

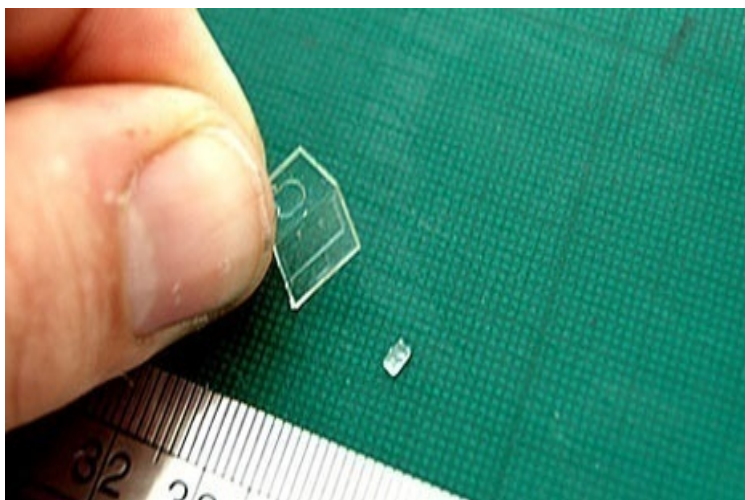
**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA
MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT
TEXNIKA UNIVERSITETI TERMIZ FILIALI**

FIZIKA

fanidan laboratoriya mashg‘ulotlari uchun

USLUBIY KO‘RSATMALAR



TERMIZ 2019

Abrayeva S.T. Fizika fanidan laboratoriya mashg'ulotlari uchun uslubiy ko'rsatmalar – T.:ToshDTU Termiz filiali, 2019.

Uslubiy ko'rsatmalar 5630100 - Ekologiya va atrof-muhit muhofazasi ta'lim yo'nalishi bakalavriat talabalariga mo'jallangan bo'lib, unda laboratoriyada bajarish metodi, yengil sanoat inshootlarning turli qismlarida laboratoriya olib borish va ularni qo'llash ko'nikmasiga ega bo'lish nazarda tutilgan. Ko'rsatmalarda qurilish va yengil sanoat inshootlariga tegishli nazariy tushunchalar ham berilgan.

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga asosan chop etildi.

Taqrizchilar: **To'rayev E. Y.** – Termiz davlat universiteti “Fizika” kafedrası professori,
Sultonova O'. N. – ToshDTU Termiz filiali “Matematik va tabiiy-ilmiy fanlar” kafedrası dotsenti, p.f.n.

© Toshkent davlat texnika universiteti Termiz filiali, 2019

Kirish

Fizika, boshqa tabiiy fanlar kabi, bizni o'rab olgan moddiy dunyoning ob'yektiv xossalarini o'rganadi. Fizika so'zi grekcha bo'lib, tabiat demakdir. Fizika materiya harakatining eng umumiy (mexanik, issiqlik, elektromagnit va h.k.) formalarini va ularning bir-birlariga aylanishlarini o'rganadi. Harakatning fizikada o'rganiladigan formalari harakatning oliy va ancha murakkab bo'lgan hamma formalarida (kimyoviy, biologik va boshqa jarayonlarda) ishtirok etadi va ularning ajralmas qismidir. Masalan, Yer va osmon jismlarining hammasi, kimyoviy jihatdan sodda yoki murakkabligi, tirik yoki o'likligidan qat'iy nazar, fizika kashf etgan butun dunyo tortishish qonuniga bo'ysunadi. Hamma jarayonlar, ularning maxsus kimyoviy, biologik yoki boshqa xarakterda bo'lishidan qat'iy nazar, fizika aniqlagan qonunga - energiyaning saqlanish qonuniga bo'ysunadi.

Har qanday jamiyatda texnika taraqqiyoti, kundalik turmush tarzidan tortib yuqori avtomatlashgan ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarishgacha fizika fani qonuniyatlarisiz amalga oshmaydi. Shu nuqtayi 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 eng ko'p qo'llanilgani uchun ham uni o'qitishda tajriba-amaliyot ishlariga alohida e'tibor berish vaqti yetib keldi. Mazkur uslubiy ko'rsatmalar shu maqsadda yozilgan bo'lib, unda oliy ta'lim ekologiya va atrof-muhit muhofazasi ta'lim yo'nalishi bo'yicha fizika fanini o'qitishdagi eng zaruriy laboratoriya ishlari berilgan.

Ushbu ko'rsatma umumiy fizikaning asosiy hodisalari, qonunlari, qonuniyatlarini o'rganish, ularning texnikada va hayotda qo'llanishi, tabiatdagi jarayonlarni hayotga ta'sirini qamraydi.

Fizika fanining asosiy maqsadi talabalarni asosiy fizik hodisalar, ularning mexanizmlari, qonuniyatlari va amaliy qo'llanishlari bilan tanishtirishdir. Fizika fanining asosiy vazifasi talabalarda ilmiy-amaliy dunyoqarashni, ya'ni fizika hodisalarining tabiatini to'g'ri tasavvur qilish, tabiiy fanlar sohasida qo'yilgan har bir aniq vazifalar mazmunini umumiy fizika qonunlari bilan bog'lash; asosiy fizika o'lchov asbob-uskunalaridan foydalana bilish; fizika fanining rivojida o'zbek allomalarining qo'shgan hissalaridan g'ururlanishni shakllantirishdir; talabalarning mustaqil ishlash malakasini,

tahliliy mulohaza yuritish qobiliyatini, shuningdek asosiy va qo‘shimcha adabiyotlardan foydalanish mahoratini o‘stirish.

Asosiy fizika qonunlari va ularning formulalarini, asosiy fizik prinsiplarining ma‘nosi, mazmuni, harakat qonuniyatlari va ularning grafiklarini tahlil qilish. Fizik kattaliklarinng ma‘nosini, birliklarini va ularni taqqoslashni, asosiy fizik qonun va prinsiplarni mexanik hodisalarga qo‘llay bilish. Fizik tajribalar, namoyishlar va hodisalarni fizik qonun va prinsiplari asosida tavsiflash. Fizikada qo‘llaniladigan fizik qonunlar, prinsiplar, ideallashtirilgan modellar va sxemalarning qo‘llanilish chegarasini belgilash.

Uslubiy ko‘rsatmada fizika fani bo‘yicha laboratoriya ishlarini tashkil qilish, hamda rioya qilinishi zarur bo‘lgan xavfsizlik choralari, shuningdek, laboratoriya ishlarini bajarishga oid tavsiyalar berilgan bo‘lib, unda laboratoriya ishlarining mavzusi, maqsadi, qisqacha nazariyasi, qo‘llaniladigan asbob-uskunalar ro‘yxati keltirilgan.

BIRLIKLARNING XALQARO TIZIMI

Birliklarning xalqaro tizimi 1960-yilning oktyabrida qabul qilingan bo‘lib, u “Sistema internatsionalnaya” so‘zlarining bosh harflari bo‘yicha SI (“Es-I” deb o‘qiladi) tarzida belgilanadi. 1961-yili standartlar bo‘yicha sobiq SSSR Davlat Komiteti GOST 9867-61 ni tasdiqladi. Bu standartga asosan, fan, texnika va xalq xo‘jaligining barcha sohalarida hamda o‘qitish jarayonida birliklarning xalqaro sistemasi (SI) dan foydalanish ko‘zda tutilgan. SSSR Davlat standartining 1979-yil 6-apreldagi 113-sonli qaroriga asosan O‘zaro Iqtisodiy Yordam Kengashining (ST.SEV.1052-78) “Metrologiya Fizik kattaliklarning birliklari” standarti 1980-yil 1-yanvardan boshlab qo‘llanila boshlandi.

Mazkur standart majburiy tarzda fizik kattaliklarning xalqaro birliklar sistemasi (SI) ni kiritdi. Bu sistemani quyidagi yettita asosiy va ikkita qo‘shimcha birliklar tashkil etadi:

Asosiy birliklar

1. Uzunlik birligi – METR (m). Metr–Krinton-86 atomining vakuumdagi $2P_{10}$ va $5d_5$ energiya sathlari orasidagi o‘tishga to‘g‘ri

keladigan vakuumdagi nurlanish to'liqlarining 1650763,73 tasi uzunligiga teng bo'lgan uzunlikdir.

2. **Massa birligi** – KILOGRAMM (kg). Kilogramm-massa birligi uchun qabul qilingan xalqaro prototipning (balandligi diametriga teng bo'lgan platina – iridiy silindr) massasidir.

3. **Vaqt birligi** – SEKUND (s). Bir sekund-seviy-133 atomi asosiy holatining ikki o'tanozik energetik sathlari orasidagi o'tishiga mos bo'lgan 9192531770 nurlanish davridir.

4. **Modda miqdori birligi**– MOL. Mol-moddaning shunday miqdoriki, undagi molekula (atom, ion, yoki boshqa zarralar) soni uglerod-12 ning 0,012 kg massasidagi atomlar soniga teng.

5. **Elektr toki kuchining birligi** – AMPER (Δ). Amper-vakuumba bir-biridan 1m masofada joylashgan ikki parallel cheksiz uzun, kesim yuzasi juda kichik to'g'ri o'tkazgichlardan o'zgarmas tok o'tganda, o'tkazgichning har bir metr uzunligida $2 \cdot 10^{-7}$ Nyuton o'zaro ta'sir kuchi hosil qiladigan tok kuchidir.

6. **Termodinamik harorat birligi** – KELVEN (K). Kelven-suvning o'lchanma nuqtasini xarakterlovchi termodinamik haroratning $1/273,16$ ulushidir.

7. **Yorug'lik kuchi birligi** – KANDELA (Kd). Kandela-berilgan yo'nalishda chastotasi $540 \cdot 10^{-2}$ Gs bo'lgan monoxromatik nurlanish tarqatuvchi manbaning yorug'lik kuchiga teng, bu nurlanishning energetik yorug'lik kuchi shu yo'nalishda $1/683$ Vt/sr ni tashkil etadi.

Qo'shimcha birliklar.

1. **Yassi burchak birligi** – RADIAN (rad). Uzunligi radiusiga teng yoyga (aylana yoyiga) tiraluvchi markaziy burchak 1 radian deb qabul qilingan.

2. **Fazoviy burchak birligi** – STERADIAN (ster). Uchi sfera markazida bo'lgan va shu sfera sirtida radius kvadratiga teng yuzli sirtini ajratadigan fazoviy burchakni 1 steradian deb qabul qilingan.

Qolgan fizik kattaliklarning o'lchov birliklari hosilaviy birliklar deb atalib, ular bu fizik kattaliklarni asosiy birliklar bilan bog'lovchi formulalar yordamida keltirib chiqariladi.

