Agar tajribada mikroskop yoki maxsus (5) qurilma yordamida r o'lchansa, berilgan R uchun interferensiya tasvirini hosil qilgan yorug'lik nuri to'lqin uzunligini (5) ifodadan aniqlash mumkin. U holda rangli halqalarning to'lqin uzunliklarini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\lambda_1 = \frac{r^2}{kR} - \text{min} - \text{qora rangdagi halqa,}$$

$$\lambda_2 = \frac{2r^2}{R(2k-1)} - \text{max} - \text{biror rangdagi halqa.}$$

Demak, ma'lum shart-sharoitda Nyuton halqasi yordamida halqalar radiuslarini, linzaning egrilik radiusini va nurning to'lqin uzunligini aniqlash mumkin ekan.

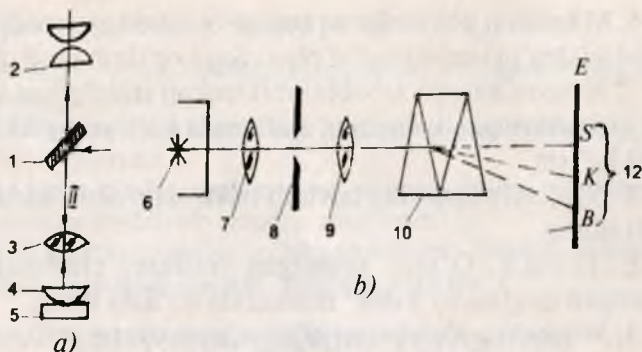
Shuni ham eslatib o'tish joizki, monoxromatik nurda hosil bo'lgan Nyuton halqalari o'sha rangda bo'ladi.

Asbob-uskunalar

Mikroskop (o'lchash mexanizmiga ega bo'lgan). «Nyuton halqasi»ni hosil qiluvchi asbob. Yarim shaffof shisha plastinka. Yig'uvchi linza. Monoxromatik yorug'lik nuri manbai (simob—kvarsli lampa). Monoxromator (kondensor, tirqish, yig'uvchi linza, prizmalar tizimi). Tok manbai.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma yuqorida qayd etilgan asboblarning asosida yig'iladi (5.12.3- rasm). Yorug'lik manbaidan yarim shaffof shisha plastinka (1) ga tushgan nur ikkiga ajraladi, bir qismi plastinkada sinib, undan o'tadi (1) va mikroskopning optik sistemasi (2) ga yo'naltiriladi; ikkinchi qismi — plastinkadan



5.12.3- rasm. Mikroskop (a) va monoxromator (b) da nurning o'tish yo'li sxemasi:

1 —yarim shaffof shisha plastinka; 2—optik sistema; 3—linza;
4—Nyuton halqasi; 5—tekis plastinka; 6—monoxromatorning yorug'lik manbai; 7—linza; 8—tirqish; 9—linza; 10—prizmalar sistemasi; 11—ekran; 12—spektr.

qaytgani (II) yig'uvchi linza (3) orqali «Nyuton halqasi» asbobi (4 va 5) ga tushadi va undan sinib o'tib, yana qaytib mikroskopga tushadi. Ekran o'rniga siljiydigan tirqishli to'siq olib istalgan to'liq uzunligidagi nur (12) ni yorug'lik manbai etib tanlash mumkin. Masalan, simobning ko'k rangdagi nuri ($\lambda = 546 \cdot 10^{-9} m$) tanlanishi mumkin va h.k. Mikroskopda ko'ringan Nyuton halqalarining diametri yoki radiusi aniqlanadi va qiymatlarni formula (5) ga qo'yib, linzaning radiusi hisoblanadi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib chiqing va ishga kerakli asbob-uskunalar hamda ularni ishlatish tartibini o'rganing.

2. O'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

3. Qurilma tarkibiga kiruvchi asbob-uskunalarni o'z joylariga (5.12.3- rasmda ko'rsatilgandek) o'rnatib.

4. Nyuton halqasi asbobida rangli halqalarni uning murvatlarini burab, oddiy yorug'lik nurida hosil qiling.

5. Simobli lampani ulang va monoxromatorni shunday rostlangki, uning chiqish kanalida (opak—illuminator darchasida) simobning ko'k rangdagi chiziqli spektri paydo bo'lsin.

6. Mikroskop stolchasiga oq qog'oz joylashtiring va unda ko'k rangdagi dog'ni yarim shaffof plastinkani og'dirib hosil qiling.

7. Nyuton halqasi asbobini mikroskop stolchasiga shunday joylashtiringki, halqaning markazida ko'k yorug'lik dog'i hosil bo'lsin.

8. Nyuton halqasining tasvirini mikroskop okulyarida aniq hosil qiling.

Eslatma. O'zaro kesishgan (nishon) chiziqlarning kesishgan nuqtasi ko'k dog' markazida bo'lishi shart!

9. Mikroskop stolchasini siljituvchi murvatni, mikrometrik murvatni burab, kesishgan chiziqlar markazini eng uzoqda va aniq ko'rinadigan halqa chizig'ining o'rtasigacha siljiting hamda halqaning nechanchi tartibda ekanligini va murvatning ko'rsatishini yozib oling. Xuddi shunday stolchani chap tomonga siljitib, aynan yuqoridagidek tartibda halqa chizig'ining o'rtasidan to Nyuton halqasi markazi (qora dog')gacha bo'lgan masofani mikroskopning mikrometrik murvatchasi yordamida aniqlang va yozib oling. Aniqlangan natijalarni quyidagi jadvalga kiriting.

O'lchash tartibi	Ranglar (simob uchun)	Qora halqalar tartibi, k	Yorug'lik to'lqin uzunligi, λ , m	Qora halqa diametri, d , m	Qora halqa radiusi, r , m	Linza radiusi, R , m
1	Sariq					
2	Ko'k		$545 \cdot 10^{-9}$			
3	Binafsha					

10. Imkoniyatdan kelib chiqqan holda, har bir halqa (qora, oq halqalar)ning diametrini aniqlab, ular asosida r va R ni hisoblang.

Eslatma. Linzaning egrilik radiusi boshqa usullar bilan avval aniqlangan bo'lsa, u holda shu qurilmada yorug'likning to'lqin uzunligini aniqlash mumkin.

11. O'lchashlarda yo'l qo'yilgan absolut va nisbiy xatoliklarni hisoblang.

12. Bajarilgan ishdan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Kogerent va nokogerent manbalar deb qanday yorug'lik manbalariga aytiladi?
2. Interferensiya manzarasi Nyuton halqasi yordamida qanday hosil qilinadi?
3. Linza qanday optik element va uning radiusi interferensiya hodisasidan foydalanib qanday aniqlanadi?
4. Yorug'lik nurining to'lqin uzunligini Nyuton halqasi asbobidan foydalanib qanday aniqlash mumkin?

5.13. YORUG'LIKNING YUTILISHINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: 1. Yorug'lik nurining shaffof jismlardan o'tish jarayonida intensivligini o'zgartirishini o'rganish. 2. Nurning yutilishi uning chastotasi (to'lqin uzunligi)ga bog'liqligini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Oq yorug'lik, infraqizil, ultrabinafsha, rentgen nurlari va sh.k. elektromagnit to'lqinlar muhitdan qaytish, undan o'tish va unda yutilish jarayonida moddani tashkil etgan atomlar zarralari bilan ta'sirlashadi. Ta'sirlashish jarayonining mexanizmi o'ta murakkab bo'lib, u moddaning agregat holatiga, nurlovchi nur chastotasi (energiyasi)ga bog'liq. Yorug'lik nuri modda atomlari bilan ta'sirlashganda o'z energiyasini berishi hisobiga intensivligini, yo'nalishini o'zgartiradi. Natijada shaffof muhitning oldingi yuzasiga tushgan birlamchi nur oqimining intensivligi muhitdan o'tgandan keyingisiga teng bo'lmaydi ($I_0 \neq I$). Chunki nur muhitda yutiladi, undan qaytadi, shundan so'ng qolgani o'tadi.

Ko'pchilik qisqa to'lqinli nurlar uchun quyidagi qonuniyat o'rinli bo'ladi:

$$I = I_0 e^{-\mu d},$$

bunda I_0 va I — nurning biror d qalinlikdagi moddada yutilguniga qadar va yutilgandan keyingi intensivliklari; μ — yutilish koeffitsienti. Rentgen nuri uchun $\mu = 1/d_0$; bunda

d_0 – nurning muhitdan o'tishida birlamchi holatiga nisbatan intensivligini 2,718 marta kamaytira oladigan modda qalinligi.

Oq yorug'lik nuri oqimining shaffof muhitdan o'tishida sodir bo'ladigan jarayonlarni, uning to'liq uzunligi rentgen nurinikiga nisbatan ancha katta bo'lganligi sababli, yuqorida keltirilgan formula to'liq qoniqtira olmaydi. Chunki bu yerda diffuzion sochilish ehtimolligi ancha yuqori bo'ladi. Shunday bo'lsa-da, ayrim tadqiqot ishlarini laboratoriya sharoitida o'tkazish uchun bu formuladan foydalansa bo'ladi.

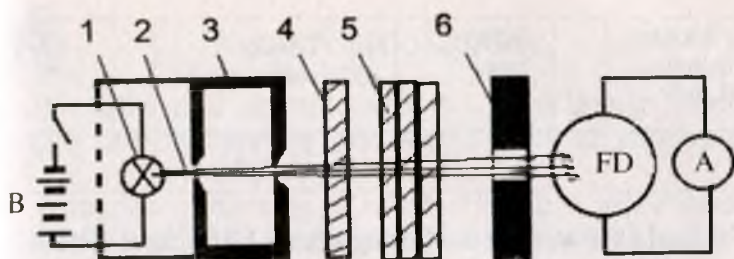
Asbob-uskunalar

Yorug'lik manbai (lazer nuri, simob — kvars lampali manba, ultrabinafsha nur, rentgen nuri). Kollimator—truba shaklidagi ingichka teshikli tirqish. Shaffof plastinkalar. Fotodatchik (vakuumli yoki yarim o'tkazgichli fotoelementlar, lyuksmetr). Ampermetr yoki voltmeter. O'zgarmas tok manbai (yuqori va past kuchlanishli). Optik shishadan tayyorlangan yorug'lik filtrlari va boshqa yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Yorug'lik manbai, fotodatchiklar turiga va laboratoriyadagi asbob-uskunalar zaxirasiga qarab, qurilma sxemasini bir necha variantlarda tuzish mumkin. 5.13.1- rasmdagi sxemadan ko'rinib turibdiki, qurilma yorug'lik nuri (2) ni hosil qiluvchi elektr lampa (1), o'zgarmas tok manbai (B), nur kollimatori (3), ma'lum to'liq uzunligidagi nurni o'tkazuvchi optik shisha (4), shaffof shishadan tayyorlangan filtrlar (5), keng tirqishli kollimator (6), fotodatchik (FD), yorug'lik nuri hosil qilgan fototokni o'lchaydigan ampermetr (A) hamda tashqi yorug'lik manbalaridan keladigan nurni o'tkazmaydigan himoya qutisi—ekrandan tashkil topgan.

Qurilmani ishga tushirish uchun K kalit ulanadi. Shunda yorug'lik manbaining nuri tor aylana shaklidagi torayib boruvchi kollimatordan o'tib, ma'lum rangdagi yorug'likni o'tkazuvchi optik shishadan yasalgan filtrga tushadi. So'ngra undan keyin o'rnatilgan shaffof jismlar (shisha plastinka)dan o'tib, fotodatchik yuzasiga tushadi va unda



5.13.1- rasm. Ishning sxematik tasviri.

fototok hosil qiladi. Bu fototok kattaligining qiymati kichik toklarni o'lchaydigan ko'zguli mikroampermetr (yoki mikrovoltmetr) yordamida o'lchanadi. Yuzaning yoritilganligi o'lchanganida, unda fotodatchik o'rniga lyuksmetr ishlatilishi mumkin. Yorug'lik manbai sifatida laboratoriyaning rentgen qurilmasi qo'llanilsa, u holda yorug'lik filtrlari va shisha plastinkalar o'rniga aluminiy, qo'rg'oshin va sh.k. metall plastinkalar ishlatiladi. Fotodatchik o'rniga radiodozimetr qo'llanilishi mumkin.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va kerakli asbob-uskunalarning mavjudligini tekshiring. O'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Ishni bajarish uchun laboratoriya zaxirasidan kelib chiqqan holda, sxema tanlang va kerakli asbob-uskunlardan qurilma tuzing.

3. Tuzilgan sxemaning to'g'riligini o'qituvchiga tekshirting.

4. Qurilmani tok manbaiga ulang va kalitni berkiting. Shunda signal lampasi shu'lalanadi.

5. Yorug'lik nuri yo'liga, sxemaga mos ravishda, kerakli filtrlar (5)ni o'rnating va lyuksmetr yoki ampermetr (A) ko'rsatishini yozib oling hamda ularni quyidagi jadvalga kiriting.

Plastinka qalinligi, d, mm	I_0	Filtr rangi	I_1	O'lchashlar tartibi				$I_{o'n}$	$\Delta I_{o'n}$
				2	3	4	5		

E s l a t m a . Har bir turdagi rangli filtr uchun o'lchashlar alohida o'tkaziladi va o'lchash natijalari jadvalga (xuddi yuqoridagi jadvalga o'xshash) kiritiladi. Yettita rang uchun yettita jadval tuziladi.

6. Yorug'lik yo'liga har xil qalinlikdagi shisha plastinkalar (5)ni qo'yib, har safar ampermetrning ko'rsatishini yozib oling.

7. Topilgan natijalar asosida $I_\lambda = f(d)$ bog'lanish grafigini millimetrli qog'ozga chizing.

8. O'lchashlar xatoligini aniqlang.

9. Tajribadan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Yorug'lik nuri muhitdan o'tish jarayonida nima uchun yutiladi?

2. Yorug'likning yutilish hodisasi hamma jismlarda bir xil bo'lishi mumkinmi?

3. Nurning yutilish qonuniyati hamma turdagi elektromagnit to'lqinlar uchun bir xil bo'lmasligiga asosiy sabab nimada?

4. Nurning yutilishi modda qalinligiga bog'liqmi?

5. Chizilgan $I_\lambda = f(d)$ grafigini tushuntiring.

6. Hamma turdagi yorug'lik fotonlarining massalari o'zaro tengmi?

5.14. YORUG'LIK INTENSIVLIGINING QUTBLANISH DARAJASIGA BOG'LIQLIGINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: 1. Yorug'likning qutblanish hodisasini o'rganish. 2. Yorug'lik oqimi intensivligining polarizator bilan analizator (tahlil) plastinkalari orasidagi burchakka bog'liqligini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Yorug'lik nuri elektromagnit to'lqin bo'lganligi uchun o'zaro perpendikular bo'lgan magnit va elektr maydonlar ($\vec{B}$ va $\vec{E}$) dan tashkil topgan.

Yorug'lik vektorining yo'nalishini tashqi ta'sir natijasida ma'lum burchakka o'zgartirish hodisasi kundalik hayotda ko'p uchraydi.

Yorug'lik to'lqini tebranishlarining yo'nalishi biror tarzda tartiblangan yorug'lik qutblangan yorug'lik deyiladi. Yorug'lik to'lqini tebranishlari faqat bitta tekislikda sodir bo'lsa, uni yassi yoki *to'g'ri chiziqli qutblangan yorug'lik* deb yuritiladi (5.14.1- rasm).

Yorug'lik nurining qutblanishini Malyus o'rgangan va qonun uning nomi bilan yuritiladi. Mazkur qonunning matematik ifodasi quyidagicha ifodalanadi:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha, \quad (1)$$

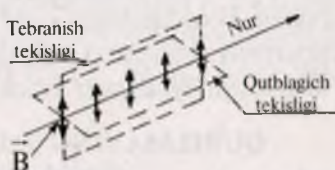
bunda I_0 va I — qutblagichga tushgan va undan o'tgan nurlarning intensivligi.

Yorug'lik nurini biror burchakka burish vazifasini polarizator (qutblagich) bajaradi. Ular parallel tekislikdagi to'lqinlarni bemalol o'tkazib, perpendikularlarini o'tkazmaydi. Birinchi plastinkadan o'tgan nur intensivligi I_0 bo'lsa, tabiiy nurniki I_t bo'lganida shu ikki plastinka (qutblagich) dan o'tgan nur intensivligi quyidagicha ifodalanadi:

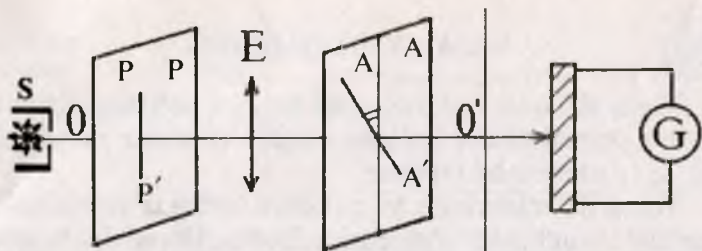
$$I = \frac{1}{2} I_t \cos^2 \alpha, \quad (2)$$

bunda α — tushgan va qutblangan nurlar orasidagi burchak.

Qaytgan va o'tgan nurlar qisman qutblangan bo'ladi (5.14.2- rasm). Polarizatorlar ayrim asbob-uskunalarda qutblantirgich sifatida qo'llaniladi. Qutblagich ko'zoynaklar va sh.k. bunga misol bo'la oladi.



5.14.1- rasm.
Polarizatorlarning o'zaro perpendikular tekisliklarda joylashuvi



5.14.2- rasm. Polyarizator va analizator plastinkalarining o'zaro joylashish sxemasi:

S—yorug'lik manbai; P va A — polyarizator (qutblagich) va analizator (tahlil) plastinkalari; G— galvanometr; D — datchik.