Kattaliklar	Nomi	Belgisi
1	2	3
Yuza	kvadrat metr	m^2 S
Hajm	kub metr	m^3 V
Tezlik	metr taqsim sekund	m/s v
Tezlanish	metr taqsim sekund kvadrat	m/s^2 a
Burchak tezligi	radian taqsim sekund	rad/s ω
Burchak tezlanishi	radian taqsim sekund kvadrat	rad/s^2 ξ
Davriy jarayon chastotasi	Gers	Gs v
Kuch	Nyuton	N F
Zichlik	kilogramm taqsim metr kub	kg/m^3 ρ
Kuch momenti	Nyuton metr	$N \cdot m$ M
Kuch impulsi	Nyuton sekund	$N \cdot s$ p
Yung moduli	Paskal	Pa E
Impuls /harakat miqdori/	Kilogramm metr taqsim sekund	$kg \cdot m/s$ p
Ish	Joul	J A
Energiya/kinetik,potensial/	Joul	J W
Yopishqoqlik koeffitsiyenti	Paskal sekund	$Pa \cdot s$ η
Sirt taranglik	Nyuton taqsim metr	N/m α
Bosim	Paskal	Pa P
Impuls momenti	Kilogramm metr kvadrat taqsim sekund	$kg \cdot m^2/s$ L
Quvvat	Vatt	Vt P
Tovush energiyasi	Joul	J E
Tovush quvvati	Vatt	Vt N
Tovush intensivligi	Vatt taqsim kvadrat metr	Vt/m^2 I
Issiqlik miqdori	Joul	J Q
Solishtirma issiqlik miqdori	Joul taqsim kilogramm	J/kg μ
Solishtrma issiqlik sig'imi	Joul taqsim kilogramm kelvin	$J/kg \cdot K$ c
Issiqlik o'tkazuvchanlik	Vatt taqsim metr kelvin	$Vt/m \cdot K$ G

Fizik doimiyliklar

Fizik doimiyliklar	Belgisi	Qiymati
Absolyut nol harorat	T	$K = -273,16^0 S$
Avagadro soni	N	$6,022 \cdot 10^{23} mol^{-1}$
Bolsman doimiysi	k	$1,381 \cdot 10^{-23} J/K$
Bo'shliqdagi yorug'lik tezligi	c	$299792,5 \cdot 10^3 m/s$
Gaz doimiysi	R	$8,314 J/mol \cdot K$
Gravitatsion doimiy	G	$6,672 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2/kg^2$
Ideal gazning normal (molyar)hajmi	V_μ	$22,41 \cdot 10^{-3} m^3/mol$
Gazning hajmiy kengayish harorat	β	$1/273,15 K^{-1} = 0,00367$

koefitsiyenti		
Loshmid soni	L_o	$2,687 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$
Erkin tushish tezlanishi	g	$9,80665 \text{ m/s}^2$
Normal atmosfera bosimi	P	101325 Pa
Simob zichligi (normal sharoitda)	ρ_{kd}	$13,595 \text{ kg/m}^3$
Suvning muzlash harorati	t_s	$0^0_s = 273,15 \text{ K}$
Havodagi tovush tezligi (normal sharoitda)	g	$331,5 \text{ m/s}$
Havo zichligi (normal sharoitda)	ρ_{havo}	$1,293 \text{ kg/m}^3$

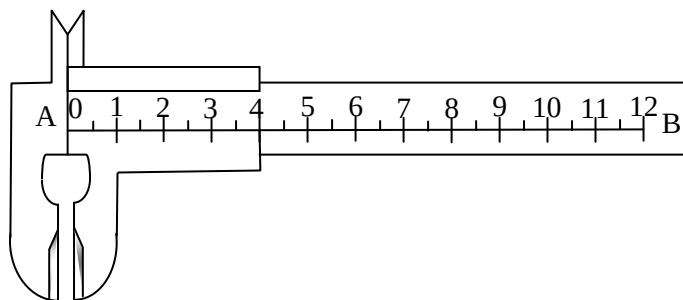
O‘LCHOV ASBOBLARI

Fizik kattaliklarni o‘lchash turli asboblarda bajariladi. Masalan masshtabli lineyka yordamida jismlarning chiziqli o‘lchami, tarozi yordamida massasi, termometr yordamida harorati, sekundomerda esa vaqt o‘lchanadi. Har bir o‘lchov asbobi aniqlik darajasi bo‘yicha farq qiladi.

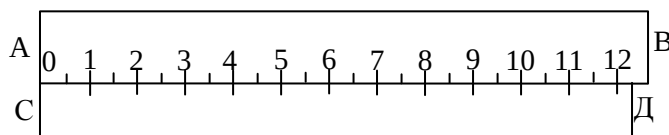
Biror fizik kattalikni o‘lchashda o‘lchov asbobini shunday tanlab olinadiki, o‘lchashda yo‘l qo‘yiladigan xato mumkin qadar kam bo‘lsin. Buning uchun o‘lchov asbobining aniqlik darajasi oshiriladi. Quyida ayrim o‘lchov asboblarining tuzilishi, aniqlik darajasini oshirish yo‘li va ulardan foydalanish qoidalari ko‘rsatiladi.

Masshtabli chizg‘ich. Jismlarning chiziqli o‘lchamlari masshtabli chizg‘ich yordamida o‘lchanadi. Bundan chizg‘ich kichik bo‘limining kattaligi, bo‘lim qiymati deyiladi. Odatda chizg‘ich bir bo‘limining qiymati 1 mm ga teng bo‘lib, uning yordamida jismning uzunligi 0,5 mm gacha aniqlikda o‘lchanadi.

Shtangensirkul. Shtangensirkul 25-30 sm uzunlikdagi jismlarning uzunligini 0,1 mm o‘lchovda o‘lchashga imkon beradi. Bu o‘lchov asbobi AB masshtabli chizg‘ich va CD noniusdan iborat bo‘ladi (1-rasm).



1-rasm



2-rasm

Nonius deb, katta chizg'ich bo'ylab sirpanib yura oladigan bo'limli kichik chizg'ichni aytiladi. Nonius shkalasi m bo'lakdan iborat bo'lib, har bir bo'limining qiymati X ga teng. Noniusga bo'lim chiziqlari shunday chiziladiki, uning m bo'lagining uzunligi asosiy shkalaning $m-1$ bo'lagining uzunligiga to'g'ri kelsin (2-rasm).

Agar asosiy shkala bo'lagining qiymati U bo'lsa:

$$mx = (m-1)y = my - y$$

$$my - mx = y$$

$$\text{yoki} \quad y - x = \frac{y}{m} \quad \Delta x = y - x = \frac{y}{m} \quad (1)$$

noniusning aniqligi deb ataladi.

Masalan $u = 1 \text{ mm}$, $m=10$ bo'lsa,

$$\Delta x = \frac{1 \text{ mm}}{10} = 0,1 \text{ mm}$$

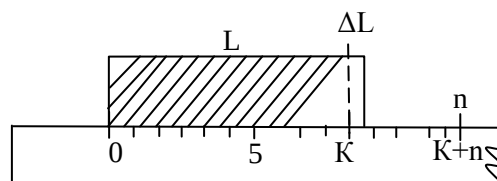
ga teng bo'ladi.

Demak, bunday shtangensirkul yordamida uzunlikni $0,1 \text{ mm}$ gacha aniqlikda o'lchanadi.

Shtangensirkul bilan jismning uzunligi « L » ni aniqlash uchun uning bir uchini asosiy masshtabning nol chizig'iga joylashtiriladi. Faraz qilaylik jismning ikkinchi uchi masshtabdagi « K » bo'lim bilan $K-1$ bo'lim orasida bo'lsin. U holda

$$L = ky + \Delta L$$

deb yozish mumkin, bunda ΔL - masshtabdagi « K » bo'limning hozircha noma'lum bo'lgan ulushidir. Endi « L » kesmaning oxiriga noniusning nol chizig'ini to'g'ri keltirib qo'yamiz. Nonius bo'limlarining uzunligiga



3-rasm

teng bo'lmaganidan noniusda asosiy chiziq masshtabning tegishli $(k+n)$ bo'limiga juda yaqin keladi. 3 - rasmdan ko'rinib turibdiki

$$\Delta L = ny - nx = n(y - x) \quad (2)$$

Yuqoridagi (1) formulaga binoan:

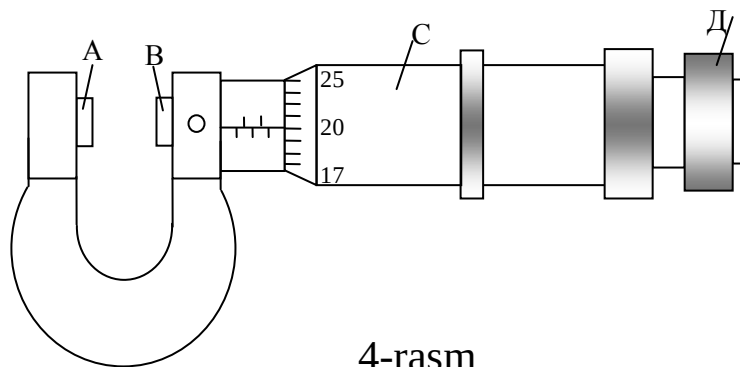
$$\Delta L = n \Delta x \quad (3)$$

Demak kesmaning butun uzunligi

$$L = ky + n\Delta x \quad \text{yoki} \quad L = ky + n \frac{y}{m} \quad (4)$$

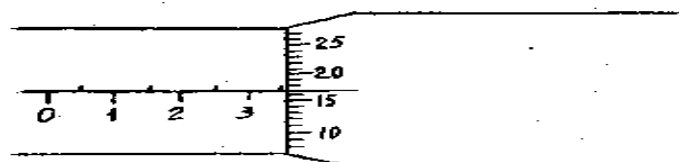
1-rasmda shtangensirkul keltirilgan. Bu asbobning harakatchan qismi ramka shaklidagi noniusdan iborat. Ramkani vint A yordamida mahkamlanadi. O'lchanayotgan jism AA oyoqchalar orasiga siqib qo'yiladi. Shtangensirkul yordamida jismlarning oralig'i, ichki diametrini o'lchash mumkin.

Mikrometr. Mikrometr yordamida 25-30 mm dan katta bo'lmagan jismlarning chiziqli o'lchamlarini 0,01 mm gacha o'lchovda o'lchanadi. Uning ko'rinishi 4-rasmda ko'rsatilgan. Mikrometrning asosiy qismi mikrovint bo'ylab harakatlanuvchi "S" barabandan iborat. Mikrovint qadami odatda 1 mm yoki 0,5 mm bo'ladi. "S" barabanning sirtida 50 yoki 25 bo'limli shkala bor. Bu shkala bo'limining qiymati 0,01



4-rasm

O'lchanadigan buyumni "B" vint bilan uning qarshisidagi "A" tayanch orasiga qo'yib "C" baraban aylantiriladi va vintning uchi predmet sirtiga yaqin keltiriladi. Endi "D" dastakning burash bilan vintni buyumga tegizish kerak. Vint buyum sirtiga tekkanda kuchsiz tovush chiqadi. Bundan keyin "C" barabanini aylantirish taqiqlanadi. Shkalalarga qarab hisob qilinadi: millimetrlar chizig'i shkaladan, millimetr ulushlari barabandagi shkaladan, topiladi.



5-rasm

5-rasmda 3,67 mm uzunlikka to'g'ri keluvchi barabanning holati keltirilgan.

Xavfsizlik texnikasi qoidalarini va tajriba xatoliklarini aniqlash
Laboratoriya ishini bajarishda quyidagilarga e'tiborni qaratish
lozim:

- Ish jarayonida faqat toza, quruq va butun, ishga yaroqli asbob va jihozlardan foydalanish lozim.
- Asbob va jihozlardan foydalanishdan oldin ularning yo'riqnomasi bilan mukammal tanishib chiqish kerak.
- Elektr o'lchov asboblarini o'qituvchining ruxsatisiz tok manbaiga ulash mumkin emas.
- Laboratoriya ishining elektr sxemasini yig'ishda xatolikka yo'l qo'yib bo'lmaydi, aks holda, asbob ishdan chiqishi va o'quvchining hayotiga xavf tug'dirishi mumkin.
- Asbob va jihozlarni stolga uning yo'riqnomasida ko'rsatilgandek holatda o'rnatish lozim (yotqizilgan, tik, burchak ostida va h.).
- Har bir laboratoriya ishini yig'ib bo'lgandan so'ng, uni albatta o'qituvchi ko'rib chiqishi va uning ruxsati bilan tok manbaiga ulanishi shart.
- Laboratoriya ishini bajarib bo'lgach, elektr o'lchov asboblarini tok manbaidan uzishni esdan chiqarmaslik zarur.
- Idishlarda suyuqliklarni qizdirish uchun ularning 1/3 qismigacha suyuqlik quyish maqsadga muvofiq.
- Moddalar shisha idishlarda qizdirilganda ularni quruq yonilg'i alangasiga tekkizmaslik kerak (chunki idishga darz ketib sinishi mumkin).
- Quruq yoqilg'ini ishlatib bo'lgach, uni maxsus qopqoq bilan berkitib o'chirish lozim.

Man etiladi:

- Asbob va jihozlarni ularning yo'riqnomasi bilan tanishmasdan ishlatishga urinish.
- Asbob va jihozlarni o'qituvchi yoki laborantning ruxsatisiz olib ishlatish.
- Elektr o'lchov asboblariga suv va boshqa suyuqliklar sepish, o'qituvchining ruxsatisiz ularni tok manbaiga ulash va ularning qisqichlarini qo'l bilan ushlash qat'iyan man qilinadi.
- Tajriba jarayonida asbob va jihozlar joylashgan taglikka o'tirish, har xil buyumlar qo'yish va unga kuch bilan zarba berish.
- Asbob va jihozlarni begonalarning foydalanishi uchun berish.
 - Asbob va jihozlarni yoki ortiqcha buyumlarni olib ketish.

Laboratoriya xatoliklarini aniqlash

Fizikadan laboratoriya mashg'ulotlari vaqtida turli xil fizik kattaliklarni o'lchash zarur bo'ladi.

O'lchash deb, o'lchanayotgan kattalikni birligi qilib qabul qilingan qiymati bilan solishtirish jarayoniga aytiladi.

M: laboratoriya xonasining uzunligi 10 m deyilsa, uning uzunligi 1 m dan 10 m gacha kattaligi tushuniladi.

Talaba fizikadan laboratoriya mashg'ulotlarida bevosita va bilvosita o'lchashlarni bajaradi.

Bevosita o'lchashlarga – o'lchamlarni jihozlar yordamida aniqlash tushuniladi.

M: uzunlik - chizig'ichda, og'irlik – tarozida, tok kuchi - ampermetrda, va hokazo.....

Bilvosita o'lchash – bevosita o'lchashdan olingan natijalarni biror kerakli formulaga qo'yib hisoblash tushuniladi.

Istalgan kattalikning haqiqiy qiymati va o'lchashdan olingan taqribiy qiymati orasidagi farq (ayirma) o'lchash xatoligi deb yuritiladi.

O'lchashda yo'l qo'yiladigan xatoliklar quyidagi turlarga bo'linadi.

1. Qo'pol xatoliklar yoki yanglishishlar – tajriba olib boruvchining e'tiborsiz ishlashi tufayli (qurilmaning ko'rsatishini noto'g'ri ko'rish) yuzaga keladigan xatolar.

2. Sistematik xatoliklar – biror sabab ta'sirida yuzaga keladigan takrorlanuvchi (tarozni ko'rsatkichining nol nuqtada turmasligi) xatolar.

3. Tasodifiy xatoliklar – kutilmagan sabablarga ko'ra (bino ichida haroratning ko'tarilib yoki pasayib ketishi) yuzaga keladigan har qaysi o'lchashda turlicha sabablarga ko'ra, yo'l qo'yiladigan xatolar.

Bevosita o'lchashlarning tasodifiy xatoliklarini aniqlash

Ma'lumki, biror kattalikning o'lchangan qiymati uning haqiqiy qiymatidan farq qiladi. Biror kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqinlashish uchun ayrim o'lchashlarda topilgan natijalarning o'rta arifmetik qiymati hisoblanadi

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

Har qaysi o'lchash natijasi kattalikning o'rtacha arifmetik qiymatidan farq qiladi. Birorta o'lchash natijasining o'rtacha arifmetik qiymatidan ayirmasi (farqi) shu o'lchashning absolyut xatoligi deyiladi.

$$\Delta x_1 = |x_1 - x_{0,r}|$$

$$\Delta x_2 = |x_2 - x_{0,r}|$$

• • • • • • • • • • • • • • •

$$\Delta x_n = |x_n - x_{0,r}|$$

$$\Delta x_{o'r} = (|\Delta x_1| + |\Delta x_2| + \dots + |\Delta x_n|) / n \quad (2)$$

O'lchash xatoligini to'laroq xarakterlash maqsadida nisbiy xatolik tushunchasi kiritiladi. Ayrim o'lchashning nisbiy xatoligi deb, shu o'lchash absolyut xatoligi Δx ning , kattalikni o'lchashda topilgan qiymati x ga nisbatiga aytiladi va ε_x bilan belgilanadi.

$$\mathcal{E}_x = \frac{\Delta x_{o'r}}{x_{o'r}} \quad (3)$$

(3) formuladan ko‘rinadiki, o‘lchashning nisbiy xatoligi o‘lchamsiz sonidir. O‘lchashlarning nisbiy xatoligi odatda % larda ifodalanadi.

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta x_{o'r}}{x_{o'r}} \bullet 100\% \quad (4)$$

Odatda o'lchashlarning o'rtacha nisbiy xatoligi hisoblanadi. O'rtacha absolyut xatolik $\Delta x_{o'r}$ ning o'lchanayotgan kattalikning o'rtacha arifmetik qiymati $x_{o'r}$ ga nisbatini *o'rtacha nisbiy xatolik* deb ataladi.

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

1-LABORATORIYA ISHI

ERKIN TUSHISH TEZLANISHINI ANIQLASH

ISHNING MAQSADI: Ma'lum balandlikdan tashlangan jismning tushish vaqtini bilgan holda erkin tushish tezlanishini aniqlash.

KERAKLI ASBOBLAR: Erkin tushishni o‘rganuvchi qurilma, ”ishchi jism“ - po‘lat sharchalar, elektrosekundomer, kalit, masshtabli chizg‘ich.

NAZARIY QISM

Havoning qarshilik kuchi bo'lmaganda barcha jismlar tortishish kuchi ta'sirida Yer sirtiga bir xil tezlanish bilan tushadilar.

Bu tezlanishga erkin tushish tezlanishi yoki tortishish kuchi tezlanishi deyiladi va g harfi bilan belgilanadi. Yer bilan bog'langan sanoq sistemasida m massali har qanday jismga og'irlik kuchi deb ataluvchi $P=mg$ kuch ta'sir qiladi. Undan erkin tushishi tezlanishini topamiz:

$$g=P/m \quad (1.1)$$

Butun olam tortishish qonuniga asosan Yer sirti yaqinidagi Yerga tortishish kuchi F_o quyidagiga teng bo'ladi:

$$F_o=\gamma Mm/R^2 \quad (1.2)$$

bunda R – Yerning radiusi; M – Yerning massasi; m – jismning massasi.

Agar jism Yer sirtidan h balandlikda bo'lsa, (1.2) quyidagi ko'rinishga keladi

$$F_h=\gamma Mm/(R+h)^2 \quad (1.3)$$

Agar $h \ll R$ bo'lsa, (1.3) ni taxminan quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$F_h=\gamma Mm/R^2 \quad (1.3a)$$

Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki 3 km balandlikda jismning Yerga tortishish kuchi Yerning sirtidagi tortishish kuchidan 0,1% ga kichik ekan. Shuning uchun Yer sirti yaqinidagi tortishish kuchining maydonini bir jinsli deb hisoblasa bo'ladi. U holda uning kuchlanganligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$g_o=F_o/m=\gamma M/R^2 \quad (1.4)$$

Yer sirtidan h balandlikda esa quyidagicha bo'ladi

$$g_h=\gamma Mm/(R+h)^2 \quad (1.4a)$$

Gravitatsion maydon kuchlanganligi g_o miqdor jihatdan erkin tushish tezlanishi g ga taxminan tengdir. Nyutonnning 2-qonuniga kiruvchi

massa (inersion massa) va butun olam tortishish qonuniga kiruvchi massa (gravitatsion massa) bitta fizik kattalikning turli ko‘rinishi bo‘lganligi uchun, jismning yerga tortishish kuchi og‘irlik kuchi deyiladi.

Jismning osma yoki tayanchga ko‘rsatadigan ta‘siri *jismning og‘irligi* deyiladi. Jism bilan tayanch (yoki osma) Yerga nisbatan qo‘zg‘almas bo‘lgandagina jismning og‘irligi og‘irlik kuchiga teng bo‘ladi. Yer o‘z o‘qi atrofida aylanganligi hisobiga, Yer bilan bog‘langan sanoq sistemasi noinersial bo‘lganligi sababli jismning og‘irligi og‘irlik kuchidan biroz farq qiladi.

Jismlarning Yerga nisbatan harakatini tekshirayotganda, markazdan qochma inersiya kuchining ifodasini nazarga olish kerak:

$$F_{m.q} = m\omega^2 r \quad m \quad (1.5)$$

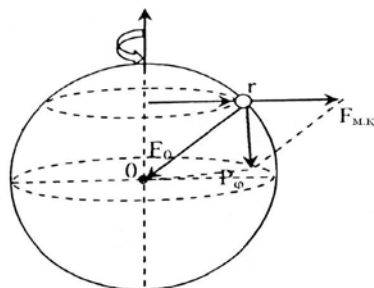
u yerda m – jismning massasi, r – Yer o‘qidan jismning massalar markazigacha bo‘lgan masofa (1.1-rasm). Jismlarning Yer sirtidan

balandligi h katta bo‘lmagan hollar bilan chegaralanamiz. $r = R \cos \varphi$ bo‘lganligi uchun (R – Yerning radiusi, φ – joyning geografik kengligi) markazdan qochma inersiya kuchining ifodasi quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$F_{m.q} = m\omega^2 R \cos \varphi \quad (1.6)$$

Jismlarning Yerga nisbatan kuzatiladigan erkin tushish tezlanishi, ikki kuchning ta‘sirida yuzaga keladi: bulardan biri jismning Yerga tortishish kuchi F va ikkinchisi markazdan qochma inersiya kuchi $F_{m.q}$. Bu ikki kuchning teng ta‘sir etuvchisi son jihatdan shu φ geografik kenglikdagi jismning og‘irligi P_φ ga teng bo‘ladi (1.1-rasm), ya‘ni

$$P_\varphi = F - F_{m.q} \cos \varphi = \gamma M \cdot m / R^2 - m\omega^2 R \cos^2 \varphi \quad (1.7)$$



1.1 -rasm

(1.7) formuladan ko‘rinadiki, jismning og‘irligi Yerning geografik kengligiga bog‘liq ekan. Binobarin jismning og‘irligi qutb ($\varphi=90^\circ$) dan ekvator ($\varphi=0^\circ$) ga kamayib boradi.