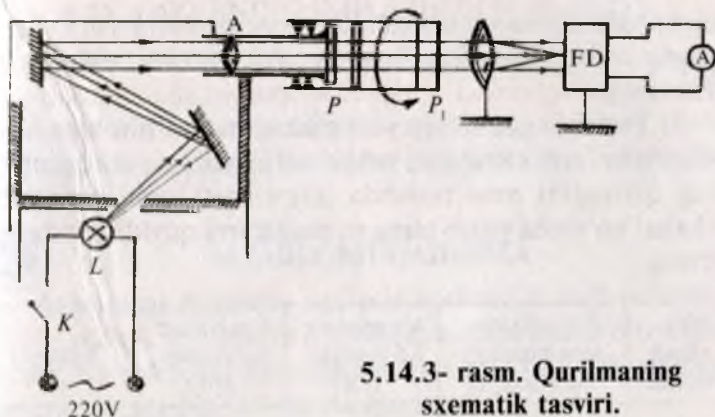
Asbob-uskunalar

Kuchli yorug'lik manbai. Yorug'lik oqimini qayd etuvchi fotodatchik (vakuumli fotoelement yoki ichki fotoeffekt hodisasi asosida ishlaydigan asbob). Polyarizator va analizator vazifasini bajaruvchi lavsan plastinkalari yoki optik shishadan tayyorlangan asboblari. Fotodatchikda hosil bo'lgan fototoklarni o'lchaydigan ampermetr (voltmetr) yoki datchik yuzasining yoritilganligini o'lchaydigan lyuksmetr asbobi va boshqa yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Laboratoriya ishini bajarishga mo'ljallangan qurilma 5.14.3-rasmda keltirilgan. Qurilmaning asosini yorug'lik manbai, polyarizator, fotodatchik va o'lchov asboblari tashkil qiladi. Elektr tarmog'iga yorug'lik manbai (epidiaskop yoki boshqa turdagi kuchli yorug'lik asbobi)ni ulaganimizda u kuchli yorug'lik oqimi beradi. Bu oqim ko'zgular yordamida epidioskopning proyeksiyalovchi (yuqorigi) chiqish kanaliga yo'naltiriladi. Yorug'lik oqimi yo'liga polyarizator va analizator vazifalarini bajaruvchi qutblovchi plastinkalar parallel holda joylashtirilganligi sababli yorug'likning ma'lum qismi ushbu plastinkalardan o'tib, to'g'ri fotodatchikka tushadi. Fotodatchik yorug'lik fotonlari oqimi energiyasini fotoelektr hodisasiga muvofiq elektr tokiga aylantiradi.

Hosil bo'lgan fototok mikroampermetr (voltmetr) bilan o'lchanadi. Fotodatchik vazifasini lyuksmetr bajarganida fotodatchik yuzasining yoritilganligi o'lchanadi (lyukslarda).



5.14.3- rasm. Qurilmaning sxematik tasviri.

Analizator plastinkasini polarizator plastinkasiga nisbatan biror burchakka burganimizda yorug'lik oqimi va unga mos ravishda lyuksmetr (ampermetr)ning ko'rsatishi ham o'zgaradi. 5.14.3- rasmdan ko'rinadiki, ko'zgular sistemasi K_1 joylashgan joyda yorug'lik L lampadan uzatiladi. Nur burib olingandan so'ng, polarizator plastinkalari P va P_1 hamda linza orqali fotodatchik (FD) ga tushadi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va qurilmada ishlatiladigan hamma asboblarning mavjudligini tekshiring. O'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Ishning elektr sxemasini va asboblarning ulanishini o'rganing.

3. Sxemada keltirilgan asboblarni ishga tayyorlab, 5.14.3- rasmdagi sxema bo'yicha qurilmani yig'ing va o'qituvchi (yoki laborant)ga tekshirtiring.

Eslatma. Fotodatchikni polarizator joylashtirilgan yorug'lik yo'liga ish yuzasi tomoni bilan joylashtirishda ehtiyotlik bilan ishlang!

4. Polarizator bilan analizator plastinkalari orasidagi burchakni «0»ga keltiring. Epidioskop korpusidagi «0» nuqta

belgisi bilan ustma-ust tushgunicha polyarizatorni o'zi joylash-tirilgan truba bilan birgalikda o'z o'qi atrofida sekin burab aylantiring.

5. Tushayotgan tabiiy yorug'lik shovqini hisobiga hosil bo'lgan fototok kattaligini yoki datchik yuzasi yoritilganligi-niing qiymatini mos ravishda ampermetr yoki lyuksmetr shkalasi bo'yicha yozib oling va natijalarni quyidagi jadvalga kiriting.

O'l-chash tartibi	Polyarizator-niing burulish burchagi, α	Ampermetr ko'rsatishi, I, A	Lyuksmetr ko'rsatishi, E, lx	$\pm \Delta E(\Delta I)$
1.				
2.				
3.				

E s l a t m a . Hamma o'lchashlarda tabiiy shovqin hosil qil-gan fototok kattaligini umumiysidan ayiring, ya'ni:

$$I = I_{um} - I_0 \quad \text{yoki} \quad E = E_{um} - E_0.$$

6. Har bir yangi o'lchashni boshlashdan avval polyariza-torni 10° ga burang va bu o'lchashlarni $0^\circ - 90^\circ$ gacha oraliqda kamida uch martadan takrorlang.

7. $0^\circ, 10^\circ, \dots, 90^\circ$ burchaklarga polyarizator burilganidagi fototok (yoki yoritilganlik) qiymatlarini yozib oling va ularni jadvalga kiriting.

8. O'lchangan natijalarning o'zaro $E = f(\alpha)$ bog'lanish grafigini millimetrli qog'ozda chizing.

9. Bajarilgan ishdan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Yorug'lik nurining vektorlari deganimizda nimani tushunasiz?
2. Yorug'likning qutblanishi qanday sodir bo'ladi va uni qan-day kuzatish mumkin?
3. Yorug'likning qutblanishini qanday joylarda qo'llash mum-kin?
4. Polyarizator va analizator yasashda qanday turdagi materi-allardan foydalaniladi?

5.15. LAZERNING ISHLASHINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: 1. Kogerent va nokogerent yorug'lik nuri manbalari haqida tushuncha berish. 2. Lazer—yorug'lik nurini majburiy nurlash qonuniyatini o'rganish. 3. Lazer nurini uyg'otishda moddalar turlari va uning qo'llanilishi haqida ma'lumot berish.



NAZARIY MUQADDIMA

Atomlarni majburiy nurlash hodisasi o'rinli bo'lishini 1916- yilda A. Eynshteyn o'z tadqiqotlarida eslatib o'tganidan so'ng, bu sohadagi ilmiy izlanishlar mahsuli 1961-yillarga kelib ko'zga tashlanadigan darajaga yetdi.

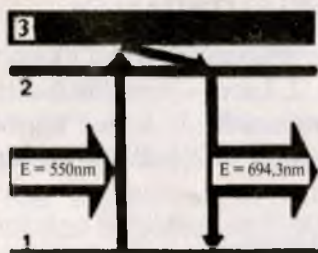
Lazer (LASER—Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) inglizcha so'zlarning bosh harflaridan tuzilgan so'z bo'lib, «yorug'likni majburiy nurlanish bilan kuchaytirish» degan ma'noni beradi. Bunday qutblangan va kogerent nur tabiatda uchramaydi. Bu—buyuk ilmiy izlanish, amaliy tadqiqotlar mahsuli.

Atomlarning ayrimlari metastabil (metaturg'un) energetik holatlarga tashqaridan yutilgan energiya hisobiga o'tishi va unda 10^{-8} s davomida turishi, so'ngra undan quyiroq energetik qatlamga nurlamasdan tushishi hamda unda 10^{-2} s bo'la olishi mumkinligi aniqlangan.

Massalari katta bo'lgan atomlarda elektronlarning 2-sathdan 1-sathga o'tishi anchagina sust bo'lishi sababli, 1-sathga o'tishi mumkin bo'lmasligi ham nazariy, ham amaliy jihatdan aniqlangan. Massalari o'rtacha bo'lgan kichikroq atomlar ikkinchi energetik qatlamda uzoq vaqt bo'la olmasligidan, ular albatta birinchi (turg'un) energetik qatlamga o'tadi. Bu o'tish oddiygina o'tish bo'lmasdan, modda (kristall yoki yarim o'tkazgich) atomlarining taqriban hammasi bir vaqtda birdaniga o'tadi. Shunda energiyasi atomlarning energetik qatlamlari energiyalari ayirmasiga teng bo'lgan ko'zga ko'rinadigan qizil kogerent nur nurlanadi, ya'ni:

$$\Delta E = E_n - E_k, \quad (1)$$

bunda ΔE — nurlangan lazer nuri energiyasi; E_n va E_k — mos



5.15.1-rasm. Lazer nuri hosil bo'lishining sxematik tasviri:

- 1 — E_1 - energetik sath;
 2 — E_2 - energetik sath;
 3 — E_3 - energetik sath;
 $E = 550\text{nm}$ — ksenon nurlagan to'liqin energiyasining to'liqin uzunligi;
 $E = 694,3\text{ nm}$ — yoqut lazeri nurlagan nur to'liqin uzunligi.

ravishda yuqori va turg'un energetik qatlamlar energiyalari (masalan, yoqut kristalidagi xrom atomlari uchun $n=2$ va $k=1$).

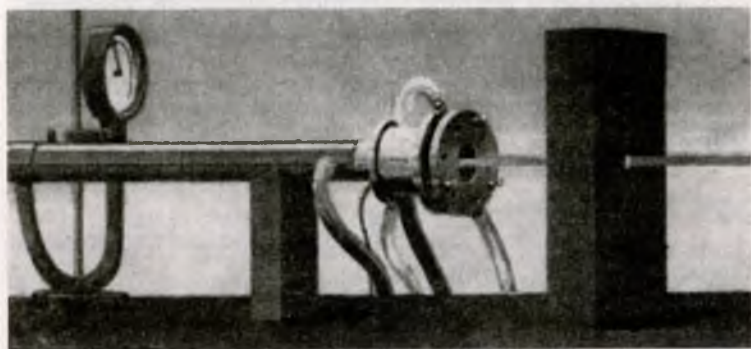
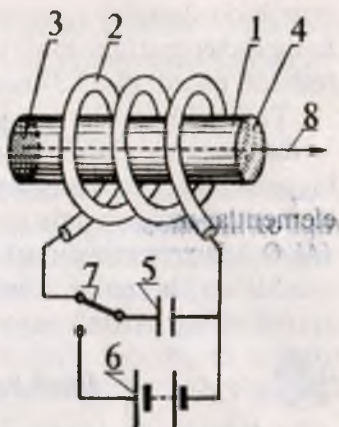
Massalari kichik bo'lgan atomlarning quyi energetik qatlamidagi elektroni yutilgan energiya hisobiga yuqori qatlamga o'tsa, o'ta tezlik (10^{-8} s) bilan yana oldingi holatiga qaytadi, ya'ni energiya to'plash xususiyatiga ega bo'la olmaydi. Massalari katta atomlarning ayrimlarida energiya to'plash, ya'ni quyidan ko'tarilgan elektron biror energetik qatlamda 10^{-2} s turib qolish ehtimolligi yuqori ekanligi aniqlangan.

Demak, tashqi ta'sir hisobiga moddaning ko'p sonli atomlarini energiya to'playdigan qatlamlarga o'tkazishni amalga oshirish mumkin ekan.

Bunday usulni *optik damlash* deyiladi. Optik damlashda atomlarni ma'lum $10^{-7} - 10^{-9}$ m to'liqin uzunligidagi nur bilan nurlaganimizda, ularning quyi energetik qatlamlaridagi elektronlari go'yoki yutgan energiya hisobiga shishadi (tasavvur uchun o'xshatma), natijada yuqori qatlamlarning biror muayyan qatlamigacha ko'tariladi. Shu qatlamda ham uzoq vaqt tura olmaydi va yana birin-ketin yoki to'g'ri nurlash yo'li bilan turg'un qatlamga tushadi. Bu nurlangan nur majburiy nurlash bo'ladi. Bu fizik qonuniyatni kashf qilgan N. G. Basov va A. M. Proxorov va Ch. Taunslar 1964- yilda lazer nazariyasini kashf qilganliklari uchun Nobel mukofotiga sazovor bo'lishgan. Birinchi yoqut kristalli lazerni amerikalik fizik T. Meyman tomonidan 1960- yilda yaratilgan.

5.15.2- rasm. Yoqut kristalli lazer qurilmasi:

- 1 — Al_2O_3 — yoqut kristali;
- 2 — ksenonli lampa;
- 3 — kumush purkalgan qaytaruvchi sirt;
- 4 — yarim shaffof sirt;
- 5 — kondensator;
- 6 — tok manbai;
- 7 — kalit;
- 8 — lazer nuri.



5.15.3- rasm. Gaz lazeri bilan (CO_2) magnezit g'ishtini teshish
(quvvati 18 kW, $\eta = 33\%$)»

Hozirgi kunda gaz, kristalli, yarim o'tkazgich lazerlari kashf qilingan va ular sanoat, ishlab chiqarish, tibbiyot, aviatsiya — kosmonavtika, televideniye, tovushni yozib olishda va sh.k. sohalarda keng qo'llaniladi. Masalan, soatsozlikda soatlar mexanizmlari tayanadigan kristallni parmalashda ishchi bir smenada 1—2 ta kristall parmalasa, lazer nuri bilan 2 minutda bir necha mingtasini o'ta yuqori sifat bilan parmalanadi. Lazer nurlari kosmik apparatlarni bir-biriga qo'shishda, ular orasidagi masofani aniqlashda, tibbiyotda ko'z kasalliklarini (qon chiqarmasdan) davolashda, Oy bilan Yer o'rtasidagi masofani o'lchashda o'ta yuqori aniqlik ($\pm 4\text{m}$) bergan. Lazer nurining

impulsida shunday katta miqdordagi energiya to'planadiki, har qanday qattiq jismni oniy vaqtda bug'lantirib yuboradi, teshadi, eritadi (5.15.3- rasm).

Turli xil kristallar asosida, masalan, kalsiy fluoritli (CaF_2 — dala shpati), yarim o'tkazgichli, shishali va sh.k. lazerlar tayyorlanadi. Bu kristallarga qo'shiladigan ayrim kimyoviy elementlar miqdori juda kam bo'ladi. Masalan, yoqut kristali (Al_2O_3) da xromning ulushi 0,05% bo'lib, bulardan tashqari ulushli qo'shilmalar sifatida aktinoidlar va lantanoidlar guruhlaridagi ayrim kimyoviy elementlar qo'shiladi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishini yo'riqnomasini o'qib o'rganing.
2. Nazariy qismda keltirilgan qisqagina lazer nurining hosil bo'lish mexanizmini o'rganing.
3. Yarim o'tkazgichli minilazer qurilmasining ishlashini o'rganing
4. Lazer nurining shaffof jismlardan qaytish, sinish, o'tish qonunlarini tajribada o'rganing.
5. Qanday turdagi lazerlar ishlab chiqarish va axborot uzatish tizimida qo'llanishini o'rganing.
6. Bajarilgan ishdan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Lazer nuri qanday hosil qilinadi?
2. Lazer qachon va kimlar tomonidan kashf qilingan hamda yasalgan?
3. Qanday turdagi lazerlar mavjud va ular qanday maqsadlarda qayerlarda qo'llaniladi?
4. Lazer nurining kogerent bo'lishining sababi nima?
5. Bor postulatlarini ayting.
6. Atomda energetik sath deganda nimani tushunasiz?
7. Mazer nima?

5.16. LAZER NURINING INTERFERENSIYASINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: 1. Lazer nurining hosil bo'lish qonuniyatini o'rganish. 2. Kogerent yorug'lik manbalari va ular

yordamida interferensiya tasvirini hosil qilishni o'rganish.
3. Lazer nuri interferensiyasida energiyaning saqlanish qonunini o'rganish.

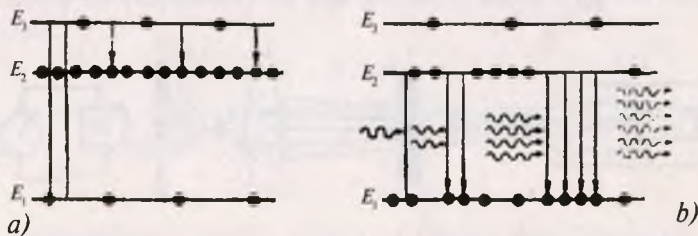


NAZARIY MUQADDIMA

Yorug'lik manbalari nokogerent va kogerent bo'lishi mumkin. Nokogerent yorug'lik manbaidan har xil to'lqin uzunliklaridagi nurlar chiqariladi (nurlanadi). Atom, molekula, ionlarning nurlashiga asosiy sabab, ularning o'ta qisqa ($10^{-7} - 10^{-8}$ s) vaqt davomida metastabil energetik holatga o'tishi, ya'ni soddaroq bayon qilinsa, uyg'ongan holatga o'tishi va undan turg'un holatga qaytishida ortiqcha energiyasini muhitga nur shaklida chiqarishidir.

Atom turg'un energetik holatda nurlamaydi. Har qanday qizdirilgan moddada atomlarning bir necha yuz milliardi bir vaqtning o'zida har xil chastotada nurlaydi. Shuning uchun bunday nurlanish har xil chastotada bo'lganligi uchun noxromatik nurlanish hisoblanadi. Bunday manba esa *nokogerent yorug'lik manbai* deyiladi.

Majburiy induksiyalangan nurlash (LASER—Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) *lazer nuri* deyiladi. Lazer nurining mavjudligi ehtimolini A. Eynshteyn 1916-yili nazariy jihatdan bashorat qilgan edi. Faqat u ushbu majburiy nurlashni lazer deb atamagan edi, xolos. Lazer nurlash hosil bo'lishi uchun moddada atomlar avval yutilgan tashqi energiya hisobiga pastki energetik sathlardan yuqori E_3 energetik sathga o'tadi, so'ngra 10^{-8} s davomida quyiyoq E_2 energetik sathga tushadi (5.16.1- a rasm). Keyin $10^{-8} - 10^{-9}$ s davomida $\Delta E = E_n - E_1$ energiyani hamma atomlar quyi, ya'ni turg'un E_1 energetik sathga o'tish jarayonida birdaniga nurlaydi (5.16.1- b rasm).



5.16.1- rasm. Lazer nurining yoqut kristalida hosil bo'lish mexanizmining sxematik tasviri.

V.A. Fabrikant 1939- yil majburiy nurlashga asoslangan usulda yorug'likni kuchaytirishni taklif etgan edi. Chunki ayrim modda atomlari uyg'ongan turg'un energetik holatlarga ega bo'lib, bunday energetik qatlamlarda atom uzoq vaqt—bir necha sekund bo'lishi mumkin. Bunga xrom aralashmali yoqut kristali (Al_2O_3) misol bo'la oladi (5.16.1- rasm). Rus olimlari N. G. Basov va A. M. Proxorovlar hamda amerikalik fizik Ch. Tauns tomonidan 1957- yilda kogerent nur generatorini yaratish g'oyasi aytilgan bo'lsa, 1960- yilda amerikalik fizik T. Meyman tomonidan bu generator ishg'a tushirildi.