(1.1) va (1.7) formulalarga asosan, Yerning φ geografik kengligida erkin tushish tezlanishi quyidagiga teng bo‘ladi:

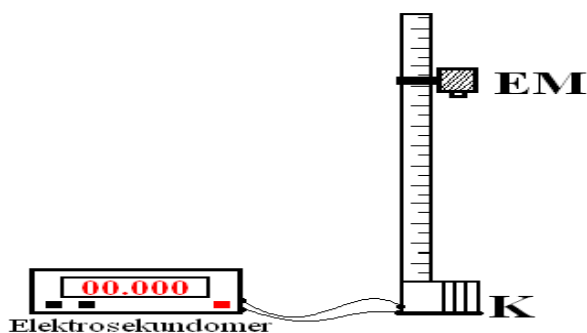
$$g_\varphi = \gamma M/R^2 - \omega^2 R \cos^2 \varphi$$

Demak, og‘irlik kuchining tezlanishi ham qutbdan ekvatorga qarab kamayib boradi. To‘g‘ri, bu kamayish shunchalik kichikki (0.5% dan oshmaydi), uni ko‘p amaliy hisoblarda nazarga olinmaydi.

QURILMA VA TAJRIBANING TAVSIFI

Bu tajribada po‘lat sharchaning erkin tushish tezlanishi uning tushish masofasi va shu masofani o‘tish uchun ketgan vaqtni o‘lchash orqali aniqlanadi. Jismlarning erkin tushishini o‘rganish qurilmasi, vertikal ustundan tashkil topgan. Ustunda u bo‘yicha erkin suriladigan ikki halqa bor. Yuqoridagi halqaga elektromagnit "M" mahkamlangan, pastgi halqaga esa tushgan sharchalarni tutib qoladigan moslama mahkamlangan. Bu moslama ustida K_2 plastinka o‘rnatilgan (1.2-rasm).

Elektromagnitdan o‘tayotgan tok K_1 kalit uzilgan paytda yo‘qolib, elektrosekundometr ishga tushadi va sharcha pastga tushadi. Tushayotgan sharcha K_2 plastinkaga urilganda, u elektr zanjirni uzadi va elektrosekundomerni to‘xtatadi.



1.2-rasm

Real holda sharcha havodan iborat muhitda harakatlanganligi uchun, Stoks kuchi va Arximed kuchi ta'sirida tekis o'zgaruvchan harakatda bo'la olmaydi. Bu kuchlarning sharcha harakatiga ta'siri juda kichik bo'lgani uchun ularni hisobga olmasa ham bo'ladi. Shuning uchun sharchaning kichik masofalardagi harakati deyarli tekis tezlanuvchan harakat bo'lib, uning tezlanishini aniqlashda tekis tezlanuvchan harakat qonunlaridan foydalanish mumkin. Binobarin, sharchaning harakati boshlang'ich tezliksiz tekis tezlanuvchan harakatdir. Erkin tushish tezlanishi g quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$g=2h/t^2 \quad (1.8)$$

ISHNI BAJARISH TARTIBI

1. Halqani yuqoriga surib elektromagnitni K_2 plastinkadan $1,2 \div 2$ metr masofada o'rnatiladi.
2. Elektrosekundomerdagi tugmacha yordamida uning ko'rsatishi nol holatga keltiriladi.
3. Elektromagnit va elektrosekundomerlar tok manbaiga ulanadi. Po'lat sharcha elektromagnitga yaqin keltirilganda elektromagnit uni "ushlab" qoladi.
4. K_1 kalit yordamida elektromagnit tok manбайдan uziladi. Bu paytda elektrosekundomer ishga tushadi va erkin tushayotgan sharchaning vaqtini qayd qila boshlaydi. Sharcha K_2 plastinkaga kelib urilganda, u egilib elektr zanjirni uzadi va elektrosekundomer o'lchashdan to'xtaydi.
5. Tajribani $5 \div 10$ marta takrorlab, o'lchash natijalarini 1.1-jadvalga yoziladi

1.1-jadval

	h, m	t, s	t^2, s^2	$g, m/s^2$	$\langle g \rangle m/s^2$	Δg	$\langle \Delta g \rangle$	$\varepsilon, \%$
1								
2								
3								
...								

6. Tajribada o'lchangan masofa va vaqtning qiymatlari (1.8)

formulaga qo'yilib, erkin tushish tezlanishi aniqlanadi.

7. Tajribani bajarish paytida yo'l qo'yilgan absolyut va nisbiy xatoliklar topiladi.

8. Natija $g = (\langle g \rangle \pm \langle \Delta g \rangle)$ ko'rinishda yoziladi.

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Jismlarning erkin tushishi va erkin tushish tezlanishi deb nimaga aytiladi?

2. Butun olam tortishish qonunini ta'riflang.

3. Og'irlik kuchi va jismning og'irligini ta'riflang. Bu kuchlarning yo'nalishi, hamda qo'yilish nuqtasini ayting.

4. Vaznsizlik va yuklanish holatlarini tushuntirib bering.

5. Erkin tushish tezlanishi h balandlikka va geografik kenglikka qanday bog'langan?

2-LABORATORIYA ISHI

OBERBEK MAYATNIGI YORDAMIDA QATTIQ JISMLARNING INERSIYA MOMENTINI ANIQLASH

ISHNING MAQSADI: Oberbek mayatnigi yordamida qattiq jism aylanma harakat dinamikasining asosiy qonunini tajribada tekshirish.

KERAKLI ASBOBLAR: Oberbek mayatnigi, 100 va 200 gramm massali yuklar, shtangensirkul, Sekundomer, tarozi toshlari bilan.

NAZARIY QISM

Agar $I = \text{const}$ bo'lsa, jismga M_1 aylantiruvchi moment bilan ta'sir etib, uning β_1 burchakli tezlanish olishiga, M_2 moment bilan esa uning β_2 burchakli tezlanish olishiga erishish mumkin. U holda

$$I = \frac{M_1}{\beta_1} = \frac{M_2}{\beta_2} = \text{const} \quad \text{yoki} \quad \frac{M_1}{M_2} = \frac{\beta_1}{\beta_2} \quad (2.1)$$

tenglik o'rinli bo'ladi. Shuningdek, $M = \text{const}$ bo'lganda

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\beta_1}{\beta_2} \quad (2.2)$$

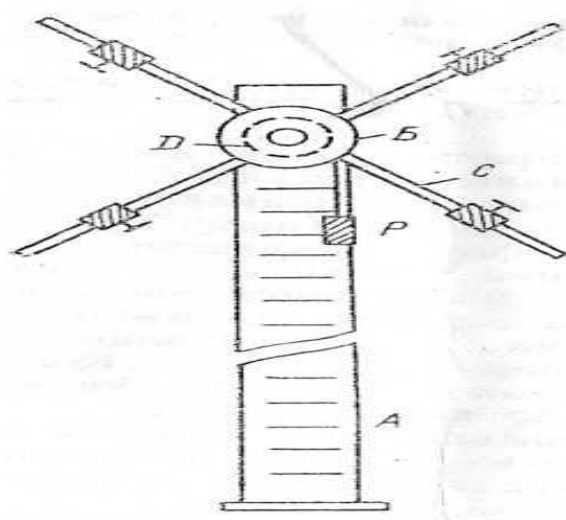
tenglik o'rinlidir.

(2.1) va (2.2) tengliklarning o'rinli ekanligini Oberbek mayatnigi yordamida miqdoriy tekshirib ko'rish mumkin.

Oberbek mayatnigi A ustunga o'rnatilgan B burchakka kirgizilgan va

gorizontal o'q
oladigan krest

sterjenlar—
iborat (2.1-



atrofida erkin aylana
shaklida
mahkamlangan. C
krestovinalardan
rasm).

2.1 - rasm

C sterjenlarga aylanish markazidan bir xil masofada m massali yuklarni o'rnatish mumkin. Yuklarni sterjenlar bo'yicha siljitish orqali mayatnikning inersiya momenti o'zgartiriladi. Krestovinaning aylanish o'qiga D chig'iriq o'rnatilgan bo'lib, chig'iriqqa o'ralgan ipning ikknchi uchiga P yukcha bog'langan. Yukning og'irligi ta'sirida yuzaga kelgan ipning taranglik kuchi, krestovinaga aylantiruvchi moment ta'sir qilib, uni tekis tezlanuvchan aylanma harakatga keltiradi.

P-yukning kattaligini har xil tanlab, mayatnikka ta'sir etuvchi kuch momentini o'zgartirish mumkin. Krestovina aylanma harakati burchakli tezlanishining kattaligini P yukning t tushish vaqtiga qarab baholash mumkin. Agar yukning A ustun bo'yicha tushish balandligi h va tushish vaqti t bo'lsa, yukning harakat tezlanishi quyidagicha topiladi:

$$a = \frac{2h}{t^2}$$

a tezlanishni bilgan holda krestovina o'qiga o'rnatilgan chig'iriqning r radiusini o'lchab, uning burchakli tezlanishini quyidagicha topish mumkin

$$\beta = \frac{a}{r} = \frac{2h}{rt^2} \quad (2.3)$$

Ipning taranglik kuchini F bilan belgilasak, u holda krestovinani aylantiruvchi kuch momenti quyidagicha aniqlanadi

$$M = Fr$$

Yuk a tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilayotgani uchun ipning taranglik kuchi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$F = m(g - a)$$

bunda m — yukning massasi.

Demak, yukning tushish vaqtidagi kuch momenti quyidagicha ifodalanadi:

$$M = m \left(g - \frac{2h}{t^2} \right) r \quad (2.4)$$

(2.1), (2.3) va (2.4) formula yordamida sistemaning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$I = mr^2 t^2 \frac{g - \frac{2h}{t^2}}{2h} \quad (2.5)$$

ISHNI BAJARISH TARTIBI

1. Texnik tarozi yordamida P yukning m massasi aniqlanadi.
2. Chig'iriqning diametrini shtangensirkul yordamida o'lchanadi va r radiusi topiladi.
3. Avvalo inersiya momentini o'zgartirmay, tajriba o'tkaziladi. Buning uchun krestovina sterjenlaridagi yuklarni aylanish o'qiga nisbatan bir xil uzoqlikka joylashtiriladi.
4. B vilkani shtepselga tiqib, EM elektromagnitni tajriba o'tkazishga tayyorlab qo'yiladi.
5. Harakatga keltiruvchi P yuk bog'langan ipni chig'iriqqa o'rab, yukni maksimal balandlikka ko'tariladi va K tumblarni ulab elektromagnitga «ushlatib» qo'yiladi. Ustundagi shkaladan h balandlik aniqlab olinadi.
6. K tumblarni uzib, P yukning harakatga kelib pastdagi platformaga tushib urilguncha ketgan t vaqt sekondomer yordamida 3—4 marta o'lchab olinadi va vaqtning o'rtacha qiymati topiladi (P yukning tebranmay tushishiga e'tibor bering).
7. (2.3) formulaga asosan β_2 , (2.4) formulaga asosan M_1 hisoblanadi.
8. P yukning ustiga qo'shimcha m_1 yukni qo'yib, 6- banddagi

topshiriq bajariladi va β_2 , M_2 kattaliklar hisoblanadi, bunda (2.4) formuladagi m o'rniga $m+m_2$ olinadi.

9. P yukning ustidan P_1 yukni olib, P_2 yuk qo'yiladi va tajriba 3—4 marta takrorlanadi. Bu holdagi burchakli tezlanish β_3 kuch momenti M_3 bilan belgilab olinadi. Hisoblashda m o'rnida $m + m_2$ olinadi.