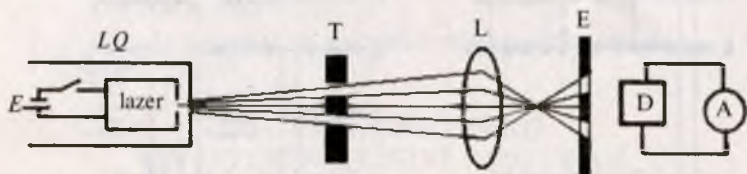
Majburiy kogerent nur generatori **lazer** deb qabul qilingan. Hozirgi kunda gaz, kristall, yarim o'tkazgichli lazerlar ishlab chiqarishda, aviatsiya—kosmonavtikada, tibbiyotda, o'quv jarayonlarida va sh.k. joylarda keng qo'llaniladi. Lazer nuri ham yorug'lik nuridan iborat bo'lganligi uchun to'lqin xossasiga ega. Uning yordamida yorug'likning interferensiyasi, difraksiyasi, sinishi, qaytishi, o'tishi, yutilishi va sh.k. xossalarini o'rganish va kuzatish mumkin.

Asbob-uskunalar

Yarim o'tkazgichli minikvant generatori. Yig'uvchi linza. Fotoelement (vakuumli yoki yarim o'tkazgichli). Ekran. Ko'zguli milliampermetr. Juda yaqin joylashgan o'ta kichik diametrli qo'shaloq teshikli metall plastinka.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Laboratoriya ishining qurilmasi kogerent yorug'lik manbai (gaz yoki yarim o'tkazgichli lazer), interferensiya hodisasini kuzatishga mo'ljallangan ekran, bir-biriga juda yaqin va



5.16.2- rasm. Laboratoriya ishi qurilmasining sxemasi.

kichik teshikli metall plastinka, yig'uvchi linza, milliampermetr, yorug'lik nuri detektori, vakuumli yoki yarim o'tkazgichli fotoelement, optik taglikdan tashkil topgan. Bu asboblarni (milliampermetr bundan mustasno) bir o'qda, ya'ni gorizontal tekislikda linzaning optik o'qi bo'ylab joylashtiriladi (5.16.2- rasm).

Lazer yoqiladi. Nur yonma-yon joylashgan o'ta kichik teshiklardan o'tib, linza orqali ekranga tushadi. Bu holatni ta'minlash uchun lazer qurilmasi (LQ), tirqish (T), linza (L), ekran (E) mos holda yuqoriga (pastga), o'ngga (chapga) siljitib rostlanadi. Detektorni ekran o'rniga joylashtiriladi va teshikchalardan nur o'tayotganligi va uning detektor (D) ga tushayotganligi tekshiriladi.

Lazer qurilmasi kogerent qizil rangdagi nurni nurlaydi. Nur ikkita o'ta kichik teshiklardan o'tib linzaga tushadi. Lazer nurini ekranga fokuslash vazifasini linza bajaradi, ya'ni tasvirning aniq bo'lishini ta'minlaydi. Detektor har bir teshikchadan o'tgan nur energiyalari miqdorini o'lchaydi. Detektor o'rniga lyuksmetr ishlatilsa, u ekranning yoritilganligini o'lchaydi. Ikki holatda ham har bir teshikchadan o'tgan lazer nurining energiyalari ularning yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni energiyaning saqlanish qonuni bajarilishi shart:

$$W = E_1 + E_2 = 2E,$$

chunki

$$E_1 = E_2 = E.$$

Bir xil amplitudali (energiyali) to'liqlar o'zaro qo'shilsa (interferensiyalashsa), minimumlar paydo bo'ladigan nuqtada ularning amplitudalari va energiyalari nolga teng bo'ladi, chunki

$$E_1 - E_2 = 0.$$

Aksincha, maksimumlar kuzatiladigan nuqtada amplitudalari va energiyalari ikkilanadi, ya'ni

$$W = E_1 + E_2 = 2E.$$

Tebranish energiyasi W to'liq amplitudasi E ning kvadratiga proporsional bo'lganligi uchun ekranning yoritilgan-



5.16.3-rasm.

liampermetr zanjiriga ulangan datchiklar yordamida o'lchanadi.

Lazer qurilmasining old qismida joylashtirilgan ikkita o'ta kichik teshikchali (teshik igna bilan ochilsa, maqsadga muvofiq bo'ladi) metall plastinkadan 1—1,5 m masofadagi ekranda linza yordamida interferensiya tasviri hosil qilinadi (5.16.3-rasm).

Eslatma. 1. Lazerdan boshqa turdagi kuchliroq yorug'lik manbai yordamida ham interferensiya tasvirini ekranda hosil qilish mumkin. Mustaqil ravishda bu ishni bajarish mumkinligini isbotlang. 2. Lazer nuriga qaramang. Ko'z pardasini, qorachig'ini kuydiradi!



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini sinchiklab o'qib o'rganing, sxemalarni tahlil qiling, so'ngra o'qituvchi savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Laboratoriya ishining qurilmasi (5.16.2- rasm) bilan to'liq tanishing va uning har bir qismining qanday vazifani bajarishini o'rganing.

3. Ish qurilmasining asboblari sxemada ko'rsatilganday (5.16.2- rasmga q.) joylashtiring.

4. O'qituvchi yoki laborantga sxemani tekshirtirgandan keyingina ishni bajarishga kirishing.

5. Lazer nurining chiqish kanalidan 1—1,5 sm uzoqlikda teshikli metall plastinkani qo'zg'almas qilib nur qarshisiga o'rnatang.

6. Metall plastinkadan 1—1,5 m uzoqlikda ekranni o‘rnatib.
 7. Qurilma (LQ) dagi «K» kalitni ulab, o‘zgarmas tok manbai (E) ga lazerni ulang. Shunda lazer qurilmasi kanali-dan qizil nur chiqadi.

8. Yig‘uvchi linza (L) ni lazer nuri yo‘li bo‘ylab ekran-dan 30—35 sm uzoqlikda joylashtiring.

9. Ikki teshikchali metall plastinkani o‘ta ehtiyotlik bilan siljitib, ekranda interferensiya tasvirini hosil qiling (5.16.3-rasm).

10. Ekranni olib qo‘ying, uning o‘rniga (yuqori aniqlik-da) fotoelement o‘rnatib va milliampermetr ko‘rsatishini yozib oling.

11. Metall plastinkadagi teshikchani biridan (qurilmani mutlaqo qimirlatmasdan) o‘tayotgan nur yo‘lini to‘siqcha bilan to‘sing. Bunda ekranda interferensiya tasviri kuzatilmaydi.

12. Milliampermetr (yoki lyuksmetr) ko‘rsatishini yozib oling.

13. Ikkinchi teshikchadan o‘tayotgan nur yo‘lini ham to‘siq, yana milliampermetr (yoki lyuksmetr) ko‘rsatishlarini yozib oling va natijalarni quyidagi jadvalga kiriting.

14. Lazer qurilmasini o‘chiring.

15. Tajribada topilgan natijalarning nisbiy xatoligini hisoblang.

16. Tajribadan xulosa chiqaring.

O‘lchash tartibi	Lazerdan plastinka-gacha bo‘lgan masofa, sm	Plastinka-dan linzagacha bo‘lgan masofa, sm	Linzadan ekranga-cha bo‘lgan masofa, sm	Interfe-rensiya tasviri hosil qilgan tok yoki yoritil-ganlik, $E_1 + E_2$	E_1	E_2
1.						
2.						
3.						

Radioaktiv izotoplarni *radioizotoplar* yoki *radionuklidlar* deb yuritiladi. Radioizotoplar—bu oʻzidan yadro nurlarini chiqaradigan kimyoviy element atomlaridir.

Radioaktivlik xossasiga ega atomlar yadro nurlarini aniq qonuniyat boʻyicha nurlaydi. Uni radioaktivlik qonuni deyiladi. Bu qonun statistik qonunlar asosida oʻrganiladi. Ixtiyoriy A radioizotopdagi N ta atomning yemirilish ehtimolligi bir xil va atomlar soniga proporsional boʻladi:

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

bunda λ — radioaktiv atom yadrosining vaqt birligidagi yemirilish ehtimolligi boʻlib, uni radioaktiv yemirilishning oʻzgarmas koeffitsienti deyiladi.

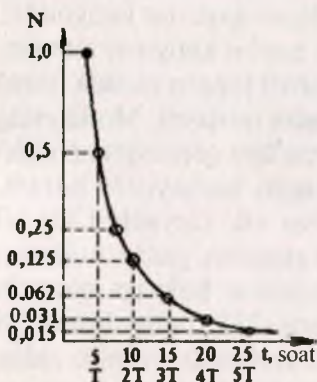
Demak, ixtiyoriy radioizotop aktivligi atomning yemirilish doimiysining shu moddadagi radioaktiv atomlar soniga koʻpaytmasiga teng. Vaqt oʻtishi bilan radioizotopdagi nurlovchi atomlar soni quyidagi qonuniyat boʻyicha kamayib boradi:

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

bunda: N_0 va N_t — radioizotop tarkibidagi boshlangʻich ($t=0$) vaqtdagi va biror t vaqt oʻtgandan keyingi holatlardagi nurlovchi atomlar soni; $T_{1/2}$ — yadroning yarim yemirilish davri; e — natural logarifm asosi; t — radioizotop yemirilgan vaqt. Radioaktiv atomlarning yarim yemirilish davri turlicha

boʻladi. Masalan, radioizotopning yarim yemirilish davri $T_{1/2} = 0,0001$ s dan bir necha milliard yilgacha boʻlishi mumkin.

Radioaktiv atomlardan tashkil topgan bir turdagi moddaning aktivligi har yarim yemirilish davrida oʻz aktivligini $1/2$ ga kamaytirib boradi. Masalan, boshlangʻich aktivligi A_0 boʻlsa, $T_{1/2}$ vaqtdan soʻng $A_0/2$ boʻladi. Xuddi shunday, uning aktivligi $A_0, A_0/2, A_0/4, A_0/8, \dots, A_0/2^n$ tartibida kamayib



6.1.1- rasm. Radioaktiv moddaning yemirilish grafigi.

boradi (6.1.1- rasm). Shuning uchun radioizotopning yemirilish qonunini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$A_t = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-0,693t/T}. \quad (3)$$

Radioizotop nurlagan nurlarning aktivligi turli-tuman dozimetrik asboblarda yordamida o'lchanadi va ular asosida xulosalar chiqariladi. Moddalar aktivligi «Kyuri»larda yoki o'lchov sistemasidan tashqaridagi o'lchov birliklaridagi «rentgen/soat; millirentgen/soat hamda mikrorentgen/soat» kabi o'lchov birliklarida o'lchanadi.

Asbob-uskunalar

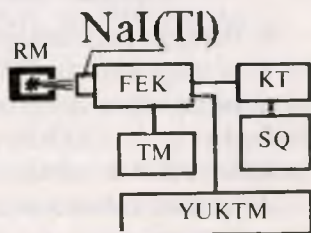
Changyutgich. Filtr. Sekundomer. S sintillyatsion datchik. O'lchov asboblari sistemasi (radiometr, tok manbai) va boshqa aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma ssintillyatsion datchik (monokristall NaI(Tl) yoki CsI(Tl), FEK — II, katodli takrorlash sxemasi), radiometr asbobi, yuqori va past kuchlanishli o'zgarmas tok manbalari hamda boshqa yordamchi aslahalardan tuzilgan. Qurilmani ishga tushirish uchun yuqori va past kuchlanishli o'zgarmas tok manbalari vazifasini bajaruvchi asboblarda elektr tarmog'iga ulanadi. So'ngra radioizotop hosil qilgan elektr impulsini sanagich asbobi (radiometr) tok manbaiga ulanadi. Keyin datchik ustiga radioizotop qo'yiladi. Shu radioizotop yadro nurlarini nurlagani sababli, monokristall bilan γ -kvantlar ta'sirlashadi va kristallda ko'zga ko'rinadigan har xil chaqnash nurlari paydo bo'ladi. Bu nurlar fotoelektrik kuchaytirgichning

6.1.2- rasm. Laboratoriya ishining blok-sxemasi:

RM — radioaktiv modda;
FEK—fotoelektron kuchaytirgich;
TM—tok manbai;KT—katodli takrorlagich sxemasi; SQ — sanagich qurilmasi; YUKTM — yuqori kuchlanishli tok manbai; NaI (TI) — monokristall.



fotokatodiga tushadi va nur energiyasiga mos keluvchi elektronlarni urib chiqaradi, ya'ni soddaroq aytsak, o'ta kichkina qiymatdagi fototok hosil bo'ladi. FEK—fotoelektron kuchaytirgich shunday qurilganki, birlamchi elektron ikkinchi dinodga tushadi va undan elektronlarni urib chiqaradi va sh.k. takrorlanish natijasida chiqishda (anodda) sezilarli impulsli kuchaytirilgan fototok paydo bo'ladi. Bu fototok o'lchov asboblari (radiometr yoki analizator) yordamida qayd qilinadi va radioizotop nurlarining spektral tarkibi yoki umumiy nurlash aktivligi (dozasi) aniqlanadi. Qurilmaning blok-sxemasi 6.1.2- rasmda keltirilgan.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishiniy yo'riqnomasini o'qib o'rganing va asbob-uskunalar bilan tanishing, ularni ishlatish tartibini o'zlashtiring.

Eslatma. 1. Radioizotoplar bilan ishlash tartib-qoidasi bilan to'liq tanishing va uni aniq bajarish tartibini, ehtiyotkorlik darajasi hamda himoyalani sh uslublarini o'rganing!

2. O'qituvchi savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

Eslatma. 2. Yuqori kuchlanish bilan ishlashda texnika xavfsizligiga qat'iy rioya qiling!

3. Asbob-uskunalarni elektr tarmog'iga ulamasdan ishga tayyorlang va o'qituvchi yordamida elektr tarmog'iga ulang.

4. Asboblarni 15 minut qizdiring.

5. Sinash o'lchashni o'tkazing va hisoblash asbobini to'g'ri ishlayotganligiga ishonch hosil qiling.

1-topshiriq. Radioizotop hosil qilgan

impulsar sonini yoki uning aktivligini aniqlash.

6. Berilgan radioizotopni datchik ustiga qo'ying va o'lchov asbobini ishga tushiring hamda 5 minut vaqt davomida asboblar sanagan impulsar sonini yozib oling.

Eslatma. 3. O'lchovni kamida 3—5 marta takrorlang va har safar o'lchov asbobining ko'rsatishini yozib oling.

7. Oradan yarim soat o'tganidan so'ng o'lchovlarni yana takrorlang.

8. O'lcangan natijalar asosida radioizotop aktivligini yoki impulsar sonini aniqlang.

2-topshiriq. Atmosfera havosi tarkibida radioaktiv izotoplar mavjudligini va ularning aktivligini aniqlash.

9. Havo filtrini changyutgichga yaxshilab joylashtiring va changyutgichni ulang hamda 10—15 minut davomida atmosfera havosini filtr orqali o'tkazing.

10. Filtrni darhol olib, ehtiyotkorlik bilan qog'oz xaltachaga joylab, datchik ustiga qo'ying.

11. Sanagich asbobining har bir minutda (yoki 2 minutda) sanagan impulsarini uzluksiz 40—50 minut davomida yozib oling va ularni jadvalga kiriting.

12. Natijalar asosida $I = f(t)$ grafigini chizing va undan $I_0/2$, $I_0/4$, $I_0/8$ va sh. k. nuqtalarni toping.

13. Atmosfera havosida radioaktiv izotoplar bo'lishi to'g'risida va ular qanday radioizotoplar bo'lishi mumkinligi haqida xulosa chiqaring.

14. Bajarilgan ishdan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Radioizotop deganda nimani tushunasiz?
2. Radioaktiv moddaning yarim yemirilish davri nimani ifodalaydi?
3. Radioizotop atomi yemirilish doimiysining fizik ma'nosi nimadan iborat?
4. Qanday yadro nurlari bor va ular qanday xususiyatga ega?
5. Bir rentgen/soat o'lchovi qanday ma'noni beradi?

6.2. RADIOIZOTOP TARQALGAN YUZA CHEGARASINI VA UNING AKTIVLIGINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Yadro nurlari (α , β , n , p , γ) ning tavsi-fini va ularning moddalar bilan ta'sirlashishini o'rganish. 2. Yadro nurlarini qayd qilish usullari va ularni o'lchash asboblari bilan tanishish. 3. Radioaktiv modda saqlanayotgan joyni yoki u tarqalgan chegarani aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Radioaktiv nurlarni (α , β , n , p , γ) nurlovchi tuproq, suv, havo, tog' jinslari va sh. k. *radioaktiv modda* deyiladi. Radioaktiv modda ochiq yoki berk turga bo'linadi: nogermetik (jips yopilmaydigan) idishdagi radioaktiv modda atrof-muhitga erkin tarqala oladigan bo'lsa, uni *ochiq radioaktiv modda* deyiladi. Aksincha, berk idishdagi, ya'ni atrof-muhitga tarqalish ehtimolligi bo'lmaganini *berk radioaktiv modda* deyiladi.

Radioaktiv modda tarqalgan joylarni aniqlash, ya'ni jismlar, buyumlar yuzasini, odam tanasining qo'l-oyoq yoki boshqa qismlarida radioaktiv moddalar borligini aniqlash juda ham muhim va mas'uliyatli ishlardan biri hisoblanadi. Odam, hayvon tanasida yoki joylarda radioaktiv modda tarqalishining oldini olish yoki joylarni radioaktiv moddalardan tozalash (dezaktivatsiya) uchun radioaktiv modda bilan ishlash qonun-qoidalarini bilishi o'ta zarurdir. Shu qoidalarni bilgandagina radioaktiv moddalar bilan ishlashga ruxsat etiladi. Zarur bo'lganda radioaktiv moddalarni tinch maqsadda qo'llash mumkin. Radioaktiv moddalar nurlash turiga ko'ra α , β , n , p , γ manbalariga bo'linadi.

Alfa-nurlanish — yuksak ionlashtirish va moddalardan o'ta past o'tish qobiliyatiga ega bo'lgan ikki marta ionlashgan geliy (He) atomidir. α -zarralar energiyasi $E = 4 - 9$ MeV bo'ladi. Alfa-nurlanish manbai kimyoviy elementlar davriy sistemasidagi katta massali kimyoviy elementlar bo'lib, ular tabiiy va sun'iy radioaktiv elementlar bo'lishi mumkin. α -zarralar moddadan o'ta yomon o'tadi, undan himoyalaniish uchun papiros qog'ozi yetarli bo'ladi. Alfa-zarra energiyasiga mos ravishda, har xil qalinlikdagi moddalardan o'tganida shu moddadagi yo'li uzunligida ko'p miqdordagi juft ionlarni hosil qiladi. Masalan, energiyasi $E = 3,98$ MeV α -zarra normal atmosfera bosimi va temperaturasida havodagi yugurish yo'lining uzunligi $L = 2,6$ sm gacha, $E = 8,78$ MeV energiyali α -zarraniki $L = 8,62$ sm masofagacha bo'lib, havoni erkin teshib o'ta oladi. Hisoblashlarda, odatda, α -zarraning havodagi

yugurish yo'li uzunligi $L_0 = k\sqrt{E_\alpha^3}$ formula yordamida hisoblanadi. Bunda $k = 0,33$ — havo uchun koeffitsient.