10. (2.1) formulaga binoan $\frac{M_1}{M_2} = \frac{\beta_1}{\beta_2}$, $\frac{M_2}{M_3} = \frac{\beta_2}{\beta_3}$, $\frac{M_1}{M_3} = \frac{\beta_1}{\beta_3}$

nisbatlar tekshiriladi.

11. Endi kuch momentini o'zgartirmay saqlab (ip uchida faqat P yukni qoldirib), tajriba o'tkaziladi. Buning uchun krestovina sterjenlaridagi yuklarni eng chetki vaziyatga qo'yib, P yukning tushish vaqti o'lchanadi va (2.5) formuladan I_1 ni, (2.3) formuladan β_1 ni hisoblab topiladi.

12. Krestovina sterjenlaridagi yuklarni bir bo'limga aylanish o'qiga tomon siljitib, 11-bandda keltirilgan topshiriq bajariladi va β_2, I_2 kattaliklar hisoblanadi.

13. Yuklarning sterjen bo'yicha yana bir bo'limga siljitib, β_3, I_3 topiladi.

14. (2.2) formulaga binonan

15.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\beta_2}{\beta_1}, \quad \frac{I_2}{I_3} = \frac{\beta_3}{\beta_2}, \quad \frac{I_1}{I_3} = \frac{\beta_3}{\beta_1}$$

nisbatlar tekshiriladi.

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Jismning burchakli tezligi, burchakli tezlanishi, aylantiruvchi kuch momenti va inersiya momentlarini ta'riflang. Ular qanday birliklarda o'lchanadi?

2. Qattiq jismining aylanma harakati uchun dinamikaning asosiy qonunini yozib tushuntiring.

3. P yukning harakatini tekis tezlanuvchan harakat deyish mumkinmi?

4. Agar jismning simmetriya o'qiga nisbatan inersiya momenti ma'lum bo'lsa, ixtiyoriy o'qqa nisbatan inersiya momenti qanday aniqlanadi?

5. Pastga harakatlanayotgan yukning tebranishiga nima uchun yo'l qo'yib bo'lmaydi? Bu tebranish tajriba natijasiga qanday ta'sir

ko'rsatadi?

6. Ishni qanday bajarganingizni tushuntirib bering.

7. (2.1), (2.4) va (2.5) formulalarni keltirib chiqaring.

3-LABORATORIYA ISHI

EGILISH USULI ORQALI YUNG MODULINI ANIQLASH

ISHNING MAQSADI: Maxsus qurilma yordamida turli moddalardan yasalgan to'qri to'rtburchak kesimli sterjenlarning yuk ta'sirida egilishini o'lchab, egilish elastiklik modulini aniqlash

KERAKLI ASBOBLAR: Elastiklik modulini aniqlovchi sterjenlar, 40, 50 sm li yoqoch yoki po'lat chizqich, massalari 2 kg gacha bo'lgan xar xil massali jismlar, shtangentsirkul, 1 metr uzunlikdagi masshtabli chizq'ich

NAZARIY QISM

Tashqi kuchlar ta'sirida qattiq jism zarrachalarining nisbiy joylashuvidagi har qanday o'zgarish jismning chiziqli o'lchamlarini va shaklini o'zgartiradi, ya'ni jism deformatsiyalanadi. Tashqi kuchlar ta'siri to'xtagandan so'ng deformatsiyalangan qattiq jism o'zining avvalgi holatini tiklay olsa, bunday deformatsiya **elastik deformatsiya** va jism avvalgi holatini tiklay olmasa, bunday deformatsiya **plastik deformatsiya** deyiladi.

Qattiq jism deformatsiyasini cho'zilish yoki siqilish, egilish, buralish, siljish deformatsiyalariga ajratiladi. Barcha turdagi elastik deformatsiyalarda quyidagi qonunlar o'rinli bo'ladi:

1. Deformatsiya kattaligi tashqi kuchning kattaligiga to'qri proporsional bo'ladi.

2. Tashqi kuchning ishorasi o'zgarsa, deformatsiya kattaligining ishorasigina o'zgaradi, ammo absolyut qiymati o'zgarmaydi.

3. Bir qancha tashqi kuchlar ta'sir qilgandagi umumiy deformatsiya har bir kuchning ta'sirida vujudga keladigan deformatsiya yig'indisiga teng bo'ladi.

Kristall jismga bo'lgan har qanday tashqi ta'sir, masalan, mexanik ta'sir kristall panjarasining muvozanat holatini buzadi. Bu ta'sir kristall jism ichidagi zarralarning siljishiga sabab bo'ladi. Bu esa jismning shakli yoki hajmi o'zgarishiga olib keladi. Tajribalar deformatsiya

kattaligi jism o'lchamiga, kuch jismning qayerga ta'sir qilishiga, kuchning yo'nalishiga va jismning qanday materialdan tayyorlanishiga bog'liqligini ko'rsatadi.

Yupqa chizg'ichni o'rtasiga kuch ta'sir qilsa, chizg'ich egiladi. Bunday egilish natijasida chizg'ichning botiq tomoni qisqaradi, qavariq tomoni esa uzayadi. Chizg'ichning o'rtasiga qancha ko'p yuk qo'yilsa, chizg'ich shuncha ko'p egiladi.

Demak jismning deformatsiyasi qancha katta bo'lsa, elastiklik kuchi ham shuncha katta bo'ladi. Agar to'g'ri elastik sterjenning bir uchini qattiq devorga kirgizib qo'zg'almaydigan qilib mahkamlab, uning ikkinchi uchiga P yuk qo'yilsa, u holda sterjenning bu uchi pasayadi. ya'ni sterjen egiladi. Ravshanki, bu holda sterjenning ustki qatlami cho'ziladi. Ostki qatlamlari siqiladi, neytral qatlam deb ataluvchi o'rtadagi biror qatlamning uzunligi o'zgarmaydi, u faqat salgina egiladi.

Sterjen erkin uchining siljishi egilish strelkasi deyiladi. Yuk qanchalik katta bo'lsa, egilish strelkasi ham katta bo'ladi. Bundan tashqari, egilish strelkasi sterjenning shakli va o'lchamiga hamda uning elastiklik moduliga bog'liq bo'lishi kerak. Uzunligi L , eni a va qalinligi b bo'lgan sterjenning egilish strelkasi (masofasi)

$$\lambda = \frac{4PL^3}{Eab^3} \quad (3.1)$$

formula bilan ifodalanadi, bu yerda E – sterjen materialining Yung moduli, P - sterjenning uchiga qo'yilgan yuk og'irligi.

Chizg'ich – sterjenning ikkala uchi qattiq tayanchlar ustiga erkin qo'yilgan va P yuk sterjenning o'rtasiga qo'yilgan va egilishning bu holda tayanchlarning har biri sterjenga $P/2$ ga teng aks ta'sir qilsada, sterjenning o'rta qismi gorizontal vaziyatda qolaveradi. Demak ikkala uchi tayanch ustida yotgan sterjenning egilishi uning o'rtasida mahkamlangan. O'rtada $L/2$ masofada turuvchi har ikki uchiga esa yuqoriga yo'nalgan $P/2$ kuch ta'sir qilayotgan holdagidek bo'ladi. Binobarin, egilish strelkasi (1) formula bo'yicha hisoblanadi.

bu holda (1) formuladan

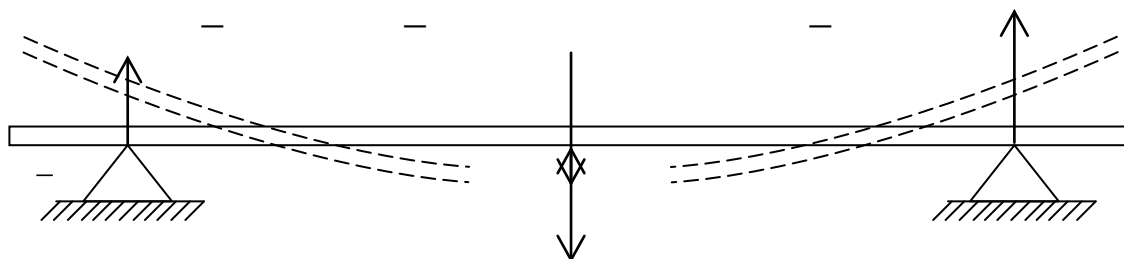
$$E = \frac{mgL^3}{4ab^3\lambda} \quad (3.2)$$

ekanligi kelib chiqadi.

ISHNI BAJARISH TARTIBI

1.Qurilmaga po'lat yoki yog'och chizg'ichni mahkamlang (3.1 - rasm).

2.Chizg'ichning qalinligi b , eni a , tayanchlar orasidagi masofa L ni o'lchang.



3.1-rasm

3.Mahkamlangan chizg'ichning o'rta qismiga m massali yuk qo'yib, egilish masofasi (strelkasi) λ ni mikrometrda o'lchang.

4.Yuklar sonini orttirib egilish masofalarini o'lchang.

5.O'lchash va (3.2) formula bo'yicha hisoblash natijalarini quyidagi 3.1-jadvalga yozing

3.1-jadval

Tajribalar	m	P	a	b	λ	L	E	$E_{o'rt}$	ΔE	$\Delta E_{o'rt}$	$\frac{\langle \Delta E \rangle}{\langle E \rangle} \cdot 100 \%$
1											
2											
3											

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Deformatsiya deb nimaga aytiladi? Uning turlarini ayting.
2. Elastiklik kuchi deb nimaga aytiladi? Cho'zilish deformatsiyasi uchun elastiklik kuchining formulasini yozing.
- 3.Elastiklik kuchining tabiati qanday?
- 4.Yung modulining ma'nosini tushuntirib bering.

4-LABORATORIYA ISHI

TEBRANMA HARAKAT QONUNLARINI O'RGANISH

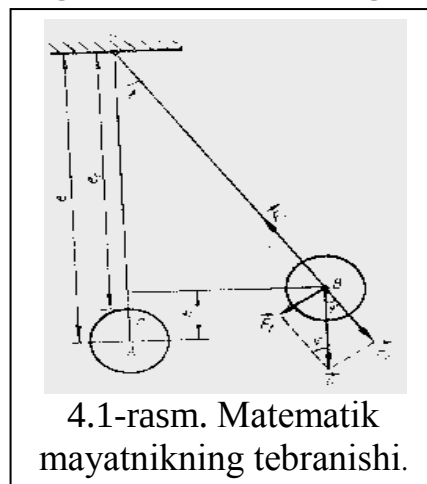
ISHNING MAQSADI: Tebranma harakat qonunlarini o'rganish;

KERAKLI ASBOBLAR: Unchalik katta bo'lmagan metall sharcha, uzunligi 2 m ga yaqin cho'zilmaydigan ip, chizg'ich, shtangentsirkul, sekundomer.

NAZARIY QISM

Kundalik hayotimizda yuqoridan pastga tikkasiga baravar tashlangan bir necha jismlarning har xil vaqtda tushishi hammamizga ayon. Bunga jismlarga Yerning tortish kuchidan tashqari havoning qarshilik kuchi ham ta'sir qilishi sabab bo'ladi.