Beta-nurlanish — radioaktiv izotoplarining yemirilish vaqtida hosil bo'ladigan elektronlar oqimidir. β -nurlar uzluksiz spektrli $E_\beta = 0 - 3,0$ MeV energiyali, manfiy zaryadli, massasi elektron massasiga teng bo'lgan zarradir. β -zarralar alfa-zarraga nisbatan moddalardan yuksakroq o'tish qobiliyatiga ega bo'lib, asosiy energiyasining taqriban 50 % ini moddada tormozlanish vaqtida paydo bo'ladigan nurlanishga sarflaydi. β -yemirilish vaqtida tormozlanish nurlanishi energiyasini quyidagi ifodadan hisoblash mumkin:

$$E = 1,23 \cdot 10^{-4} (Z+3) E_\beta^2 \text{ MeV/yemirilish,}$$

bunda: $1,23 \cdot 10^{-4}$ — proporsionallik koeffitsienti; E_β — beta-zarraning eng katta energiyasi, MeV; $Z = \frac{\varepsilon_{\text{mat}} \cdot a_i \cdot Z_i^2}{\varepsilon \cdot a_i \cdot Z_i}$ — modda atomining effektiv tartib soni; a_i — kimyoviy birikmadagi Z_i tartibli atomning moddadagi massaviy ulushi.

Beta-zarra turli xil metall, suyuq modda va gazlardan har xil uzunligacha yugurib o'ta oladi. Masalan, aluminiyda energiyasi $E_\beta = 0,15$ MeV β -zarra $L = 2,7$ mg/sm² uzunligacha yugursa, $E_\beta = 3,103$ MeV energiyalisi $L = 210$ mg/sm² masofani o'tadi.

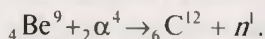
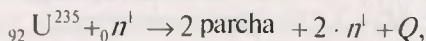
Gamma-nurlanish — to'liq uzunligi $\lambda = 10^{-11}$ m atrofida bo'lgan, radioaktiv izotoplar yemirilishi vaqtida nurlanadigan elektromagnit to'liqidir. Gamma-nurlanishni ba'zan gamma-kvant deb ham yuritiladi va uni γ -kvant deb belgilanadi. Energiyalari 0,1—3,5 MeV gacha bo'lgan γ -kvantlar moddalardan yuksak o'tishi va moddani kam ionlashtirish xossasiga ega bo'lgan o'ta qisqa to'liqli nurlanish ekanligidan, undan himoyalaniş juda ham muhim hisoblanadi. Shuning uchun γ -kvantlardan himoyalanişda zichliklari yuqori bo'lgan modda va materiallar qo'llaniladi. Masalan, qo'rg'oshin ($\rho = 11,3$ g/sm³), po'lat ($\rho = 7 - 8$ g/sm³), beton

g'ishtlar va h. k. larda γ -kvantlarning moddalardagi o'tish yo'lining uzunligi uning energiyasiga bog'liq. γ -kvant intensivligining kamayishini quyidagi formula bilan hisoblash mumkin:

$$N_x = N_0 \exp(\mu x), \quad (1)$$

bunda: N_0 va N_x — gamma-nurning to'siqsiz o'tgandagi va to'siqda yutilgandan keyingi sanagich asbobida bir minut vaqt davomida hosil qilingan impulslari soni, imp/min; μ — tadqiq etilayotgan modda (material — po'lat, beton, qo'rg'oshin g'ishti, suv, havo va h. k.) ning chiziqli susaytirish koeffitsienti. Bu koeffitsient γ -kvant moddadan o'tishida 1 sm masofada qanchaga susayganligini ko'rsatuvchi kattalikdir; x — γ -kvantlarni yutuvchi modda qalinligi, sm; $\exp$ — natural logarifm asosi.

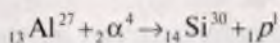
Neytron nurlanishi — massasi 1840 ta elektron massasiga teng ($M_n = 1840 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg) bo'lgan zaryadsiz neytral zarralar oqimi. Neytron atom yadrosining parchalanishida (yadro reaksiyalari) hamda ayrim radioizotoplarning yemirilish vaqtida hosil bo'ladi. Masalan, $U = 235$ yadrosi o'z-o'zidan (spontan) bo'linishida yoki uni neytron bilan nurlaganda, berilliy — 9 ni α -zarra bilan nurlaganda hosil bo'ladi, ya'ni



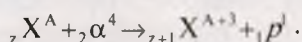
Neytron zaryadsiz bo'lganligi sababli, unga kulon kuchlari ta'sir qilmaganligi uchun hamma turdagi moddalardan yuksak o'tish xususiyatiga ega. Atom yadrosiga ham erkin kira oladi va radioaktiv bo'lmagan atomni radioaktivlik holatiga o'tkazadi, ya'ni o'zidan ko'zga ko'rinmaydigan yadro nurlarini nurlaydigan holatga o'tkazadi. Neytron nurlanishi oqimidan himoyalashda og'ir suv, berilliy, qo'rg'oshin, kadmiy va sh. k. dan foydalaniladi.

Proton nurlanishi — musbat zaryadli zarralar (vodorod atomining ionlashgan) oqimi bo'lib, massasi 1836 ta elek-

tron massasiga teng hamda kulon kuchlari ta'sir qilishi hisobiga moddalardan juda sust o'tish xossasiga ega. Protonlar asosan yadro reaksiyalari vaqtida hosil bo'ladi. Masalan:



yoki umumiy holatdagi reaksiya bo'yicha



Protonning atom yadrosiga kirishi uchun uning kinetik energiyasini orttirish maqsadida ular maxsus tezlatkichlarda tezlatiladi. Shunda proton atomning qarshilik ko'rsatuvchi (kulon kuchlari hisobiga paydo bo'luvchi) energiyasidan katta energiyaga ega bo'lib, atom yadrosiga kira oladi va yadro reaksiyasi hisobiga tadqiq qilinayotgan kimyoviy element atomi radioizotopga aylanadi. Bunday ishlar siklotron, fazatron va boshqa zaryadli zarralarning tezlatkichlarida bajariladi.

1-topshiriq. Yadro nurlarining modda bilan ta'sirlashuvini o'rganish

Yadro nurlari (α , β , n , p , γ) ning modda bilan ta'sirlashishi nurlanish dozasi tushunchasi orqali ifodalanadi. Nurlanish dozasi deb, *nur energiyasining nurlovchi modda massasiga nisbati qabul qilingan*:

$$D = E / m, \text{ o'lchov birligi: J/kg.}$$

Nurlanish dozasi bu — 1 kilogramm moddada ionizatsiya-lovchi yadro nurlarining bir joulga teng yutilgan energiyasi kattaligi. SI o'lchov sistemasidan tashqaridagi o'lchov sistemasida nurlanish dozasining o'lchovi sifatida «rad» qabul qilingan. $1\text{rad} = 10^{-2}$ greyga teng. Nurlanish dozasining quvvati — vaqt birligida yutilgan nurlanish dozasi, ya'ni:

$$N = \frac{D}{t}, \text{ o'lchov birligi: W/kg yoki Gy/s.}$$

Ekspozitsion (vaqt davomida) nurlanish (nurlash) dozasi yadro nurlarining energetik xarakteristikasi bo'lib, ularning quruq atmosfera havosini ionlashtira olish samarasi bilan baholanadi. D_e ekspozitsion nurlanish dozasining o'lchov

birligi «Kulon/kilogramm, C/kg» bo'lib, hamma foton, rentgen va gamma-nurlanish energiyasi kabi, 1 kg moddani to'liq ionlashtirishga sarf bo'lgan energiya tushuniladi, ya'ni moddada yutilgan nur energiyasi hisobiga hosil bo'lgan juft ionlar (musbat va manfiy) zarralari zaryadining yig'indisi — bir Kulonga teng bo'lgan zaryad miqdoridir. Sistemadan tashqaridagi o'lchov birligida ekspozitsion doza «rentgen» da o'lchanadi.

1 rentgen — bu quruq atmosfera havosining 1 kub santi-metr hajmida 2,08 milliard juft ionlar hosil qila oladigan nurlanish dozasi.

Ekspozitsion nurlanish dozasi quvvati — 1 kg moddada vaqt birligida yutilgan foton nurlanishi bo'lib, u Amper/kg da o'lchanadi, ya'ni

$$N_3 = \frac{D_2}{t},$$

$$1 \text{ r/s} = 10^3 \text{ mr/s} = 10^6 \text{ } \mu\text{r/s} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ A/kg},$$

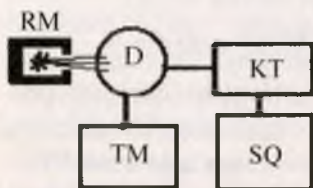
$$1 \text{ r/min} = 10^3 \text{ mr/min} = 10^6 \text{ } \mu\text{r/min} = 4,3 \cdot 10^{-6} \text{ A/kg},$$

$$1 \text{ r/soat} = 10^3 \text{ mr/soat} = 10^6 \text{ } \mu\text{r/soat} = 7,17 \cdot 10^{-8} \text{ A/kg},$$

$$1 \text{ } \mu\text{r} = 10^{-3} \text{ millirentgen} = 10^{-6} \text{ rentgen}.$$

2 - topshiriq. Dozimetrlarning tuzilishini va ishlash tar-tibini o'rganish.

Dozimetrlar — yadro nurlarini qayd qiluvchi asboblari bo'lib, ular detektor, tok manbai (past va yuqori kuchlanishli to'g'rilagichlar), tok yoki kuchlanish bo'yicha elektr signallarini kuchaytirgichlar (tovushli, indikatorli, strelkali o'lchov asboblari yoki sanagichli) dan tuzilgan. Yadro nurlarini qayd etish nurlarning modda bilan ta'sirlashish jarayonida moddada ionlarning hosil bo'lishi (ionizatsiya), yadro reaksiyasi va fotokimyoviy qonuniyatlarga asoslanadi. Masalan,



6.2.1-rasm. Dozimetrning blok sxemasi:

RM — radioaktiv nur manbai; D — detektor; KT — katodli takrorlagich; SQ — sanagich qurilmasi; TM — tok manbai.

ayrim moddalar ko'zga ko'rinadigan nur bilan nurlantirilganida ular nurlamaydi, aksincha, yadro nurlari bilan nuriantirilganda fluoressensiyalanadi (shu'lalanadi), ya'ni ko'zga ko'rinadigan nurlar chiqaradi.

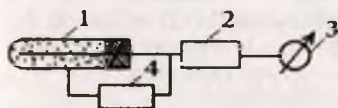
Ssintillyatsion datchiklar (detektorlar) fluoressensiyalanish hodisasi asosida qurilgan bo'lib, ular yordamida α , β , γ -nurlar qayd qilinadi va modda miqdori aniqlanadi. Ikkilamchi nurlovchi modda (fluoressensiyalanuvchi) sifatida va α , β -zarralarni qayd qilishda ZnS, ZnS(Ca), ZnS(Ag) dan va γ -kvanti uchun — NaI(Tl), CsI(Tl) va kristall detektorlar AgCl, AgBr dan hamda yarim o'tkazgichli detektorlar Si va Ge dan foydalaniladi.

Tez neytronlar detektorlari sifatida vodorodli organik kristallar (stilben, antratsen), sust neytronlarni qayd etishda tarkibida Bor kimyoviy elementi bo'lgan nurlovchi moddalar qo'llaniladi. Bor atomi bilan sust neytronlar yadro reaksiyasiga kiradi va nurlaydi.

3-topshiriq. Radioaktiv nurlanishni o'lchash asboblari va usullarini o'rganish.

Radioaktiv izotop (modda) bilan ishlaydigan xodimlar hamda o'quvchi va talabalarning terisini, kiyimlarini, oyoq-bosh kiyimlarini, asbob-uskunalarini, imoratlarni, laboratoriya qurilmalari va sh. k.ni radioaktiv modda bilan ifloslantirmaslik hamda atrof-muhitga uning tarqalmaslik ehtiyotini ko'rish eng muhim va ekologik jihatidan zarur bo'lgan shartlardan biridir. Buni nazorat qilish qo'zg'almaydigan (statsionar) va ko'tarib yuriladigan dozimetrik asboblari yordamida amalga oshiriladi: bularga rentgenometr, radiometr va indikatorlar mansub.

Rentgenometr — yadro nurlanish quvvatini o'lchashga mo'ljallangan asbob. U nurlanish dozasi r/s , r/min , $r/soat$, mr/min , mr/s va $\mu r/soat$, $\mu r/min$, $\mu r/s$ da o'lchaydi. Bu asbobning blok-sxemasida quyida keltirilgan bo'lib, u datchik



6.2.2-rasm. Rentgenometr asbobi-ning blok sxemasi: 1 — gaz razryadli sanagich; 2 — kuchaytirgich; 3 — strelkali o'lchov asbobi; 4 — tok manbai.

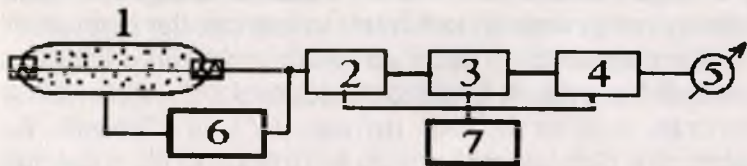
(1), kuchaytirgich (2), o'lchov asbobi (3) va tok manbai (4) dan tashkil topgan (6.2.2-rasm).

Yadro nurlarini qayd qiluvchi datchik sifatida ionizatsion kamera, ssintillyatsion sanagich, gaz razryadli sanagich va sh. k. qo'llaniladi. Strelkali o'lchov asbobi sifatida mikroampermetr qo'llanilgan bo'lib, uning shkalasi rentgen/soat, milli-rentgen/soat, mikrorentgen/soatda darajalangan bo'ladi.

Bulardan tashqari, imp/min yoki kulonda o'lchaydigan elektromexanik va elektron sanagichlar qo'llaniladi.

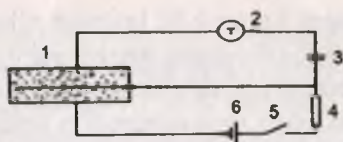
4-topshiriq. Yadro nurlanishini o'lchaydigan radiometrlar va indikatorlarni o'rganish.

Radiometrlar — ionizatsiyalovchi yadro nurlari tarqalayotgan joyni, radioaktiv modda bilan ifloslangan yer maydoni yoki buyum sirtini, chegarasini aniqlashga va nurlanishni o'lchashga mo'ljallangan. Bu asbob yordamida ionizatsiyalovchi yadro nurlarining tashqi muhit (buyum, yer, havo va suv) dagi nurlari oqimi o'lchanadi. Radiometrlar rentgenometrlarga nisbatan kuchliroq sezgirlikka ega. Radiometrlarda ionizatsiyalovchi nurlanish oqimini o'lchash uchun gaz razryadli yoki ssintillyatsion sanagichlar ishlatiladi. Radiometr ko'tarib yuriladigan gaz razryadli sanagichlar (Geyger—Myuller sanagichi) (1), mikroampermetr (5), tok manbai va yordamchi qismlardan tashkil topgan. Radiometrning integrallovchi konturidagi kuchlanish har doim qayd qilingan yadro nurlari soniga proporsional bo'ladi. Ionizatsiyalovchi



6.2.3-rasm. Radiometrning blok sxemasi:

1 — Geyger—Myuller gaz razryadli sanagichi; 2 — katodli takrorlagich (signallarga shakl beruvchi); 3 — signallarni o'rta qiymatlarga keltiruvchi blok; 4 — lampali voltmetr; 5 — mikroampermetr (imp/min da darajalangan); 6 — yuqori kuchlanishli tok manbai; 7 — past kuchlanishli tok manbai.



6.2.4- rasm. Indikator sxemasi.

nurlanish soni o'lchov asbobining ko'rsatishiga mos keladi, ya'ni $n = f(N)$.

O'lchanadigan ionizatsiyalovchi nurlanish turiga mos ravishda radiometrlar turli ko'rinish va o'lchamda ishlab chiqariladi.

Indikatorlar — ionizatsiyalovchi nurlanish mavjudligini aniqlashda qo'llaniladigan asbob.

Indikator o'z-o'zini so'ndiruvchi sanagich (1), telefon trubkasi (2), kondensator (3), rezistor (4), kalit (5), tok manbai (6) dan tuzilgan. Kondensator, gaz razryadli sanagichdan tok o'tishi hisobiga zanjir berkilganida zaryadlanadi. Kondensatorning zaryadsizlanish vaqtida telefon trubkasining g'altigidan uzlukli tok o'tishi hisobiga uzlukli tovush tebranishi eshitiladi. Bunday tovush signallarining paydo bo'lishi radioaktiv moddaning mavjudligidan dalolat beradi.

Asbob-uskunalar

1. Rentgenometr ДП—5V yoki «Yo'ldosh-1» asbobi. 2. Radioaktiv modda (nurlanish dozasi quvvati: $D = 0,001 \mu\text{r/s}$).



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishini yo'riqnomasini o'qib chiqing. Radioaktiv modda bilan ishlash qonun-qoidalarini diqqat bilan o'rganing.

2. Ionizatsiyalovchi yadro nurlarini qayd etuvchi asboblari (ДП—5V va «Yo'ldosh-1») bilan tanishing va ularni ishlatishni o'rganing.

3. ДП —5V yoki «Yo'ldosh-1» asboblari milliy shkalasini o'rganing.

4. Asbobni ishlatish qoidalarini puxta o'rganing.

5. Kalitni qo'shing va uni avval ∇ nazorat belgisiga «ish tartibi» bo'yicha rostlang va so'ngra holatni 1 yoki 0,1 shkalasiga o'tkazing. Bunda sanash qayd etiladi.

6. Asbob shkalasini 1 yoki 0,01 holatiga o'tkazing. Bunda telefon trubkasida «tik-tik» etgan tovush eshitiladi.

7. Radioaktiv izotop joyi to'g'ri aniqlanayotganda radio-metr (va boshqa asboblari) sanaydigan son yoki tovush chastotasi ortib boradi. Ionizatsiyalovchi nurlanishga yaqinlashgan sayin uning bergan tovushining chastotasi va uning balandligi ortib boradi, chunki $N \propto \frac{1}{r^2}$ qonun o'rinli bo'ladi.

8. Rentgenometrning milli shkalasi bo'yicha ionizatsiyalovchi yadro nuri quvvatini aniqlang.

Eslatma. Eng kichik mumkin bo'lgan nurlanish bergan dozaning quvvati har xil nurlar uchun turlichadir. Masalan, γ -nurlanish uchun $D_\gamma = 0,1$ /hafta.