Jismning faqat Yerning tortish kuchi sababli tushishini erkin tushish va shu jismning tezlanishi g ni erkin tushish *tezlanishi* deb yuritiladi. Yer sirtining istalgan nuqtasida barcha jismlarning erkin tushish tezlanishi bir xil bo'ladi. Agar jism yotiq tayanchda muvozanat holatda tursa, uning og'irligi o'z navbatida og'irlik kuchiga teng bo'ladi. Og'irlik kuchi jismning o'ziga, xuddi shu jismning og'irligi esa tayanchga ta'sir qiladi.



Yerning turli geografik kengliklardagi nuqtalarida erkin tushish tezlanishining qiymati har xil bo'ladi. Masalan, Yer qutbida uning qiymati 983 sm/s^2 , ekvatorida esa 978 sm/s^2 ga teng.

Og'irlik kuchining tezlanishini matematik mayatnik yordamida aniqlashni ko'rib chiqaylik.

Matematik mayatnik deb, vaznsiz, cho'zilmas ingichka ipga osilgan moddiy nuqtaga aytiladi. Amalda cho'zilmas (aniqrog'i juda ham kam cho'ziladigan) ingichka ipga osilgan kichkina metall sharchani *matematik mayatnik* deb qarash mumkin.

4.1-rasmdan quyidagini yozamiz:

$$\frac{F_1}{P} = \sin \varphi \text{ bundan } F_1 = P \cdot \sin \varphi$$

yoki $F_1 = mg \cdot \sin \varphi$ ni hosil qilamiz. Kuchning bu tashkil etuvchisi sharchani harakatga keltiradi. Agar F_1 kuchning yo'nalishi sharchaning tebranish yo'nalishiga teskariligini e'tiborga olsak, quyidagini yozish mumkin:

$$F_1 = -mg \cdot \sin \varphi \quad (4.1)$$

Muvozanat vaziyatdan og'ish burchagi kichik bo'lganda, $\sin \varphi$ ni φ bilan almashtirish, mayatnik harakatlanadigan yoyni esa to'g'ri chiziq kesmasi - siljish kattaligi x deb olish mumkin.

U vaqtda:

$$F_1 = -mg \cdot \sin \varphi = -mg \cdot \frac{x}{\ell} \quad (4.2)$$

Ma'lumki, F_1 ni qaytaruvchi kuch deb yuritiladi.

Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan sharchaga tezlanish berayotgan kuchning kattaligi quyidagiga teng:

$$F_1 = m \alpha = -m \omega^2 x \quad (4.3)$$

(4.2) va (4.3) lardan quyidagini yozamiz: $-mg \frac{x}{\ell} = -m \omega^2 x$ bundan $\omega^2 = \frac{g}{\ell}$ yoki $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ga tengligini eslasak, $\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{g}{\ell}$ bundan quyidagini hosil qilamiz:

$$g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2} \quad (4.4)$$

Bu yerda: ℓ - matematik mayatnik uzunligi, T - mayatnikning to'la tebranish davri.

Mayatnikning uzunligi ℓ , ipning uzunligi ℓ_0 bilan sharcha radiusi r ning yig'indisiga teng:

$$\ell = \ell_0 + r$$

Tajriba vaqtida mayatnikning biror vaqtda tebranishlari soni N dan foydalanib, tebranish davrini quyidagicha topamiz:

$$T = \frac{t}{N}$$

ISHNI BAJARISH TARTIBI:

1. Chizg'ich yordamida matematik mayatnik ipining tanlab olingan uzunligi ℓ_0 va shtangensirkul bilan sharcha diametri d lar 3 martadan o'lchanadi (bunday holda sharcha radiusi $r = \frac{d}{2}$ ga teng).

2. Har qaysi o'lchashdagi mayatnikning uzunligi $\ell = \ell_0 + r$ lar hisoblanadi.

3. Mayatnikning biror N marta tebranishi uchun ketgan vaqt ham 5 marta o'lchanadi. Aniqroq natijalarni olish uchun mayatnikni 60-100 marta tebrantirish kerak.

4. Olingan ma'lumotlar asosida ℓ , t , N , g , $g_{o'r}$, Δg , $\Delta g_{o'r}$, ε lar hisoblanadi. O'lchash va hisoblashlar natijalari 1-jadvalga yoziladi.

4.1-jadval. Erkin tushish tezlanishini matematik mayatnik yordamida aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari to'ldiriladi

4.1-jadval

Tajribalar	ℓ	t	N	T	g	$g_{o'r}$	Δg	$\Delta g_{o'r}$	ε
1									
2									
3									

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Jismlarning qanday harakati erkin tushish deb aytiladi?
2. Erkin tushish tezlanishi g ning qiymatlari geografik koordinatlarga bog'liqmi? Agar bog'liq bo'lsa sababi qanday?
3. Nima uchun mayatnikning tebranish davrini uning ko'p marta tebranishlari asosida topiladi?
4. Matematik mayatnik tebranish davri formulasi qanday chiqariladi?

5-LABORATORIYA ISHI

TOVUSHNING HAVODA TARQALISH TEZLIGINI ANIQLASH

ISHNING MAQSADI: Tovush to'lqinlarining elastik muhitda (havoda) tarqalish tezligini akustik rezonans yordamida aniqlashdan iborat.

KERAKLI ASBOBLAR: Tovush generatori (TG), mikrofon, havo-suyuqlik qatlamlarida to'lqinlarning akustik rezonansini vujudga keltiruvchi suyuqlik solingan silindrik shisha idish, chizg'ich.

NAZARIY QISM

To'lqin deganda tebranishlarning elastik muhitda tarqalish jarayonini tushunamiz. To'lqinning tarqalish yo'nalishi *nur* deb ataladi. Ixtiyoriy t vaqtda tebranishlar yetib kelgan muhit zarralarining geometrik o'rinlari

esa to'liqin fronti deyiladi. Binobarin, to'liqin frontini muhitning tebranayotgan zarralarini, tebranishini hali boshlamagan zarralaridan ajratib turuvchi chegaraviy sirt tarzida tasavvur qilish mumkin. To'liqin frontining shakli muhit xossalari, tebranish manbaining shakli va o'lchamlariga bog'liq.

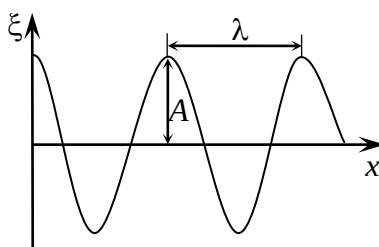
Bir jinsli va izotrop muhitda joylashgan nuqtaviy tebranish manbaidan tarqalayotgan to'liqlarning fronti sferik shaklda bo'ladi.

Binobarin mazkur to'liqlar *sferik to'liqlar* deyiladi. Agar tebranish manbai tekislik shakliga ega bo'lsa, manbaga yaqin sohalaridagi to'liqin fronti ham tekislikdan iborat bo'ladi. Shu sababli bu to'liqlar *yassi to'liqlar* deb ataladi.

Yassi to'liqin tenglamasini yozish uchun, cheksiz elastik muhitning biror 0 nuqtasida tebranuvchi sistema (manba) joylashgan bo'lsin deb faraz qilaylik. Tebranishlar manbai $t=0$ vaqtdan boshlab

$$\xi = A \cos \omega t \quad (5.1)$$

qonun bo'yicha garmonik tebranma harakat qilayotgan bo'lsin (5.1-rasm). Manbaining bunday tebranma harakati tufayli muhit zarralari ham A amplituda va ω chastota bilan tebranadi. Lekin



5.1 - rasm

muhit zarralari manbadan qanchalik uzoqroq joylashgan bo'lsa, ular shunchalik kichikroq tebranma harakatni boshlaydi. Masalan, manbadan x masofa uzoqlikda joylashgan zarra 0 manbaga bevosita qo'shni bo'lgan zarraga nisbatan

$$\tau = x/v \quad (5.2)$$

vaqt qadar kechroq tebrana boshlaydi. Bu yerda v to'liqinning muhitda tarqalish tezligi. Shu 0 nuqtadan x masofa uzoqlikdagi zarraning ixtiyoriy t vaqtdagi siljishi manbaga bevosita tegib turgan zarraning $(t-x/v)$ vaqtdagi siljishiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$\xi = A \cos \omega(t - x/v) \quad (5.3)$$

Bu ifoda *yuguruvchi yassi to‘lqin tenglamasi* deb ataladi. (5.3) tenglama to‘lqin tarqalayotgan elastik muhitning ixtiyoriy zarrasining muvozanat vaziyatidan siljishi ξ ni vaqt (t) va zarraning tebranish manbaidan uzoqligi (x) ning funksiyasi tarzida aniqlaydi.

(5.3) tenglamada: A – zarralar tebranishlari amplitudasi bo‘lib, eng katta siljish masofasi ($A = \xi_{max}$) ga teng bo‘ladi.

$\omega(t - x/v)$ – tebranishlar fazasi, ixtiyoriy vaqtdagi siljish masofasini bildiradi. Bir xil fazada tebranuvchi ikkita nuqtalar orasidagi eng qisqa masofa yoki bir marta to‘liq tebranish uchun ketgan vaqt (T davr) davomida v tezlik bilan tarqalayotgan to‘lqin bosib o‘tgan masofa *to‘lqin uzunligi* (λ) deb ataladi va quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\lambda = vT \quad (5.4)$$

v – to‘lqinning tarqalish tezligi yoki fazaviy tezligi deyiladi. U muhitning zichligiga va elastiklik xossalarga bog‘liq bo‘ladi. Bo‘ylama to‘lqinlar uchun:

$$v = \sqrt{E/\rho}.$$

Ko‘ndalang to‘lqinlar uchun:

$$v = \sqrt{G/\rho} \quad (5.5)$$

ifodadan aniqlanadi. Bu yerda E – elastiklik yoki Yung moduli G – siljish moduli, ρ – muhitning zichligi. Zarraning birlik vaqtdagi to‘la tebranishlar soniga – tebranishlar chastotasi (ν) deyiladi. U tebranishlar davri bilan $\nu = 1/T$ bog‘lanishda bo‘ladi. $\omega = 2\pi \nu$ sek davomidagi to‘la tebranishlar soni *siklik chastota* deyiladi.

$$\omega = 2\pi \nu = 2\pi/T \quad (5.6)$$

(5.4) va (5.6) ifodalar yordamida (5.3) tenglamani o‘zgartirib yozishimiz mumkin:

$$\xi = A \cos(\omega t - \omega \frac{x}{v}) = A \cos(\omega t - \frac{2\pi}{T} \frac{x}{\nu}) = A \cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x) \quad (5.7)$$

Bu tenglamadagi $k = 2\pi/\lambda$ kattalikni *to‘lqin soni* deyiladi. U 2π metr uzunlikdagi kesmada joylashadigan to‘lqin uzunliklari sonini ifodalaydi. 0 nuqtadan tarqaluvchi to‘lqin tenglamasi:

$$\xi_1 = A \cos(\omega t - kx) \text{ yoki } \xi_2 = A \cos(\omega t + kx) \quad (5.8)$$

ko‘rinishida bo‘ladi. Bunda 2-chi tenglama qarama-qarshi yo‘nalishda (x ning kamayish tomoniga qarab) tarqalayotgan to‘lqinga taaluqlidir.