β -zarra uchun $D_\beta = 0,1$ ber/hafta (1 ber—rentgenga teng bo'lgan biologik ekvivalentdir). Bu doza 1 rentgen nurlanishga ekvivalent bo'lgan har qanday ionizatsiyalovchi yadro nurining 1 gramm biologik moddada yutilgan energiya miqdoridir.



Nazorat savollari

1. Radioaktiv nurlanish nima?
2. Ionizatsiyalovchi yadro nurlarining turlari va ularning ta'rifini aytib bering.
3. Ionizatsiyalovchi nurlarni qayd etish usullari va asboblari haqida ma'lumot.
4. Eng kichik mumkin bo'lgan nurlanish dozasi deb nimaga aytiladi?

6.3. GAMMA-NURNING MODDALARDA YUTILISH KOEFFITSIENTINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Gamma-nurlarning moddalardan o'tishida intensivligining kamayish qonunini o'rganish. 2. Turli moddalarda gamma-kvantning yutilishi bir xil emasligini va modda qalinligi va turiga bog'liqligini o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Gamma-nur qisqa to'lqinli (o'ta yuqori chastotali) elektromagnit nurlanish bo'lib, u radioaktiv izotoplarning yemiri-

lish jarayonida paydo bo'ladi. Tashqi γ -kvantlar energiyasi atomda yutilganida uning elektronlari yuqori sathga o'tib, so'ngra pastki sathga 10^{-8} s davomida o'tganida shu atomlar nurlashi ham mumkin. Lekin atomlar eng soddagina holatlarda nurlamaydi. Yana ayrim atomlarni (Zn, Sr, Cd va sh. k.) yuqori energiyali γ -kvantlar bilan nurlaganimizda ularning ayrimlari 10^{-8} s dan 2,5 soatgacha bo'lgan vaqt oralig'ida metaturg'un holatlardan nurlash yo'li bilan quyi turg'un energetik sathga tushadi.

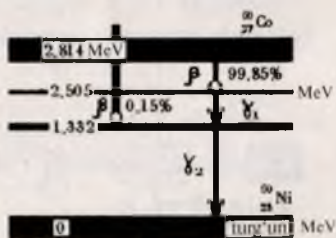
Yuqorida ta'kidlaganimizdek radioaktiv yadro alfa- yoki betta-yemirilishi jarayonida o'zidagi ortiqcha energiyasini α - va β -yadro nurlarini nurlash orqali turg'un energetik holatga o'tadi. Lekin atom hamma energiyasini to'laligicha nurlab ulgurmaganligi tufayli atom uyg'ongan holatda bo'ladi.

Shu qoldiq energiya asosiy energiyaning ma'lum qismi yoki ulushi bo'lishi ham mumkin. Atom uyg'ongan energetik holatdan turg'un holatga o'tishida α - yoki β -yemirilish jarayonining o'zida o'ta qisqa vaqt davomida γ -kvantlarni ham nurlab turg'un holatga o'tadi (6.3.1-rasm). Demak, uyg'ongan atomlar bir yoki ikkita γ -kvantni nurlabgina qolmasdan, ko'p sonli har xil energiyali γ -kvantlarni nurlashi mumkin. Masalan, ${}_{83}\text{Bi}^{214}$ (vismut—214 ni ba'zan RaC deb ham yuritilgan) 50 dan ortiq γ -kvant nurlaydi.

Gamma-kvantlar muhit bilan ta'sirlashish jarayonida o'z yo'lidagi moddalarni ionizatsiyalaydi, ularda yutiladi, ulardan qaytadi va o'tadi. Moddalardan yuksak o'tish qobiliyatiga egaligiga asosiy sabab — ularning zaryadi yo'qligidir, ya'ni ular o'ta qisqa to'liqidagi nurlanishdir.

Modda qalinlashgan sayin uning intensivligi shu moddada yutilishi hisobiga kamayib boradi. Bu qonuniyatni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$I = I_0 e^{-\lambda d},$$



6.3.1-rasm. Kobalt-60 ning yemirilish sxemasi.

bunda I_0 va I — radioizotop nurlagan γ -kvantning to'siq-gacha va to'siqdan keyin sanagichda vaqt birligi davomida hosil qilgan impulslari soni.

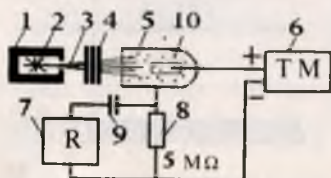
γ -kvant yuksak o'tish qobiliyatiga egaligi sababli, ulardan himoyalanişda qo'rg'oshin, temir, beton va sh. k. materiallardan foydalaniladi. Modda va material zichligi qancha katta bo'lsa, unda γ -kvantlar shuncha ko'p yutiladi.

Asbob-uskunalar

Gaz razryadli sanagich (yoki boshqa turdagi detektor). Radiometr yoki boshqa turdagi impulslarni sanaydigan qurilma. O'zgarmas tok manbai. Qo'rg'oshin yoki po'latdan yasalgan plastinkalar. Mikrometr (shtangensirkul). Radioaktiv izotop va yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Qurilma Geyger—Myuller sanagichi, elektr signallarni kuchaytirgich, o'zgarmas tok manbai, elektr impulslarni hisoblaydigan radiometr asbobi, radioaktiv izotop, qo'rg'oshin yoki po'latdan tayyorlangan plastinkalar va boshqa yordamchi aslahalardan tuzilgan (6.3.2-rasm). Qurilmani ishga tushirish uchun o'zgarmas tok beradigan va elektr impulslarni sanaydigan asboblarni elektr tarmog'iga qo'shiladi. So'ngra o'rganilayotgan radioizotop datchik ustiga qo'yiladi yoki radioizotop saqlanadigan konteyner tirqishi ochiladi. Shunda radioizotop (2) joylashgan qo'rg'oshinli konteyner (3) kollimatorining oldingi to'sig'i ochilganida, undagi radioaktiv modda nurlagan γ -kvantlar (8) Geyger—Myuller sanagichi (1) ga tushadi. Natijada sanagich hajmidagi gaz ionlashadi. Ionlar sanagich-



6.3.2-rasm. Qurilma sxemasi:

1 — konteyner; 2 — radioizotop;
3 — gamma-nur; 4 — qo'rg'oshin
yoki temir plastinkalar; 5 — gaz
razryadli sanagich; 6 — o'zgarmas
tok manbai; 7 — hisoblash asbobi
(radiometr); 8 — rezistor ($5\text{ M}\Omega$);
9 — kondensator; 10 —
sanagichning ishchi moddasi.

ning manfiy va musbat elektrodleri tomon maydon ta'sirida harakatlanib, ularga o'z zaryadlarini beradi va sanagichning chiqishida elektr impulslari hosil bo'ladi. Bu impulslarni hisoblash qurilmasi (5) sanaydi.

Kollimator teshigi oldiga har xil qalinlikdagi qo'rg'oshin (yoki temir) plastinka (4) larni birin-ketin ketma-ket qo'yib, har safar hisoblash qurilmasining har 5 minutda sanagan impulslari yozib olinadi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishinings yo'riqnomasini o'qib o'rganing va kerakli asbob-uskunalarining mavjudligini tekshiring hamda o'qituvchining savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

Eslatma. Radioaktiv izotopni qo'rg'oshinli konteynerdan chiqarmang va kollimator teshigini radioaktiv izotop ishlatilmaganida ochiq qoldirmang!!!

2. Qurilma (6.3.2-rasm) ni sxemada ko'rsatilgandek yig'ing va uni o'qituvchiga tekshirtiring.

3. O'zgarmas tok manbaini sanagichga, sanagichning chiqishini hisoblash qurilmasining kirishiga ulang.

4. Qo'rg'oshinli konteyner kollimatori teshigini ochmasdan avval tabiiy radioaktivlik uyg'otgan elektr signallar shovqinini 5 minut davomida o'lchang.

5. Konteyner teshigini oching va 5 minut davomida hisoblash qurilmasi sanagan elektr impulslarini yozib oling.

6. Konteyner teshigi oldiga qalinligi 0,5; 1; 1,5; 2,0; 2,5; 3 santimetr bo'lgan qo'rg'oshin plastinkalarni qo'yib, har safar hisoblash qurilmasi sanagan elektr signallarni yozib oling va uni quyidagi jadvalga kiriting.

Qo'rg'oshin plastinkalarning qalinligi, sm	$t = 5$ min.dagi impulslar soni		Haqiqiy impulslar soni
	Tabiiy shovqinniki	Radioizotop bilan tabiiy shovqinniki	
0,5			
1			
1,5			
2,0			

7. Tabiiy radioaktivlik hosil qilgan elektr impulslarning o'rtachasini radioizotop hosil qilgan impulslardan ayirib, haqiqiy impulslar sonini aniqlang.

8. Aniqlangan natijalar asosida $I = f(d)$ grafigini millimetrlri qog'ozda chizing.

9. γ -kvantning yutilish koeffitsientini aniqlang va uning nisbiy xatoligini hisoblang.

10. Tajribadan xulosa chiqaring.



Nazorat savollari

1. Gamma-nurlanish nima va u qanday holatda paydo bo'ladi?
2. Gamma-nurlar nima uchun moddalarda yutiladi?
3. γ -kvant sanagichda qanday elektr signallarga aylanadi?
4. γ -kvantlardan qanday himoyalaniish mumkin?
5. γ -kvant yutilish koeffitsientining fizik ma'nosi nimadan iborat?

6.4. ALFA ZARRANING VILSON KAMERASIDAGI IZLARINI VA SPINTARISKOPDAGI CHAQNASHINI KUZATISH

Ishning maqsadi: 1. Radioaktiv nurlanishni qayd qilish usullarini o'rganish. 2. Radioaktivlikni qayd qilishda ishlatiladigan asbob-uskunalami o'rganish. 3. Radioaktiv nurlanishni gaz razryadli sanagich, Vilson kamerasi va spintariskop yordamida o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Radioaktiv moddalar ikki xil bo'ladi: tabiiy va sun'iy. Hamma radioaktiv moddalar o'zlaridan ko'zga ko'rinmaydigan nurlarni nurlaydi. Ular muhit bilan ta'sirlashish jarayonida o'rganilayotgan muhitda musbat va manfiy ionlar hosil qiladi. Bu ionlar maxsus qayd etuvchi asboblarda yordamida qayd etiladi. Radioaktiv nurlar deyilganda α -, β -, n -, p -zarralar va γ -kvant tushuniladi.

Radioaktivlik tashqi elektr, magnit, gravitatsiya maydonlari, issiqlik va sovuqlik mutlaqo to'xtata olmaydigan fizik jarayon bo'lib, hamma radioaktiv moddalar (izotoplar) o'zlaridan yadro nurlarini nurlashi bilan tavsiflanadi. Radioaktivlik xossasiga ega bo'lgan har bir kimyoviy element atomi

yoki shu elementlardan tashkil topgan modda (jism) yadro nurlarining eng kamida bittasini nurlaydi. Moddaning radioaktivlik xossasi abadiy emas, u ma'lum qonuniyat bo'yicha yemiriladi, ya'ni o'zining aktivligini kamaytirib boradi. Radioaktiv izotoplar (massalari har xil, zaryadlari bir xil bo'lgan kimyoviy elementlar) o'zlaridan yadro nurlarini chiqarish hisobiga muvozanat holatiga qaytadi. Masalan, Uran — 235, Uran — 238, Toriy — 231, Radiy — 240 oilasi bir necha million yil davomida yemirilib, ya'ni o'zidan yadro nurlarini chiqarib, oxiri radioaktiv bo'lmagan turg'un (nurlamaydigan) qo'rg'oshin — 206—207 ga aylanish bilan tugaydi. Radioaktiv izotoplarni ba'zan radioizotoplar deb ham yuritiladi. **Radioizotoplar** — bu yadro nurlarini chiqaradigan kimyoviy elementlar atomlaridir. Radioaktivlik xossasiga ega atomlar yadro nurlarini aniq qonuniyat, ya'ni radioaktivlik qonuni bo'yicha nurlaydi. Bu qonun statistik qonunlar asosida o'rganiladi. Ixtiyoriy A radioizotopdagi N ta atomlarning yemirilish ehtimolligi bir xil va atomlar soniga proporsional bo'ladi:

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

bunda λ — radioaktiv atom yadrosining vaqt birligidagi yemirilish ehtimolligi bo'lib, uni radioaktiv yemirilishning o'zgarmas koeffitsienti deyiladi. Demak, ixtiyoriy radioizotoplar aktivligi atomning yemirilish doimiysining shu moddadagi radioaktiv atomlar soniga ko'paytmasiga teng. Vaqt o'tishi bilan radioizotopdagi nurlovchi atomlar quyidagi qonuniyat bo'yicha kamayib boradi:

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

bunda: N_0 va N_t — radioizotop tarkibidagi boshlang'ich ($t = 0$) vaqtidagi va biror t vaqt o'tgandan keyingi holatlardagi nurlovchi atomlar soni; $T_{1/2}$ — atom yadrosining yarim yemirilish davri; e — natural logarifm asosi, t — yemirilish vaqti.

Ashob-uskunalar

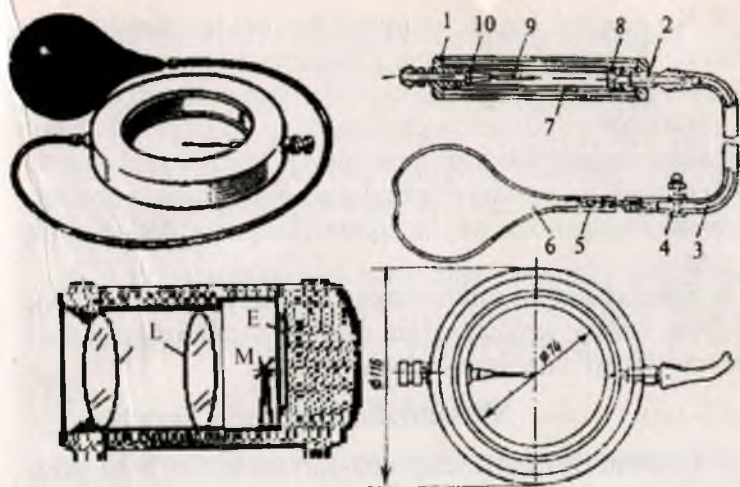
Zarralarni qayd qiluvchi laboratoriya indikator. Ionlash-tiruvchi manba. Alfa-zarralarning izlarini kuzatishga mo'ljallangan laboratoriya kamerasi va boshqa yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI

Spintariskop — bu ichiga kartondan yasalgan ekran joylashtirilgan bo'lib, uning sirtiga yupqa qatlamli rux sulfidi qoplangan uncha katta bo'lmagan (uzunligi — 35 mm; diametri — 30 mm) plastmassa trubkadan iborat (6.4.1- rasm). Ekraning oldiga undan 2—2,5 mm masofada *RM* (radioaktiv manba) ingichka sterjen mahkamlangan bo'lib, uning uchiga bir ozgina radiy bromid (yoki boshqa biror α -radioaktiv modda) qoplangan. Trubkaning ekraniga qarama-qarshi tomondagi chekkasida umumiy gardishga qo'shqavatli *L* lupa joylashgan. Lupani rezba yordamida trubkaning o'qi bo'ylab uning uzunligining taxminan ikki qismiga qadar u yoq-bu yoqqa osongina siljitish mumkin. Bu esa lupani normal ko'z uchun ham, yaqinni ko'radigan va uzoqni ko'radigan ko'z uchun ham qulay holatga qo'yish imkonini beradi.

E s l a t m a . Chaqnashlarni kuzatish uchun ko'z oldindan qorong'ilikka yaxshilab moslashgan bo'lishi kerak, shuning uchun kuzatishlar qorong'i xonada o'tkaziladi.

α -zarralarning izlarini kuzatish uchun mo'ljallangan kameraning tashqi ko'rinishi 6.4.1-rasmda keltirilgan. Kamera korpusining yuqorisiga ham, pastiga ham organik shishadan yasalgan 7 shaffof plastinkalar yelimplab yopishtirilgan. Kameraga qisqich (4) mahkamlangan rezinali nay shtutser (2) orqali ulangan. Nok shaklidagi damlagich (6)ning uchi ingichka shisha nay (5)ga ulangan bo'lib, shisha nayning ikkinchi uchiga rezina nay (3) kiygizilgan. Kameraning ikkinchi tomoniga α -radioaktiv manba o'rnatiladigan sterjenni tutib turuvchi rezbali moslama (1) o'rnatilgan. Kameraning markazida α -zarralar manbai metall sterjenning uchiga yupqa qatlam qilib joylashtirilgan. Kameraning hajmini to'yingan bug'lar bilan to'ldirish uchun havoning aseton, etil spirti va suv bug'i aralashmasidan foydalaniladi. Kameraning ishlashi o'ta to'yingan bug'larning α -zarralar o'tishida havoda hosil bo'ladigan ionlarda kondensatsiyalanishiga asoslangan. Rezina nok yordamida havoni adiabatik tarzda tez kengaytirib, bug'larni o'ta to'yingan holat hosil qilish uchun zarur darajada sovitish mumkin. Buning uchun nok ravon tarzda siqiladi va birdan qo'yib



6.4.1-rasm. Vilson kamerasi va spintariskop kesimi:

- 1 — kamera korpusi; 2 — shtutser; 3 — rezina nay; 4 — qisqich;
 5 — ulovchi shisha nay; 6 — damlagich nok; 7 — organik shishali
 plastinka; 8 — ichki burama chiqiq; 9 — radioaktivli sterjen;
 10 — tutqich, *L* — linza, *E* — ekran, *M* — chaqnash hosil
 qiluvchi α -radioaktiv manba.

yuboriladi. Kameradagi havoning kengayish tezligini rezina nayga kiygizilgan vintli qisqich bilan keragicha o'zgartirish mumkin. Radioaktiv moddadan chiqadigan α -zarralar havo molekullari bilan o'zaro ta'sirlashib, o'z yo'lida ionlar zanjirini hosil qilib o'tadi. Havoning kengayish-tezligining ma'lum bir qiymatida havodagi bug'lar kondensatsiyalanib, faqat ionlarga o'tiradi. Bunda α -zarralarning harakati tumanda iz paydo bo'lganidan bilinadi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va o'qituvchining savollariga javob berib ishni bajarishga ruxsat oling.

1-topshiriq. Spintariskopda alfa-zarraning chaqnashlarini kuzatish.

2. Spintariskopning tuzilishi va ishlashi to'g'risidagi yo'riqnomani o'qib tanishib chiqing.

3. Ko'zingizni bir necha minut davomida qorong'ilikka o'rgating. Keyin spintariskopni g'ilofidan chiqarib ko'zingizga yaqinlashtiring. Lupani aylantirib, nina uchining va qora ekranning har xil joylarida chaqnashdan vujudga keladigan nuqtalarning aniq tasvirini hosil qiling. Ninaga yaqin joyda ular qalinroq, ekranning chekkalarida esa siyrakroq bo'ladi. Kuzatish tugagandan keyin spintariskopni g'ilofiga solib qo'ying.