To‘lqinning muhitda tarqalish jarayonida energiyaning tarqalishi ham sodir bo‘ladi. Buni quyidagicha tushuntirish mumkin. Tebranish manbaiga bevosita tegib turgan zarralar manba energiyasi hisobiga tebranadi. Bu zarralar esa o‘zidan keyingi zarralarga energiya uzatadi va hokazo. Shu tariqa to‘lqin energiya tashuvchi bo‘lib xizmat qiladi. Bu energiya zarralar tebranma harakatining kinetik energiyasi (W_k) va elastik deformatsiyalangan muhitning potensial energiyasi (W_n) dan iborat bo‘ladi. Muhitning ΔV hajmidagi zarralarning kinetik energiyasi

$$W_k = mv^2/2 = \frac{1}{2} \rho \Delta V \left(\frac{\partial \xi}{\partial t} \right)^2 = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t - kx) \Delta V \quad (5.9)$$

Deformatsiyalangan elastik muhit elementar hajmi (ΔV) ning potensial energiyasi:

$$W_p = \frac{1}{2} \rho v^2 \left(\frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^2 \Delta V = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t - kx) \Delta V \quad (5.10)$$

munosabat bilan aniqlanadi.

(5.9) va (5.10) ifodalarni taqqoslab, quyidagi xulosaga kelamiz: muhitning tekshirilayotgan hajmida kinetik va potensial energiyalar bir-biriga teng bo‘lib, ularning qiymatlari bir xil fazada o‘zgaradi. Bu xususiyati bilan to‘lqin harakat tebranma harakatdan farqlanadi (ma’lumki tebranma harakatda moddiy nuqtaning kinetik va potensial energiyalari qarama-qarshi fazada o‘zgaradi, ya’ni kinetik energiyasi maksimumga erishganda potensial energiyasi minimal bo‘lar edi va aksincha). Tekshirilayotgan hajmning to‘liq energiyasi:

$$W_T = W_k + W_n = \rho A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t - kx) \Delta V \quad (5.11)$$

ga teng bo‘ladi. Bu ifodaning ΔV hajmga nisbati – muhitning birlik hajmida mujassamlashgan energiyasini bildiradi. U *energiya zichligi* deb ataladi:

$$\omega_{\text{zich}} = W_T / \Delta V = \rho A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t - kx) \quad (5.12)$$

Sinus kvadratning oʻrtacha qiymati $1/2$ ga teng boʻlgani uchun:

$$\omega_{\text{zich(ortacha)}} = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2 \quad (5.13)$$

ifoda bilan aniqlanadi.

Shunday qilib toʻlqin tebranish manbaidan muhitning uzoqroqdagi sohalariga energiya “tashiydi”, koʻchiradi. Agar toʻlqin yoʻliga hayolan biror sirt joylashtirsak, bu sirt orqali toʻlqin bilan birgalikda energiya ham oʻtadi. Toʻlqinning tarqalish yoʻnalishiga perpendikulyar ravishda joylashtirilgan S – sirt orqali 1s davomida koʻchib oʻtadigan energiya miqdori bilan xarakterlanuvchi kattalik *energiya oqimi* deb ataladi. Toʻlqin tarqalishi yoʻnalishiga tik boʻlgan 1m^2 yuzadan 1s da koʻchib oʻtgan oʻrtacha energiya miqdori *toʻlqin intensivligi* deyiladi. U Wt/m^2 hisobida oʻlchanadi. (5.4) munosabatdan foydalanib, amalda tovush toʻlqinlarining muhitda tarqalish tezligi

$$v = \lambda / T = \lambda \nu \quad (5.14)$$

ni aniqlash mumkin. Bunda λ – toʻlqin uzunligini hisoblashda, turgʻun toʻlqinlar hosil qilishdan foydalaniladi.

Amplitudalari va chastotalari bir xil boʻlgan ikki yassi toʻlqin bir-biriga qarab harakatlenganda, ular oʻzaro qoʻshilib turgʻun toʻlqinni vujudga keltiradi. Turgʻun toʻlqin tenglamasi:

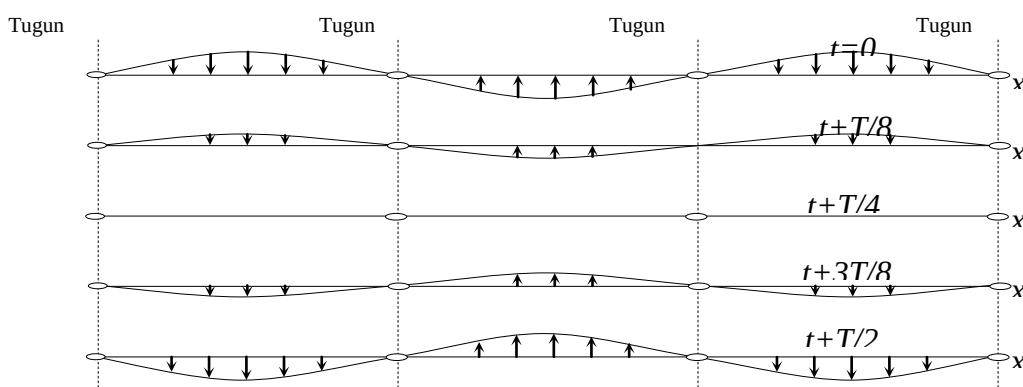
$$\xi = \xi_1 + \xi_2 \quad (5.15)$$

(5.7) ifodani hisobga olsak:

$$\xi = A[\cos(\omega t - kx) + \cos(\omega t + kx)] = A_{\text{tur}} \cdot \cos \omega t \quad (5.16)$$

boʻladi. Turgʻun toʻlqin tenglamasining grafigi 5.2-rasmda keltirilgan.

Demak, turgʻun toʻlqin chastotasi, uchrashuvchi toʻlqinlar chastotasiga teng. Amplitudasi esa,



$$A_{\text{tur}} = 2A \cdot |\cos kx|$$

vaq
tga

bog'liq emas, lekin muhit zarralarining vaziyatini ifodalovchi

5.2 - rasm

x koordinataga bog'liq bo'ladi.

a) $|\cos kx|=1$ bo'lgan nuqtalarda turg'un to'lqin amplitudasi maksimal qiymatga – $2A$ ga teng bo'ladi. Bu nuqtalar *do'ngliklar* deb ataladi. Do'ngliklar

$$2\pi \frac{x}{\lambda} = \pm n\pi \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

shart bajarilgan nuqtalarda hosil bo'ladi. Bundan do'ngliklarning koordinatalarini aniqlasak:

$$x_{\max} = \pm n \frac{\lambda}{2} \quad (n=0, 1, 2, \dots) \quad \text{bo'ladi.}$$

Ikki qo'shni do'nglik orasidagi masofa:

$$x_{n+1} - x_n = (n+1) \frac{\lambda}{2} - n \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{2} \quad \text{bo'ladi.}$$

b) $\cos kx=0$ bo'lgan nuqtalarda turg'un to'lqin amplitudasi ham nolga teng. Bunday nuqtalarni *tugunlar* deb ataladi. Demak, tugunlar

$$2\pi \frac{x}{\lambda} = \pm (2n+1) \frac{\pi}{2}; \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

shart bajarilgan nuqtalarda hosil bo'ladi. Bundan tugunlarning koordinatalarini aniqlasak:

$$x_{\min} = \pm (2n+1) \frac{\lambda}{4} \quad (n=0, 1, 2, \dots) \quad \text{bo'ladi.}$$

Ikki qo'shni tugun orasidagi masofa:

$$x_{n+1} - x_n = [2(n+1)+1] \frac{\lambda}{4} - (2n+1) \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2} \quad \text{ga teng.}$$

Ixtiyoriy tugundan eng yaqin do'nglikkacha bo'lgan masofani topaylik:

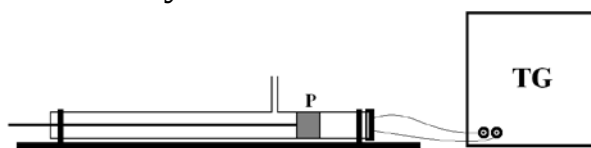
$$2(n+1) \frac{\lambda}{4} - n \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{4}$$

Do'ngliklar va tugunlar bir-biridan $\lambda/4$ qadar masofada joylashar ekan.

Yuguruvchi to‘lqindan farqli ravishda turg‘un to‘lqinning energiya oqimi nolga teng. Chunki to‘siqqa tushayotgan va undan qaytayotgan to‘lqinlar qarama-qarshi yo‘nalishlarda teng miqdordagi (5.9) va (5.10) energiyalarni ko‘chiradi. Binobarin, turg‘un to‘lqinning tugun nuqtalari oralig‘ida mujassamlashgan to‘liq energiyasi (5.11) o‘zgarmay saqlanadi. Faqat kinetik energiyaning potensial energiyaga va aksincha, potensial energiyaning kinetik energiyaga aylanishlari sodir bo‘ladi, ya’ni turg‘un nuqtalar orqali energiya ko‘chmaydi.

ASBOBNING TUZILISHI VA ISHLASH USULI

Tovushning havoda tarqalishi tezligini aniqlash uchun 5.3-rasmda keltirilgan qurilmadan foydalaniladi.



5.3-rasm

Silindr nayning ochiq uchiga membranasi ma’lum chastotada tebranadigan telefon mahkamlangan. Membrananing tebranishlar chastotasi tovush generatori (TG) yordamida boshqariladi. Tovush generatori $16 \div 20000$ Hz chastotali o‘zgaruvchan toklarni hosil qila oladi.

Silindr idishda telefon membranasi tarqatayotgan to‘lqin va porshen sirtidan qaytayotgan to‘lqinlar o‘zaro qo‘shilib, havoda interferensiyalanadi. Agar telefon membranasi va porshen oralig‘ida toq $\lambda/4$ uzunligiga farq qiluvchi do‘ngliklar joylashsa, silindrdagi havoda yuqori balandlikda tovush eshitiladi. Silindrdagi porshenning vaziyatini o‘zgartirish orqali tovushning balandligini o‘zgartirish mumkin bo‘ladi. Porshenning telefon membranasidan $\lambda/2$ masofaga siljishi tovushning yana takroriy kuchayishiga sababchi bo‘ladi. Membrana tarqatayotgan tebranishlarning chastotasini bilgan holda, tajribada, turg‘un to‘lqinlarning qo‘shni do‘ngliklari (yoki tugunlari) orasidagi masofani o‘lchab:

$$v = 2\Delta l / v = \lambda v \quad (5.17)$$

(Δl – turg‘un to‘lqin uzunligi), formuladan tovush tezligini aniqlash mumkin.

Membrana tebranishlari chastotasi havo ustuni tebranishlarining xususi chastotasiga mos kelganda *akustik rezonans* hodisasi kuzatiladi, ya'ni bunda silindr trubkasidagi havo ustuni tebranishlari amplitudasi eng katta qiymatga ega bo'ladi.