4. Spintariskopni mikroskopga shunday joylashtiringki, yig'uvchi linzalar joylashtirilgan qismini burab rostlanganida chaqnashlar ko'rinadigan bo'lsin.

2-topshiriq. Alfa-zarralarning izlarini kuzatish.

5. Laboratoriya kamerasida alfa-zarraning izini hosil qilish uchun quyidagilarni bajaring (6.4.1-rasm):

a) laboratoriya kamerasining kirishiga shtutser (2) va rezina nay (3) ni ulang;

b) rezina nayning ikkinchi uchiga ingichka shisha nay (5) orqali damlagich nok (6) ni ulang. Rezina nay (6) ni qisib qo'yishga mo'ljallangan qisqich (4) ni shlangning oxirgi qismiga damlagichdan oldin joylashtiring;

d) laboratoriya kamerasini qora taglik ustiga joylashtiring va videoko'z TFV-300 ni kameraning ustiga shunday joylashtiringki, unda televizor ekranida kameraning ichki qismidagi sterjenning aniq tasviri hosil bo'lsin.

Eslatma. Laboratoriya kamerasi ichidagi sterjen (9) ga alfa radioaktiv modda joylashtirilgan. α -nurlanishdan saqlanish uchun kamera bilan ehtiyot bo'lib ishlang.

e) damlagich (6) ni ingichka nay (5) dan uzing va tomizg'ich yordamida oldin tayyorlangan aralashma (25% aseton, 60% etil spirti va 15% suv) dan 3—5 tomchini damlagich (6) ichiga tomizing;

f) damlagichni ingichka nay (5) bilan biriktiring. So'ngra 6—10 marta nokni bosib-qo'yib yuborib, eritma (aralashma) ni laboratoriya kamerasiga haydang;

g) videoko'z TFV-300 ni va televizorni elektr tarmog'iga ulang;

h) videoko'z TFV-300 ni kamera ichkarisidagi alfa-zar-

ralarning tasviri ko'rinadigan darajagacha fokuslang va stol lampasi yordamida kameraning ichini yoriting;

i) kuzatilgan alfa-zarralar izlarini (laboratoriya sharoitidan kelib chiqqan holda) suratga oling yoki uni chizing.

5. Izlarning to'g'ri chiziqliligiga, ularning uzunligiga, qalinligiga, yo'nalishiga va ularning har bir tajribadagi soniga e'tibor bering.

6. Tajribalarni bajarib bo'lgandan keyin birlashtiruvchi nayni damlagich (nok) bilan birgalikda kameradan ajrating va uning teshigini tiqin bilan berkitib qo'ying.



Nazorat savollari

1. Alfa-zarra deb nimaga aytiladi va uning massasi hamda zaryadi nimaga teng?

2. Alfa-zarralar muhitning bir santimetr masofasidan o'tishida qancha miqdordagi juft ionlarni hosil qiladi?

3. Alfa-zarralardan qanday va nima bilan himoyalaniish mumkin?

4. Alfa-zarralarning izlarini va chaqnashini qanday usullarda kuzatish mumkin?

5. Alfa-zarralarni qanday usullar bilan qayd qilinadi?

6. Alfa-zarralarni qanday radioizotoplar nurlaydi?

6.5. GEYGER — MYULLER SANAGICHINING ISHCHI KUCHLANISHINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: 1. Radioaktiv moddalar aktivligini aniqlashda ishlatiladigan asboblarni bilan tanishish. 2. Geyger — Myuller sanagichining ishchi kuchlanishini aniqlashni o'rganish.



NAZARIY MUQADDIMA

Gaz razryadli sanagichlar bilan radioaktiv nurlarni qayd qilish usuli moddalar bilan α -, β -, γ -nurlar ta'sirlashganida, ya'ni ularning moddadan o'tish masofasida hosil bo'lgan ionlarni qayd qilish hodisasiga asoslanadi.

α -, β -, γ -nurlar moddadan o'tishda o'z yo'lida bir kub santimetr hajmda bir necha million juft ion hosil qiladi. Ionlar soni α -, β -, γ -nurlarning energiyasiga bog'liq bo'ladi.

Biz bilamizki, sanagichlar bir necha turlarga bo'linadi (gaz razryadli, monokristalli, yarim o'tkazgichli va sh.k.). Gaz razryadli sanagichlar (Geyger — Myuller sanagichi) ma'lum kuchlanishda to'g'ri sanaydi. Kuchlanish katta yoki kichik bo'lsa, sanagichlar noto'g'ri hisoblaydi. Shuning uchun ularning ish tartibi, ya'ni talab qilinadigan ishchi kuchlanishi aniqlanadi. Kuchlanish yuqori bo'lganida gazning o'z-o'zidan ionlashish hodisasi yuz beradi (6.5.2-rasm, *BC* oraliq). Natijada sanagich noto'g'ri signallarni chiqarib beradi. Bu esa anchagina xavfli, chunki radioaktiv nurlanish bo'lmagan joyda radioaktiv modda bilan ifloslangan deb, va aksincha, radioaktiv nurlanish yuqori bo'lgan joyda radioaktiv nurlanish yo'q deb ko'rsatishi mumkin. Shuning uchun sanagichning ish platasi (ishchi kuchlanishi) topiladi.

Asbob-uskunalar

Gaz razryadli sanagich — Geyger — Myuller sanagichi. O'zgarmas tok manbai. Hisoblash qurilmasi. Radioaktiv modda yoki atmosferadan yig'ilgan radioaktiv chang. Kondensator va qarshilik hamda yordamchi aslahalar.

QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

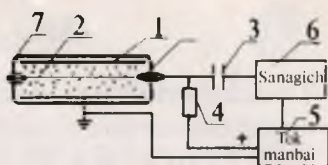
Qurilma Geyger — Myuller sanagichi, radioaktiv modda, elektr impulslarni hisoblaydigan radiometr asbobi, o'zgarmas tok manbai, elektr impulslarga shakl beruvchi sistema va boshqa yordamchi aslahalardan tuzilgan. Qurilmani ishga tushirish uchun 6.5.1-rasmdagi qurilma zanjiri tuziladi va u tashqi elektr tarmog'iga qo'shiladi.

Gaz razryadli sanagichlar hamma turlarining ishlashi ionizatsiya hodisasiga asoslangan bo'lib, ular katod (1), anod (2) va ionlanuvchi muhitdan, anodni tarang ushlab turuvchi (8) prujinadan, shisha ballon (7) va kontaktlardan tashkil topgan bo'ladi. Bundan tashqari, tok sanagichning asosiy qismi hisoblanadi.

Gaz razryadli sanagich argonli, argon — geliyli, ksenonli turlarga bo'linadi. Ular konstruksiya jihatidan yumaloq shaklda va yon tomonidan zarralar yoki γ -kvant kirishi uchun mo'ljallangan pardali darchasi bo'lganlari ham mavjud.

6.5.1-rasm. Geyger — Myuller sanagichining elektr sxemasi:

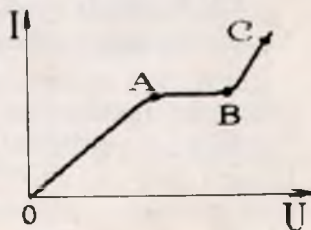
1 — katod; 2 — anod; 3 — kondensator; 4 — anod yuklanishi; 5 — tok manbai; 6 — sanagich; 7 — sanagich korpusi.



Sanagichning ishlashi uchun sanagich yaqiniga radioaktiv moddalarni keltirganimizda sanagich kamerasiga radioaktiv nurlar kirib, gazni ionlashtiradi, ya'ni manfiy va musbat ionlar hosil bo'ladi, bunda musbat ionlar katodga va manfiy ishorali ionlar anodga qarab harakatlanadi. Natijada anod tokining juda qisqa vaqt ichida impulsli o'zgarishiga olib keladi. Mana shu impulsni turli usullar bilan qayd qilish keng qo'llaniladi.

Olingan natijalar asosida millimetrlri qog'ozga sanagichning kuchlanishi bilan qayd etilgan impulsor orasidagi bog'lanish grafigi $N = f(U)$ chiziladi. Bu grafik sanagichning volt-amper xarakteristikasini ifodalaydi. Grafikdagi $0 - A$ oraliq sanagichning proporsionallik sohasi, AB — sanagichning ish sohasi (platasi), ya'ni to'g'ri hisoblaydigan sohasi, BC — sanagichning razryad sohasi deyiladi.

Ishning asosiy maqsadi—sanagichning AB sohasini topishdan iborat. O'lchashlar shu asosida o'tkaziladi. Ishni bajarishdan avval berilgan asbob va uskunalarining tuzilishini, ishlash tartibini va boshqarish kalitlarini puxta o'rganib oling. Sanagichning ish hajmida hosil bo'lgan ionlarning elektr maydonda gaz orqali harakati vaqtida qisqa muddatli (impulsli) tok hosil bo'ladi. Bu tok qiymati juda kichik, chastota jihatidan past yoki yuqori bo'lishi mumkin. Hosil bo'lgan impulsli tok o'zgaruvchan bo'lganligi sababli, chiqish sig'imidan erkin o'ta oladi. Bu impulsli tok katodli takrorlagichga o'tadi va unda impulsning shakli hisoblash asbobi qayd eta oladigan shaklga keltiriladi. Zarur bo'lsa, kuchaytiriladi.



6.5.2-rasm. Sanagich ish platosining grafigi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va o'qituvchi savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Elektr tarmog'iga asboblarni o'chirilgan holatida ulang.

3. Hisoblash asbobining to'g'ri ishlashini uning yo'riqnomasiga muvofiq tekshiring.

4. Yuqori kuchlanish beruvchi asbobni elektr tarmog'iga ulovchi tumblarni yuqoriga ko'taring, bunda signal lampasi shu'lalanadi.

5. Yuqori kuchlanish beruvchi asbobning chiqish potentsiometrini chap tomonga burab oxirigacha olib boring.

6. Sanagichga beriladigan kuchlanish qutbini aniqlang va uni talabga mos ravishda kalitni «plyus» yoki «minus» tomoniga ko'chiring.

7. Yuqori kuchlanish kalitini sanagichga ulang.

8. Asbobni 15 minut qizdiring.

9. Yuqori kuchlanishning har xil qiymatlariga (20 V dan orttirib boriladi) mos keluvchi impuls/min. sonini kuzating va natijalarni quyidagi jadvalga kiriting.

10. Olingan natijalar (kuchlanishni 20 V dan orttirib bo'rib, 350 V gacha bo'lgan oraliqqa mos keluvchi impuls soni) asosida $N = f(U)$ grafigini millimetrli qog'ozda (6.5.2-rasm) chizing.

11. Geyger — Myuller sanagichining ishchi kuchlanishini o'tkazilgan tajriba natijalari asosida qurilgan $N = f(U)$ grafigidan aniqlang.

12. Tajribada yo'l qo'yilgan xatoliklarni aniqlang va ularni chizilgan grafikda ko'rsating.

O'lchash tartibi	Impuls soni N, imp/min.	Anod kuchlanishi U, V	Eslatma
1			
2			
3			



Nazorat savollari

1. Gaz razryadli sanagichlar qanday qonuniyatga muvofiq ishlaydi?
2. Manfiy va musbat ionlar sanagichning hajmida qanday tashqi ta'sir hisobiga hosil bo'ladi?
3. Musbat va manfiy ionlar gaz razryadli sanagich hajmida qanday harakatlanadi?
4. Gaz razryadli sanagichlar qanday joylarda qo'llaniladi?
5. Geyger — Myuller sanagichining sxemasini chizing.
6. Gaz razryadli sanagichlarning ishchi kuchlanishi tajribada qanday aniqlanadi?
7. Qanday turdagi yadro nurlarining sanagichlarini bilasiz?

6.6. KOSMIK NURLARNI QAYD QILISH

Ishning maqsadi: 1. Kosmik nurlar va uning tarkibiy qismi haqida tushuncha berish. 2. Kosmik nurlar manbai haqida tushuncha hosil qilish. 3. Kosmik nurlarni qayd etish usullarini o'rganish.

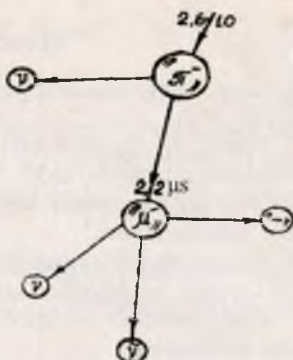


NAZARIY MUQADDIMA

Koinotdan Yer sirtiga yetib keluvchi yuqori energiyali zarralar oqimi *kosmik nurlar* deyiladi. Ular 1911- yil kashf qilingan bo'lib, Yer atmosferasigacha Koinotdan keladigan bu nurlar tarkibini 90 % tez protonlar, 9 % geliy atomi yadrolari va 1 % ga yaqinini og'ir kimyoviy elementlar (aktinidlar) yadrolari oqimi tashkil etadi. Ularning tezliklari yorug'lik tezligiga yaqin bo'ladi. *Birlamchi kosmik nurlar* — bu Koinot (bizning Galaktikamiz chekkasi bo'lgan Somon yo'li)dan to Yer atmosferasigacha yetib kelgan zarralar oqimidir va ularning intensivligi vaqt birligida taqriban turg'un bo'ladi. Ularning energiyalari $E_k = 10^3$ MeV dan 10^{14} MeV gacha bo'lib, ba'zida Quyosh va Koinotdagi yoritgichlar aktivligining ortishi natijasida Yer atmosferasiga katta miqdordagi zarralar oqimi yetib keladi. Shulardan energiyalari $1,5 \cdot 10^3$ MeV atrofida bo'lgan zarralar Yer sirtiga yetib keladi (6.6.1-rasm). Qolgan qismi Yerning magnit maydoni va atmosferasi bilan ta'sirlashib o'z yo'nalishlarini o'zgartiradi hamda turli xil reaksiyalarga kirishishi jarayonida boshqa turdagi zarralar hosil qiladi yoki yemiriladi. Natijada birlamchi kos-



6.6.1-rasm.

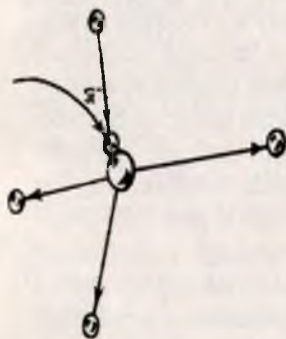


6.6.2-rasm.

mik nurlar bilan atmosfera havosi atomlarining ta'sirlashishi jarayonida yadro reaksiyalari hisobiga ikkilamchi kosmik nurlar oqimi paydo bo'ladi.

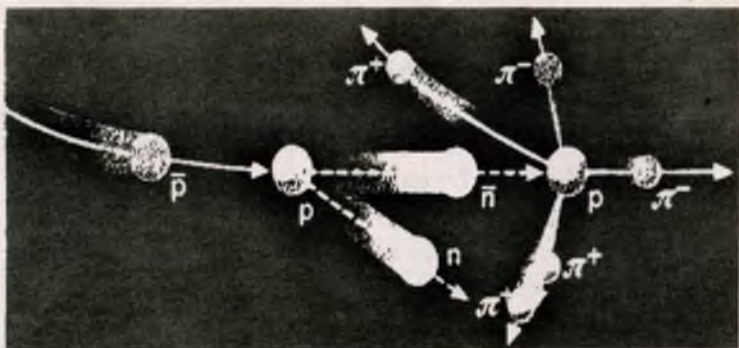
Bu reaksiyalar vaqtida tez protonlar, neytronlar, alfa-zarralar, π -mezonlar, μ -mezonlar, K-mezonlar va ko'pchilik giperonlar hosil bo'lishi mumkin. Bu zarralarning ko'pchiligi turg'unmasligidan tezda yemirilib, boshqa turdagi zarralarni hosil qiladi (6.6.2-rasm).

Yer sirtidan $h = 10$ km balandliklarga birlamchi kosmik nurlar yetib kelishi mumkin.



6.6.3-rasm. Manfiy π -mezonning yadro bilan ta'sirlashishi.

Ularni o'rganishda qalin fotoplas-tinkalardan foydalaniladi. Fotoplas-tinkalar baland tog'lardagi (O'zbekistonda Qumbel davonida) maxsus stansiyalarda, havo sharlarida va hozirgi vaqtda kosmik stansiya-larda joylashtiriladi. Fotoplastinka birlamchi kosmik nurning ham nishoni va ham detektori vazifasini bajaradi. Birlamchi kosmik nurlar fotoplastinkadagi bromli kumush atomlari bilan ta'sirlashadi va qalin iz qoldiradi. Fotoplastinkadagi iz-lar mikroskop ostida kuzatiladi va



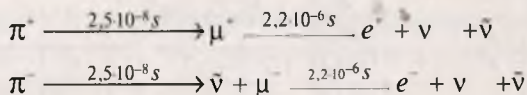
6.6.4-rasm.

Antineutronning paydo bo'lishi va annigilyatsiyasi.

izlar uzunligi hamda qalinligi asosida zarralarning energiyalari hisoblanadi. Ayrim holatlarda kosmik nurlar hisobiga bo'lgan yadro reaksiyalarida atom yadrosi mutlaqo parchalanib ketadi (6.6.3-rasm). Kosmik nurlarning yemirilish jarayonida turlicha reaksiyalar bo'lishi mumkin. Masalan:

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu \text{ yoki } \pi^0 \rightarrow 2\gamma.$$

Atmosferaning yuqori qatlamida hosil bo'ladigan μ -mezonlar Yer sirtiga yetib keladi. O'lchashlar shuni ko'rsatganki, dengiz sathida ularning intensivligi 0,75 zarraga teng. $\mu^\pm$ - mezonlar atmosferadagi atomlar bilan quyidagicha



reaksiyaga kirib, $2,2 \cdot 10^{-6} s$ davomida yemiriladi. Kosmik nurlar to'g'risida ko'p ma'lumotlarni 1-jadvaldan topish mumkin.

Hamma turdagi kosmik nurlar muhit bilan ta'sirlashish jarayonida turli-tuman reaksiyalar sodir bo'ladi. Yer sharoitida (dengiz sathida) asosan ikkilamchi kosmik nurlarni qayd qilish mumkin.

Asbob-uskunalar

Geyger — Myuller sanagichlari — 2 ta. Tok manbai. Radiometr asbobi. Ossillograf va boshqa yordamchi aslahalar.

Turg'un va nisbatan turg'un elementar zarralar

Nomi	Bel-gisi	Anti-zarra	Nisbiy massa-si	Spini	Izo-spin	Giperzaryad	Ajoyibligi	Aniq-ligi	O'rtacha yashash vaqti, S
Foton	γ	γ	0	1	—	0	0	—1	Turg'un
L E P T O N L A R									
Elektron neytrinosi	ν_e	$\bar{\nu}_e$	0	1/2	—	0	0	—	— [—] —
Elektron	e^-	e^+	1	1/2	—	0	0	+1	— [—] —
Myuon neytrinosi	ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	0	1/2	—	0	0	—	— [—] —
Myuon	μ^-	μ^+	206,8	1/2	—	0	0	+1	$2,2 \cdot 10^{-6}$
M E Z O N L A R									
Pion	π^0	π^0	263,9	0	0	0	0	—1	$0,9 \cdot 10^{-16}$
	π^+	π^-	273,2	0	+1	0	0	—1	$2,5 \cdot 10^{-8}$
Kaon	K^0	K^0	974,1	0	—1/2	+1	+1	—1	$0,8 \cdot 10^{-11}$
									50%
									$5,9 \cdot 10^{-8}$
									50%
	K^+	K^-	966,4	0	+1/2	+1	+1	—1	$1,2 \cdot 10^{-8}$
B A R I O N L A R									
Proton	p	$\bar{p}$	1836,1	1/2	+1/2	+1	0	+1	Турғун
Neytron	n	$\bar{n}$	1838,6	1/2	—1/2	+1	0	+1	$1,60 \cdot 10^{-3}$
Giperonlar	Λ	$\bar{\Lambda}$	2183,0	1/2	0	0	—1	+1	$2,6 \cdot 10^{-10}$
	Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	2334	1/2	0	0	—1	+1	$1,0 \cdot 10^{-14}$
	Σ^+	$\bar{\Sigma}^+$	2328,0	1/2	+1	0	—1	+1	$0,8 \cdot 10^{-10}$
	Σ^-	$\bar{\Sigma}^-$	2343	1/2	—1	0	—1	+1	$1,6 \cdot 10^{-10}$
Ksigiperon	Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	2573	1/2	+1/2	—1	—2	+1	$3,0 \cdot 10^{-10}$
	Ξ^-	$\bar{\Xi}^-$	2586	1/2	—1/2	—1	—2	+1	$1,7 \cdot 10^{-10}$
Omegagiperon	Ω^-	$\bar{\Omega}^-$	3273	3/2	0	—2	—3	+1	$1,0 \cdot 10^{-10}$

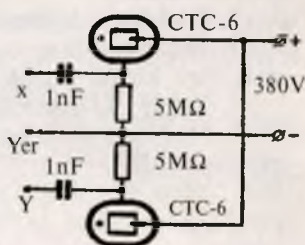
QURILMANING TUZILISHI VA ISHLASHI

Gaz razryadli sanagichlar gazda tashqi ta'sir hisobiga hosil bo'lgan ionlarni sanash, ya'ni ionizatsiya hodisasiga asosan ishlaydi. Sanagichning ish kamerasi (gaz to'ldirilgan yupqa pardali tuynukchali shisha ballon)ga yadro nurlari yoki kosmik nurlar kirganida gazni ionlashtiradi. Musbat va manfiy ionlar mos ravishda katod va anodga o'z zaryadini berib neytrallashadi. Natijada anod (yoki katod) tokining ion zaryadiga proporsional ravishda o'ta qisqa vaqtda o'zgarishi hisobiga chiqishda elektr impulsi hosil bo'ladi. Bu impulsni turli xil asboblarda yordamida qayd qilish mumkin. Masalan, radiometr, analizator, ossillograf.

Kosmik nurlarni qayd qilish uchun ikkita gaz razryadli sanagichlarni o'zaro ustma-ust joylashtiriladi va ularni kerakli tok manbai bilan (6.6.4-rasmga qarang) hamda hosil bo'lgan impulsni qayd etish uchun ossillograf bilan ta'minlanadi. Albatta, atrof-muhit (tuproq, suv, havo) tarkibidagi tabiiy radioaktivlik hisobiga sanagichlar gamma-kvantni, beta-zarrani qayd qiladi. Muhitning bergan radioaktivlik shovqiniga asosiy elektr signallarning qo'shilib ketmasligi uchun «mos tushirish» sxemasidan foydalaniladi. Kosmik nur ikkala sanagichdan o'tgandagina ossillografda impuls paydo bo'ladi. Birlinchi sanagichning chiqishini ossillografning gorizontal, ikkinchi sanagich chiqishini esa vertikal plastinkalariga ulanadi.

Sanagichlarda turli xil radionuklidlarning nurlanishi natijasida ossillograf ekranida nur gorizontal yoki vertikal siljiydi.

Agar bir vaqtda ikkala sanagichda ham kosmik nur qayd etilsa, unda nur 45° burchak ostida siljiydi. Kosmik nurlarni qayd qilishda shu usuldan foydalanib tabiiy radioaktivlik bilan kosmik nurlar orasidagi bog'lanish burchagi topiladi.



6.6.5-rasm. Ishning elektr cxemasi.



Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing va o'qituvchi savollariga javob berib, ishni bajarishga ruxsat oling.

2. Laboratoriya qurilmasining tuzilishini, ishlash tartibini va ossillografni ishlatishni o'rganing.

3. Ossillografni elektr tarmog'iga ulang va kalitni ulang (shunda ko'k rangdagi lampa shu'lalanadi).

4. Nurni yoyish (razvertka) kalitini uzing va nurni ossillograf ekrani markaziga keltiring.

5. Birinchi sanagichning chiqishini ossillografning «X» — gorizontal plastinkasi kirishiga va ikkinchi sanagichning chiqishini «Y» — vertikal plastinkasi kirishiga ulang.

6. Sanagichlarga kerakli kuchlanishlarni tok manбайдan bering va ossillograf ekranida impulslar hosil bo'lishini kuzating.

7. Sanagichlarni bir-biriga nisbatan vertikal va gorizontal joylashtirib, har safar 5 — 10 minut davomida «mos tushish» signallarini qayd qiling va yozib oling.

8. Yer sirtida kosmik nurlarning gorizontal va vertikal yo'nalishlardagi intensivliklari nisbatlarini aniqlang.



Nazorat savollari

1. Birlamchi kosmik nurlar tarkibiga qanday zarra va atomlar kirishi mumkin?

2. Ikkilamchi kosmik nurlar deganda nimani tushunasiz?

3. Mezonlarning qanday turlarini bilasiz va ular qanday reaksiyaga kirishi mumkin?

4. Tabiiy radioaktivlik shovqini nima?

5. Mos tushish sxemasi yordamida nima uchun kosmik nurlar qayd qilinadi?

ILOVA

FIZIK KATTALIKLARNING O'LCHOV BIRLIGI

Fizik kattalik — moddiy dunyodagi ko'pchilik obyektlar va hodisalar tavsifi bo'lib, sifat jihatidan umumiy, ammo miqdor jihatidan yagona bo'lgan xususiyatdir. Fizik kattalik sifatida, masalan, massani olish mumkin. Hamma jismlar o'lchami va holatidan qat'iy nazar, muayyan massaga ega. Xarsangtosh, suv bug'i tomchisi, elektromagnit maydon zarrasi va h.k. bitta umumiylik — massa, ya'ni sifat xossasi bilan ifodalansa-da, lekin massalari bir-biridan farq qilganligi uchun ular miqdoriy xususiyati jihatidan har biri yagonalikka mansubdir. Demak, jismlar *bir jinsli fizik kattalik* — **massa** bilan tavsiflanadi. Umumiyroq qilib tavsiflasak, jismlar o'lchamlaridan qat'iy nazar, sifat jihatidan o'lchov birligi bir xil bo'lgan, bir jinsli fizik kattalik bilan o'lchanadi.

Fizik kattaliklar sistemasi — tabiiyotshunoslikning biror sohasida foydalaniladigan o'zaro bog'liq fizik kattaliklar.

O'lchov birligi — muayyan kattalikni miqdoriy baholash maqsadida taqqoslash uchun asos qilib olinadigan kattalik.

O'lchash — biror kattalikni etalon (frans. *etalon* — namuna) sifatida qabul qilingan shu xildagi kattalik bilan o'zaro taqqoslash jarayonidir.

Fizik kattaliklarning o'lchov birliklari sistemasi — muayyan kattaliklar sistemasiga mansub va biror tuzilma tamoyiliga mos qabul qilingan asosiy va hosilaviy o'lchov birliklari.

Asosiy o'lchov birliklari qilib 1961-yili Xalqaro o'lchov va tarozilar Bosh konferensiyasi quyidagilarni qabul qilgan:

masofa birligi metr (shartli belgisi m yoki m), massa birligi kilogramm (kg), **vaqt birligi sekund (s)**, **temperatura** birligi Kelvin gradusi ($^{\circ}\text{K}$), **tok kuchi** birligi amper (A), **yorug'lik kuchi** birligi sham (kandela — sd) va **modda miqdori** birligi mol (mol).

Hosilaviy o'lchov birliklari. Fizik kattaliklar o'lchov birliklarini tuzish tamoyiliga muvofiq, ularning formulalari asosida hosilaviy o'lchov birliklari aniqlanadi. Hosilaviy o'lchov birliklari asosiy o'lchov birliklarining ko'paytmalari va bo'linmalari shaklida qo'llaniladi. Hosilaviy o'lchov birligi bilan masalan, tezlanish — m/s^2 , volt — $V = A \cdot \Omega$., kuch — $N = kg \cdot m/s^2$, ish — $Jou(J) = N \cdot m = kg \cdot m^2/s^2$ va sh.k. o'lchanadi.

O'lchov sistemasiga kirmagan o'lchov birliklari — asosiy va hosilaviy o'lchov birliklariga kirmagan, goho ularni texnik o'lchov birliklari deb yuritiladigan, ishlab chiqarish sohasining ko'pchilik tarmoqlarida qo'llaniladigan o'lchov birliklari. Masalan, **kilovolt (kV)**, **elektronvolt (eV)**, **megaelektronvolt (MeV)**, **kilovatt (kW)**, **kilovatt · soat (kW · soat)**, **megavatt · soat (MW · soat)**, **kilojoule (kJ)**, **megajoule (MJ)**, **mil, angstrom (Å)**, **radian (rad)**, **rentgen (r)** va sh.k. Bu o'lchov birliklari karrali va ulushli bo'ladi. Masalan, $5 \text{ km} = 5 \cdot 10^3 \text{ m}$; $7 \text{ nanometr(nm)} = 7 \cdot 10^{-9} \text{ m}$; $3 \text{ pF} = 3 \cdot 10^{-12} \text{ F}$.

ASOSIY O'LCHOV BIRLIKLARI HAQIDA MA'LUMOT

1. Metr (yunoncha *metron* va frans. *metre* — o'lchov) — Xalqaro o'lchov birliklari sistemasida masofani o'lchashda qo'llaniladigan o'lchov birligining nomi. Metrik o'lchov sistemasida 1 metr Parij meridiani uzunligi choragining o'n milliondan bir qismi (10^{-7}) ga yoki Krypton-86 atomining $2p^{10}$ va $5d^5$ energetik sathlar orasidagi o'tishiga mos keladigan vakuumdagi nurlanish to'liq uzunligi 1650763,73 tasining uzunligiga teng.

Metrni shartli ravishda kirillcha yozuvda «м», lotinchada «m» deb belgilash qabul qilingan.

Metr o'lchov asbobi sifatida oraliqlari 1 sm bo'lgan va 100 ta teng bo'lakka bo'lingan, eni 20—50 mm va qalinligi 1—5 mm metallardan, matodan, plastmassadan va yog'ochdan tayyorlangan to'g'ri chiziqli tekis jism ishlatiladi. Ayrim kichik o'lchamli va o'rama chizg'ichlarda (ruletka) santimetr bo'lagi oraliqlari millimetrlarga bo'lingan bo'ladi.

$1m = 0,469 \text{ sarjin} = 1,406 \text{ arshin} = 3,281 \text{ fut} = 39,71 \text{ dyum} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ sm} = 1000 \text{ mm}.$

Texnik o'lchov birligida uzunlik faqat millimetrda o'lchanadi. Masalan, 10 km ni 10.000 mm yoziladi va chizmada yozib qo'yiladi. Yana shu o'lchov birliklari sistemasida uzunlik birligi sifatida kilometr (km) va santimetr (sm) qo'llaniladi. $1 \text{ km} = 1000 \text{ m} = 100\,000 \text{ sm} = 1\,000\,000 \text{ mm}.$

Millimetrdan kichik bo'lgan o'lchov birliklari — mikron ($1 \mu = 10^{-6} \text{ m}$), angstrom ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ sm} = 10^{-10} \text{ m}$) va nanometr ($10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nm}$) ilmiy-tadqiqot o'lchashlarida qo'llaniladi. Mikron (yunon. *mikron* — kichik) — uzunlik birligining ulushi. Bir mikron 1 metrning milliondan bir bo'lagiga teng. 1967- yildan keyin mikron o'rniga mikrometr (μm) tushunchasi qabul qilingan.

2. Kilogramm (yunon. *chilioi* — ming) massa o'lchov birligi sifatida qabul qilingan. Birinchi marta (XVIII asr oxirida) 4°C li bir dm^3 hajmdagi toza suv massasi 1 kg deb olingan. 1889- yili Fransiyaning Sevr shahridagi Xalqaro o'lchov va tarozilar byurosida platina — iridiy qotishmasidan tayyorlangan kilogramm etaloni qabul qilingan. Uning tomonlari 39 mm x 39 mm bo'lgan nusxasi Sankt-Peterburgdagi metrologiya ilmiy-tadqiqot institutida saqlanmoqda. Massa o'lchov birligi sifatida Xalqaro o'lchov birliklari sistemasiga kirmagan gramm, milligramm, mikrogramm kabi birliklar ko'p ishlatiladi. $1 \text{ kg} = 1000 \text{ g} = 10^3 \text{ g}$. $1 \text{ g} = 1000 \text{ mg} = 10^3 \text{ mg}$. $1 \text{ mg} = 1/1000 \text{ g} = 10^{-3} \text{ g}$. $1 \mu\text{g} = 1/1000 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ mg} = 10^{-6} \text{ g}.$

3. Sekund (s). Vaqt o'lchov birligi sifatida Xalqaro o'lchov birliklari sistemasida sekund qabul qilingan. Sekund (lotin. *secunda divisio* — ikkinchi bo'lish) deb, Quyosh sutkasi-ning $1/86400$ ulushiga teng vaqt olingan. 1930- yilda Yer o'z o'qi atrofida notekis harakatlanishi aniqlangandan so'ng, 1960- yili Parijda Xalqaro astronomiya kengashi tavsiyasiga muvofiq, XI Xalqaro o'lchov va og'irlik Bosh konferensiyasi vaqt birligi qilib «efemerid», ya'ni sekundning yangi nomini qabul qilgan. Sekundning o'lchovi qilib 1900- tropik yilning 0 — yanvar, ya'ni efemerid vaqti bilan soat 12 da yilning $1/31556925,9747$ qismi qabul qilingan.

1967- yili XIII Xalqaro o'lchov va og'irlik Bosh konferensiyasi molekulyar va atom soatlarining paydo bo'lishi munosabati bilan Seziy-133 atomining ma'lum energetik sathlar orasida o'tishiga mos nurlashning 9192631770,0 davriga teng vaqtni bir sekund deb qabul qilgan. $1 \text{ sutka} = 24 \text{ soat} = 1440 \text{ minut} = 86400 \text{ sekund}$. $1 \text{ soat} = 60 \text{ minut} = 3600 \text{ sekund}$. Sekund yozuvda qisqartirilib «c» yoki «s» ko'rinishda yoziladi. Tadqiqotlarda millisekund (10^{-3} s), mikrosekund (10^{-6} s), nanosekund (10^{-9} s) ishlatiladi. Vaqtni o'lchash uchun kundalik turmushda soat, sekundomer, tadqiqotlarda mikrosekund, millisekundlarni o'lchaydigan elektron asboblari qo'llaniladi.

Sekundomer — vaqt oralig'ini soat, minut, sekund va sekund ulushlarida o'lchaydigan asboblari. Sekundomerining mexanik va elektronli turlari keng qo'llaniladi.

Amper (A) — tok kuchining o'lchov birligi. 1 amper shunday o'zgarmas tokning kuchidirki, bu tok vakuumdagi bir-biridan 1 m masofada joylashgan ikki parallel cheksiz uzun to'g'ri o'tkazgichlardan o'tganda bu o'tkazgichlarning har bir metr uzunligi ($l=1 \text{ m}$) o'zaro $2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$ kuch bilan ta'sirlashadi.

Tok kuchi elektr o'lchov asbobi — ampermetr bilan o'lchanadi. Tok kuchining qiymati amper, milliamper, mikroamperlarda o'lchanadi. Ampermetrlarning o'zgaruvchan va o'zgarmas tok kuchini o'lchashga mo'ljallangan turlari mavjud. Tok kuchini o'lchashda qo'llaniladigan ampermetrlar tasnifiga ko'ra magnitoelektrik va elektromagnetik bo'ladi.

Kelvin (K) — termodinamik temperatura o'lchov birligi. Temperatura (lot. *temperatura* — o'lchamdoshlik, normal holat) — makroskopik sistemaning termodinamik muvozanat holatini tavsiflovchi fizik kattalik. 1 K — bu suvning uchlama termodinamik temperaturasi 1/273,16 ulushi.

Kinetik temperatura — zarralar issiqlik harakatining o'rtacha kinetik energiyasi o'lchovi. Temperatura shkalasi — temperaturaning ketma-ket qiymatlariga mos keluvchi ketma-ket son qiymatlari sistemasi. Temperatura shkalasi qilib Selsiy ($^{\circ}\text{C}$), Kelvin ($^{\circ}\text{K}$), Farengayt ($^{\circ}\text{F}$) va Renkin (R) graduslaridagi temperaturalar olingan. Bu temperatura shkalalarida normal

bosim ostidagi suvning qaynash temperaturasi 100°C , muzning erish temperaturasi 0°C nuqtalari temperatura shkalasining tayanch (reper) nuqtalari qilib tanlangan. Bu temperatura shkalalari orasida quyidagi bog'lanish mavjud:

$$t^{\circ}\text{C} = (t^{\circ} + 273,16)^{\circ}\text{K} = (1,8t^{\circ} + 32)^{\circ}\text{F}.$$

Temperaturani o'lchashdagi xatoliklarni kamaytirish maqsadida Xalqaro o'lchov va tarozilar komitetining IX Bosh konferensiyasi (1948- yili) dagi kelishuvga muvofiq, termodinamik temperatura shkalasini tuzishga kelishilgan. Termodinamik temperatura shkalasining Bosh reper nuqtasi qilib suvning uchlama nuqta temperaturasi $273,16\text{ K}$ (aniq) 1954-yil Xalqaro o'lchov va og'irliklar X Bosh konferensiyasida qabul qilingan. Bu Bosh reper nuqta temperaturasida suvning uchala fazalari (qattiq, suyuq, gazsimon) o'zaro muvozanatda bo'ladi. Suvning uchlama nuqtasini termodinamik temperatura shkalasining Bosh reper nuqtasi etib olinishiga asosiy sabab— uchlama nuqta temperaturasini takroriy o'lchashlarda qo'yiladigan xatoliklar suvning qaynash va muzning erish temperaturalarini o'lchashdagi xatoliklarga nisbatan ancha kamligidir. O'lchashlarda bir temperatura shkalasidan boshqasiga o'tishga to'g'ri keladi. Masalan, Selsiydan Kelvin shkalasiga o'tishda ular o'rtasidagi quyidagi bog'lanishdan foydalaniladi:

$$T = t + 273,15\text{K}.$$

Muhitning temperaturasi simobli, spirtli termometrlar, fizik hodisalar asosida yasalgan termojuft yordamida o'lchanadi.

Mol (*mol*) — modda miqdorining o'lchov birligi. Massasi $0,012\text{ kg}$ bo'lgan uglerod-12 da qancha atom bo'lsa, shuncha molekulasi bo'lgan modda miqdori *bir mol* deyiladi. Bir mol moddadagi atomlar yoki molekular soni Avogadro soni ($6,023 \cdot 10^{23}$) ga teng bo'ladi.

Sham — yorug'lik kuchi birligi. Qadimda yorug'lik kuchi sifatida muayyan massadagi sham yoki cho'g'lanma lampa bergan yorug'lik olingan. 1881- yilda Xalqaro elektriklar kongressi qotayotgan platinaning bir santimetr kvadrat yuzasi normal

yo'nalishda nurlagan yorug'lik kuchining yigirmadan bir ulushini *yorug'lik kuchi* — *bir sham* deb qabul qilgan. 1948-yili Xalqaro o'lchov va og'irliklar qo'mitasi platinali nurlagich o'lchov birligiga o'tishga qaror qiladi. Faqat 1967-yili Xalqaro o'lchov va og'irliklar XIII Bosh konferensiyasi Xalqaro o'lchov birliklari sistemasi (SI) da yorug'lik kuchi sifatida kandela (lot. *candela* — sham) qabul qilgan. Kandela — to'la nurlagich kesimining $1/600,000 \text{ m}^2$ yuzasidan shu kesimga perpendukular yo'nalishda normal bosim (101325 Pa) va 2042 K temperaturadagi qotayotgan platina chiqaradigan yorug'lik kuchi. 1 sham = 1,005 kandela. Kandela qisqartirilib, *kd* yoki *sd* shaklida yoziladi.

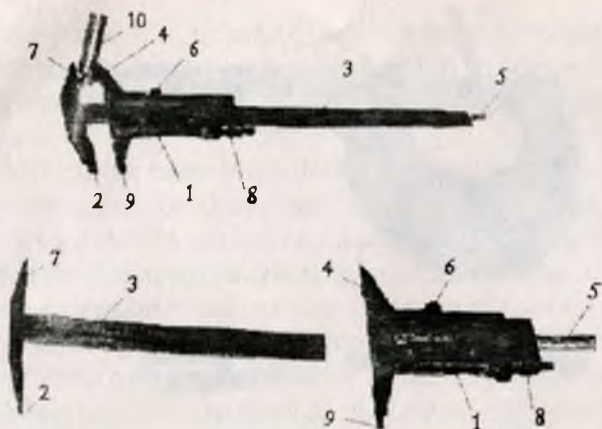
Yuzalarning yoritilganlik darajasi lyuksmetr asbobi bilan o'lchanadi. Lyuksmetrning asosiy datchigi (yorug'lik nurini fototokka aylantiruvchi asbob) sifatida yarim o'tkazgichli fotorezistor, fotoelementlar va fotokuchaytirgichlar qo'llaniladi.

O'LCHOV ASBOBLARI HAQIDA MA'LUMOT

Uzunlik kilometr, metr, santimetr, millimetr, mikrometrlarda o'lchaydigan asboblari yordamida o'lchanadi. Ularning turlari turli-tuman bo'lib, ayrimlari haqida qisqagina ma'lumot beramiz.

Shtangensirkul (nem. *stangen* — sterjen va lot. *curcules* — doira, aylana) — mashinasozlikda detallarning tashqi va ichki, to'g'ri chiziqli o'lchamlarini o'lchaydigan mexanik asbob. Shtangensirkul bilan detallarning diametri, uzunligi, eni, chuqurliklari $0,1—0,05$ aniqlikda o'lchanadi.

Shtangensirkulning qo'zg'almas 2 va 7 jag'lari (1-rasm) masshtabli chiziqli chizg'ich 3 ning bosh tomonida, qo'zg'aluvchi (sirpanuvchi) 4 va 9 jag'lari hamda nonius (o'lchana-digan detal o'lchamining o'ndan bir ulushini aniqlaydigan) ramka (1) da joylashtirilgan. Masshtabli chizg'ich (3)ni shtanga deb yuritiladi. Shtanganing ort tomonida o'yilgan qirrali ariqchada harakatlanadigan, chuqurlikni o'lchaydigan 5 chizg'ich joylashtirilgan bo'lib, uning bir tomoni ramka 1 ga mahkamlangan. Detalning o'lchamlari o'lchanish jarayonida qo'zg'aluvchi 4 va 9 hamda chuqurlikni o'lchovchi 5 chizg'ich

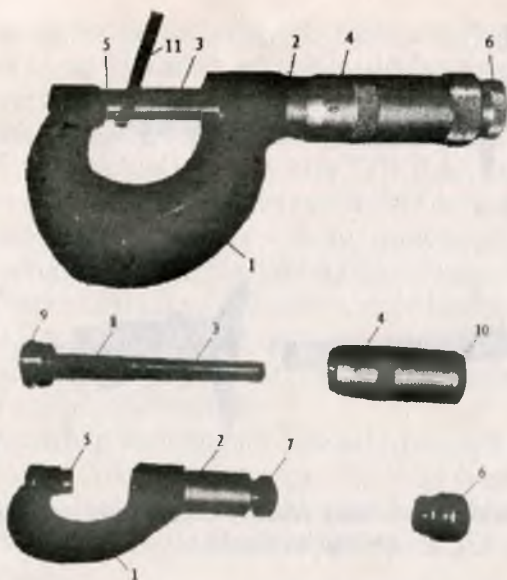


1-rasm. Shtangensirkulning umumiy va qismlarga ajratilgan holdagi ko'rinishi.

o'z joyidan qo'zg'aladi. Qo'zg'almas va qo'zg'aluvchi jag'lar o'rtasiga detalning o'lchanadigan qismi joylanadi va jag'lar detal tomonlariga zich siqiladi. Keyin vint (6) burab qotiriladi. Shtangadan butun sonlar va ramkadagi noniusdan millimetrning ulushlari hisoblanadi. Nonius chiziqlari o'nta bo'lakdan iborat bo'lib, uning birorta chizig'i shtangadagi chiziqlar bilan ustma-ust tushsa, shu son millimetrning ulushi hisoblanadi.

Masalan, 10 mm ga yaqin uzunlikdagi detalni aniq o'lchash uchun, avvalo, detal jag'lar orasida siqiladi va nonius ustida joylashtirilgan vint 6 mahkamlanadi, keyin noniusdan qaraladi: shtanga 3 dagi chiziq noniusning 7,5 shtanga chizig'i bilan ustma-ust tushgan. Detal o'lchami: 10,75 mm.

Mikrometr (yunon. *mikro* — kichik, *metron* — o'lchash) — o'q bo'ylab burama vintli siljish mikrojuft mexanizmi bo'lib, kichik o'lchamlarni o'lchashda ishlatiladigan mexanik asbob (2-rasm). Qadami kichik bo'lgan vint — gayka mikrojufti (7 va 8) da sterjen (3) shkalali silindr (2) o'qi bo'ylab siljiydi. Vintning o'q bo'ylab siljishi uning buralish burchagiga proporsional. Mikrometr taqasimon 1 korpus, uning o'ng yelkasiga mahkamlangan qalin devorli qo'zg'almas millimetr



2-rasm. Mikrometrning umumiy va qismlarga ajratilgan holdagi ko‘rinishi.

shkalali 2 silindr, shu silindr o‘qida vint qadamiga mos siljuvchi 3 sterjendan tashkil topgan. Taqasimon korpusning chap yelkasiga qo‘zg‘almas 5 tovon mahkamlangan. Silindr (2) ustiga unga nisbatan aylanma-ilgarilanma (qaytma) harakat qiluvchi shkalali (0—50 bo‘lakka bo‘lingan) baraban (4) kiygizilgan. Baraban ikki marta to‘liq aylanganida 3 sterjen bir millimetrga siljiydi. Silindr (2)ning erkin (o‘ng tomonidagi) uchi diametri bo‘ylab to‘rtta teng chorakka kesib bo‘lingan va uning ichki hamda tashqi sirtlariga mikrometrik qadamli rezba (burama iz) kesilgan. Silindr (2)ning ichki rezbasi bo‘ylab sterjen (3) o‘zidagi mikrometrik rezba (8) qadamiga mos harakat qila oladi. Sterjen (3) rezba bo‘ylab erkin (ishqalanishsiz) siljishini ta‘minlash uchun silindr (2) oxiridagi erkin uchidagi tashqi rezbaga siquvchi — rostlovchi gayka (7) kiygizilgan. Sterjen (3) bosh qismining diametri kichikroq, oxiri esa katta (9). Baraban (4) ning ichki diametridan sterjen diametri kichik bo‘lganidan, shu baraban ichida

erkin joylashadi. Baraban (4) ning o'ng qismi oxiridagi tashqi sirtida mayda qadamli rezba (10) kesilgan va unga mikrometrning shaqildoq (trechshotka) 6 mexanizmi rezbali mahkamlangan.

Mikrometr bilan birga detal o'lchamini o'lchash uchun avval detalning o'lchanadigan qismi uning jag'lari, ya'ni 5 tovon va 3 sterjen orasiga kiritiladi. So'ngra qo'zg'aluvchi 3 sterjen shaqildoq mexanizmning buralishi hisobiga sekin detal tomonga jipslantiriladi va vint (yoki taqasimon korpusning o'ng yelkasiga o'rnatilgan moslama kalit) bilan sterjen qo'zg'almas qilib mahkamlanadi. Silindr (2) sirtida gorizontal joylashtirilgan millimetrli shkalaning necha millimetri baraban (4) ichidan chiqib turganligi aniqlanadi. So'ngra baraban sirtidagi aylanma shkala chiziqlarining birortasining gorizontal shkala bilan ustma-ust tushgan nuqtasi millimetrning qanday ulushiga mos kelishi topiladi. Mikrometrning o'lchash aniqligi $\pm 0,01$ mm bo'lib, u tokarlikda, ilmiy-tadqiqot ishlarida, o'quv-laboratoriya mashg'ulotida va sh.k. joylarda keng qo'llaniladi.

Ishlab chiqarishning asbobsozlik sanoati 0—25 mm, 26—50 mm li (qo'shimcha olib-qo'yiladigan sterjenli) mikrometrlarni ishlab chiqaradi. Ko'pchilik holatlarda vint qadami 0,5 yoki 1 mm, barabandagi bo'linmalari oralig'i 0,01 mm, 0,005 va 0,002 mm qilib tayyorlanadi.

Mikrometrlar ishlatilishiga ko'ra, sirti silliq detallarda tashqi ta'sir hisobiga paydo bo'lgan siljish kattaligini, material qalinligini, quvurlar diametrini, rezba qadamini, mashina mexanizmlaridagi metall tishlar o'lchamlarini va uzunligi 50 mm gacha bo'lgan detallar uzunliklarini o'lchaydigan turlarga bo'linadi. Mikrometrlar qo'lda va turg'un (biror joyga mahkamlangan) holatda ishlatiladi.

MUNDARIJA

Muqaddima	3
Fizik kattaliklar qiymatlarini o'lchash va ularning xatoliklarini aniqlash usullari	4
I bob. MEXANIKA	8
1.1. To'g'ri geometrik shakldagi jismlarning zichligini aniqlash	8
1.2. Tekis tezlanuvchan harakatda tezlanishni aniqlash	10
1.3. Jismning erkin tushishini o'rganish	13
1.4. Jismlarning qiya tekislik oxiridagi tezligini aniqlash	16
1.5. Gorizontal, vertikal va burchak ostida otilgan jismning harakatini o'rganish	19
1.6. Qattiq jismlarning sirpanish ishqalanish koef- fitsientini aniqlash	25
1.7. Tushayotgan sharning potentsial va kinetik ener- giyasini aniqlash	28
1.8. Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash	33
1.9. Ag'darma mayatnik yordamida og'irlik kuchi tezla- nishini aniqlash (Qo'shimcha praktikum)	40
1.10. Prujinali mayatnik	45
1.11. Tovush to'liqinining havoda tarqalish tezligini aniqlash	50
1.12. Jismni qiya tekislik bo'ylab ko'tarish moslamasi- ning F.I.K.ni aniqlash	55
1.13. Materialning elastiklik modulini aniqlash	58
1.14. Metallarning chiziqli kengayish koeffitsienti- ni aniqlash	62
II bob. MOLEKULAR FIZIKA	68
2.1. Suyuqliklarning jismlarni siqib chiqarish kuchi- ni aniqlash	68
2.2. Qovushqoqlik koeffitsientini Stoks usuli bilan aniqlash	71

2.3. Sharl qonunini o'rganish	75
2.4. Universal gaz doimiysini aniqlash	79
2.5. Havoning nisbiy namligini psixrometr yordami- da aniqlash	83
2.6. Tomchi usuli bilan sirt taranglik koeffitsienti- ni aniqlash	88

III bob. TERMODINAMIKA 91

3.1. Qattiq jismning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash	91
3.2. Suyuqlikning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash	95
3.3. O'zgarmas hajmdagi havoning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash	99

IV bob. ELEKTR VA MAGNETIZM 105

4.1. O'tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulash	105
4.2. Uitston ko'prigida o'tkazgichlarning qarshilikla- rini o'lchash	107
4.3. O'tkazgichning solishtirma qarshiligini o'lchash	112
4.4. O'tkazgich qarshiligining temperaturaga bog'liqli- gini o'rganish	115
4.5. Tok manbaining EYUK va ichki qarshiligini aniqlash	119
4.6. Ampermetrning o'lchash chegarasini kengaytirish ..	122
4.7. Voltmetrning o'lchash chegarasini kengaytirish	125
4.8. Elektrostatik maydonni tekshirish	128
4.9. Misning elektrokimyoviy ekvivalentini aniqlash	133
4.10. Yarim o'tkazgichli diodning volt-amper tavsifi- ni o'rganish	136
4.11. Kondensatorning elektr sig'imini aniqlash	142
4.12. Kondensatorning sig'im qarshiligini o'lchash	147
4.13. G'altakning induktiv qarshiligini aniqlash	149
4.14. O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonunini o'rga- nish	152
4.15. Elektr zanjirdagi rezonansni o'rganish	157
4.16. Elektromagnit tebranishlarni ossillograf yor- damida tekshirish	160
4.17. Transformatorning foydali ish koeffitsienti- ni (FIK) aniqlash	164

V bob. OPTIKA 169

5.1. Yorug'likning qaytish va sinish qonunlarini o'rga- nish	169
---	-----

5.2. Shishaning sindirish ko'rsatkichini mikroskop yordamida aniqlash	173
5.3. Linzaning fokus masofasini aniqlash	177
5.4. Yoritilganlikni fotodatchik yordamida o'rganish.	183
5.5. Fotoeffekt hodisasini o'rganish	187
5.6. Fototok qiymatining fotodatchik yuzasi yoritilganligiga bog'liqligini o'rganish	192
5.7. Plank doimiysini aniqlash	196
5.8. Fotoelement metalining «qizil chegarasi»ni aniqlash	199
5.9. Qora jism nurlash quvvatining temperaturaga bog'liqligini o'rganish (O'qituvchi ishtirokida bajariladi) ..	204
5.10. Eritma molekulari bilan foton ta'sirlashi-shining effektiv kesimini aniqlash	207
5.11. Difraksion panjara yordamida yorug'lik to'lqin uzunligini aniqlash	213
5.12. Nyuton halqasi yordamida linzaning egrilik radiusini aniqlash	219
5.13. Yorug'likning yutilishini o'rganish	225
5.14. Yorug'lik intensivligining qutblanish darajasiga bog'liqligini o'rganish	228
5.15. Lazerning ishlashini o'rganish	233
5.16. Lazer nurining interferensiyasini o'rganish	236
VI bob. ATOM VA YADRO FIZIKASI	243
6.1. Radioaktivlikning yemirilish qonunini o'rganish	243
6.2. Radioizotop tarqalgan yuza chegarasini va uning aktivligini aniqlash	247
6.3. Gamma-nurning moddalarda yutilish koeffitsientini aniqlash	256
6.4. Alfa zarraning Vilson kamerasidagi izlarini va spintariskopdagi chaqnashini kuzatish	260
6.5. Geyger—Myuller sanagichining ishchi kuchlanishini aniqlash	265
6.6. Kosmik nurlarni qayd qilish	269
ILOVA	275
Fizik kattaliklarning o'lchov birligi	275
Asosiy o'lchov birliklari haqida ma'lumot	276
O'lchov asboblari haqida ma'lumot	280

**Jo'raqul Nurmatov, Mamarahim Isroilov,
Mavluda Nishonova, Abdurashid Avliyoqulov**

FIZIKA
laboratoriya ishlari

*Akademik litsey va kasb-hunar
kollejlari uchun o'quv
qo'llanma*

2- nashri

Toshkent — «O'qituvchi» — 2003

Tahririyat mudiri *M. Po'latov*
Muharrirlar: *M. Shermatova, M. Po'latov*
Rasmlar muharriri *F. Nekqadambayev*
Texn. muharrir *S. Tursunova*
Musahhihlar: *M. Ibrohimova, Z. Sođiqova*
Kompyuterda sahifalovchilar: *K. Hamidullayeva,
N. Ahmedova*
Kichik muharrir *H. Musaxo'jayeve*

IB 8147

Original maketdan bosishga ruxsat etildi 20.03.2003. Bichimi 84x108/32. Kegli 11 shponli. Tayms garniturası. Ofset bosma usulida bosildi. Bosma t. 18,0. Shartli b.t. 15,12. Shartli kr.ott. 15,54. Nashr.t. 12,6. 40000 nusxada bosildi. Buyurtma № 2003.

«O'qituvchi» nashriyoti. Toshkent, 129. Navoiy ko'chasi, 30.
Shartnoma 09—145—2002.

O'zbekiston Matbuot va axborot agentligining 1- bosmaxonasida bosildi. Toshkent, Sag'bon ko'chasi, 1- berk ko'cha, 2- uy. 2003.