ISHNI BAJARISH TARTIBI:

1. Tovush generatori tarmoqqa ulanib, murvati o'zgartirilib kerakli chastotaga qo'yiladi (5.3-rasm).
2. Tovush yuqori intensivlikda eshitiladigan qilib olinadi.
3. Silindrdagi porshenni siljitish yordamida havoda tovushning kuchayish yoki susayish holatlari l_T chizg'ich yordamida o'lchab olinadi.
4. Bu masofalar tovushning ketma-ket kuchayishlari yoki susayishlar uchun bir necha holatlarda o'lchanadi.
5. Har bir $\nu=500, 1000, 1500, 2000$ Hz chastotalar uchun tovushning kuchayish yoki susayish holatlari kuzatilib, turg'un to'lqinlarning (do'ngliklari) orasidagi masofa aniqlanadi.
6. O'lchashlar natijalari 1-jadvalga yoziladi
7. (5.14) va (5.17) formulalardan, har bir chastota uchun, tovush tezligining qiymati hisoblanadi va uning o'rtacha qiymati aniqlanadi.
8. Natija $\nu = \langle \nu \rangle \pm \langle \Delta \nu \rangle$ ko'rinishda yoziladi

5.1-jadval

N_o	ν, Hz	l_T, m	$\Delta l_T, m$	$\lambda = 2\Delta l_T, m$	$\nu, m/s$	$\langle \nu \rangle$	$\Delta \nu$	$\langle \Delta \nu \rangle$	$\varepsilon, \%$

NAZORAT SAVOLLARI:

1. To'lqin nima? Ularning turlari. Tovush nima?
2. To'lqin sirti va to'lqin fronti nima?
3. Yassi to'lqin tenglamasini yozing va uni tushuntiring.
4. Turg'un to'lqin nima va u qanday hosil bo'ladi?
5. Turg'un to'lqindagi tugunlar va do'ngliklar nima va ular qanday hosil bo'ladi?
6. Turg'un to'lqinlar yuguruvchi to'lqinlardan qanday farqlanadi?
7. Tovush tezligi qanday aniqlanadi va u nimalarga bog'liq?

8. Tovushning intensivligi va balandligi qanday aniqlanadi?

6-LABORATORIYA ISHI

GAZLAR SOLISHTIRMA ISSIQLIK SIG'IMLARINING NISBATINI KLEMAN-DEZORM USULI BILAN ANIQLASH

ISHNING MAQSADI: Gaz issiqlik sig'irlarining nisbati, ya'ni bosim o'zgarmas bo'lgandagi issiqlik sig'imiga nisbatini Kleman-Dezorm asbobi yordamida aniqlash.

KERAKLI ASBOBLAR: Shisha ballon, nasos va manometr.

NAZARIY QISM

Biror modda birlik massasining haroratining 1°C oshirish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdoriga shu moddaning solishtirma issiqlik sig'imi deyiladi.

Bir mol moddaning haroratini 1°C ga oshirish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdoriga molyar issiqlik sig'imi deyiladi.

$$C = c\mu \quad (6.1)$$

C - molyar issiqlik sig'im

c - solishtirma issiqlik sig'im

μ - 1 mol gaz massasi

Gazlarda issiqlik sig'imini qiymati isitish vaqtida jarayonning qanday o'tishiga bog'liq bo'ladi.

I. O'zgaras hajmdagi issiqlik sig'imi C_v izoxorik jarayon:

Bu jarayon vaqtida gazga tashqaridan berilgan issiqlik energiyasi gazning ichki energiyasini oshirish uchun sarf bo'ladi. Shu sababli 1mol gazni bir gradus isitishdagi ichki energiyani o'zgarishi $\Delta u = C_v$ ga teng.

Ichki energiyani hisoblash formulasi $u = \frac{i}{2}RT$ ga asosan, harorat 1°K ko'tarilganda ichki energiyaning ortishi

$$\Delta u = u' - u = \frac{i}{2}R(T+1) - \frac{i}{2}RT = \frac{i}{2}R \quad (6.2)$$

Bu yerda i - molekullarning erkinlik darajasi

R - universal gaz doimiysi

Demak o'zgaras hajmidagi gazlarning molyar issiqlik sig'imi quyidagiga teng.

$$C_v = \frac{i}{2} R \quad (6.3)$$

O'zgarmas hajmdagi solishtirma issiqlik sig'imi esa (6.1) formulaga asosan tubandagiga tengdir.

$$C_v = \frac{C_v}{\mu} = \frac{i}{2\mu} R \quad (6.4)$$

2. O'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi C_r (izobarik jarayon, $P=\text{const}$)

Bu jarayonda tashqaridan berilgan energiyaning bir qismi ichki energiyasiga aylansa qolgan qismi esa hajm kengayishida bajarilgan ishga sarflanadi. Shu sababli

$$C_r = C_v + \Delta A \quad (6.5)$$

1 mol gazni 1° qizdirishda bajarilgan ish $\Delta A = R \Delta T$ teng. U holda

$$C_r = C_v + R \quad (6.6)$$

(3) ga asosan yoza olamiz

$$C_p = \frac{i}{2} R + R = \frac{i+2}{2} R \quad (6.7)$$

Bu tenglama o'zgarmas bosimdagi molyar issiqlik sig'imini ifodalaydi. O'zgarmas bosimdagi solishtirma issiqlik sig'imi esa quydagiga teng.

$$C_p = \frac{i+2}{2\mu} R \quad (6.8)$$

O'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imning o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imiga nisbatini berilgan gaz uchun o'zgarmas miqdoriga teng, ya'ni

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\frac{i+2}{2\mu} R}{\frac{i}{2\mu} R} = \frac{i+2}{i} \quad (6.9)$$

Bu nisbatni ifodalovchi kattalik γ ni Puasson koefitsiyenti deyiladi. Bundan ko'rinib turibdiki, γ qiymati molekula erkinlik darajasining soni bilan aniqlanar ekan. Laboratoriyada γ qiymatini balondagi havoni adiabatik kengaytirish usuli bilan aniqlanadi.

Tashqi muhit bilan issiqlik almashmasdan boradigan jarayonga adiabatik jarayon deyiladi. Termodinamikaning birinchi qonuniga asosan gazga berilgan issiqlik miqdori (ΔQ), uning ichki energiyasini

(ΔU) oshishiga va tashqi kuchni yengib ish (ΔA) bajarishga sarf bo'ladi, ya'ni

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A \quad (6.10)$$

Adiabatik jarayonda $\Delta Q = 0$ bo'lgani uchun termodinamikaning 1-qonuni quyidagicha yoziladi

$$\Delta U + \Delta A = 0 \quad \text{bunda} \quad \Delta A = -\Delta U$$

Agar gaz adiabatik kengaysa ($\Delta A > 0$) uning ichki energiyasi kamayadi ($\Delta U < 0$) va gaz harorati pasayadi ($\Delta T < 0$), gaz soviydi. Gaz adiabatik siqilsa, ($\Delta A < 0$) uning ichki energiyasi ortadi ($\Delta U > 0$) natijada gazning harorati ko'tariladi. ($\Delta T > 0$).

Juda qisqa vaqt davom etgan jarayonni adiabatik jarayon deb qarash mumkin, bunda gaz tashqi muhit bilan issiqlik almashtirishga ulgra olmaydi.

Adiabatik jarayonda bir vaqtning o'zida gazning barcha parametrlari (P, V, T) o'zgaradi. Adiabatik jarayonda P va V orasidagi bog'lanish quyidagi Puasson tenglamasi bilan ifodalanadi.

$$PV^\gamma = \text{const} \quad (6.11)$$

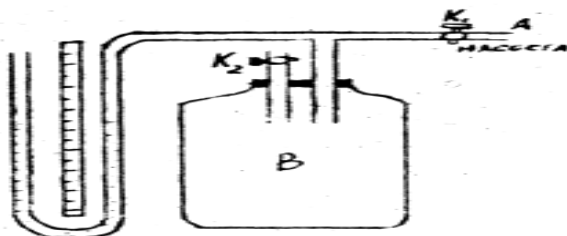
$$\text{yoki} \quad TV^{\gamma-1} = \text{Const} \quad (6.12)$$

$$\text{bunda} \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

ASBOBNING TUZILISHI VA ISHLASHI USULI

Gaz issiqlik sig'imlarining nisbati $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ ni Kleman-Dezorm asbobi yordamida aniqlanadi. Bu asbob ingichka bo'yinli V shisha ballon, havo haydagich A va manometr M dan iborat. Ballon V va manometr M rezina nay orqali havo haydagichga ulanadi. Bundan tashqari K_2 jo'mrak bilan berkitilgan tirqish orqali naychaga havo kiritish mumkin (28-rasm). Agar K_2 jo'mrak ochilsa ballondagi bosim atmosfera bosimiga teng bo'ladi va monometrning ikkala naychasidagi suv sathi baravarlashadi. Agarda K_2 jo'mrakni yopib va K_1 jo'mrakni ochib ballonga havo haydasak idish ichidagi havoni bosimi ortadi. Ballonga havo qisqa vaqt ichida kiritilgani uchun jarayoni deyarli adiabatik bo'lib ballon ichidagi havo qisman isiydi va uning harorati tashqi havo haroratidan

biroz yuqori ko'tariladi. Vaqt o'tishi bilan idish devorining issiqlik o'tkazuvchanligi tufayli ballon ichidagi havo harorati pasayib boradi, natijada manometrda suv sathlari farqi ham kichrayib boradi, ya'ni



6.1- rasm

suvning balandligi o'zgaradi. Ma'lum vaqtdan so'ng ballon ichidagi va tashqaridagi haroratlar tenglashadi. Bunday sharoitda manometrda suv ustuni o'zgarmay qoladi. Bunda manometrda suv sathlarining farqi h_1 bo'lsin.

Agarda jo'mrak K_2 ni ochsak adiabatik kengayish yuz berib, gaz soviydi, va ballondagi havo bosimi tashqi atmosfera bosimi bilan tenglashadi. Jo'mrak K_2 ni ochgan hamon qayta berkitsak 3-5 min. ichida issiqlik o'tkazuvchanlik tufayli ballondagi havoning harorati bilan tenglashadi. Bunda bosim R_2 gacha ko'tarilib, manometrda suv sathlari farqi h_2 bo'ladi. Hisoblashlarga ko'ra γ quyidagiga teng

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad (6.13)$$

ISHNI BAJARISH TARTIBI

1. Jo'mrak K_1 va K_2 larni ochib, manometrni ikkala naychasida suv sathlari bir hil holatga keltiriladi, so'ng jo'mraklar yopiladi.
2. Jo'mrak K_1 ochib, havo haydagich yordamida suv manometr naychalarida sathlar farqi 25-35 sm bo'lguncha ballonga havo kiritiladi.
3. Jo'mrak K_1 ni yopib, sath farqi h_1 aniqlanadi va jadvalga yoziladi.
4. Jo'mrak K_2 ni qisqa muddatda ochib yopiladi. Bunda manometrda sathlari tenglashadi.
5. Manometrda sath ayirmasi hosil bo'lishi kuzatiladi. Suyuqlik harakati tugagach h_2 aniqlanib, jadvalga yoziladi.

6. Tajriba eng kamida 5 marta takrorlanib, har bir hol uchun γ (6.13) formuladan hisoblanadi.

7. O'lchash va hisoblash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi:

6.1-jadval

N ^o	h_1	h_2	γ	$\gamma_{o'r}$	$\Delta\gamma$	$\Delta\gamma_{o'r}$	$\frac{\Delta\gamma_{o'r}}{\gamma_{o'r}} \cdot 100\%$
1							
2							
3							

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Ishning maqsadi nimadan iborat?
2. Solishtirma va molyar issiqlik sig'irlarining ta'rifini va nimalarga bog'liq bo'lishini ayting, formulasini va o'lchov birligini yozing.
3. Gazlar qattiq jism va suyuqliklarning issiqlik sig'imi nima bilan farq qiladi?
4. Termodinamikaning birinchi qonuni ta'riflab, formulasini yozing.
5. Ideal gazning ichki energiyasi nimalarga bog'liqligini tushuntirib, formulasini yozing.
6. Qanday jarayonlarga izoxorik va izobarik jarayonlar deyiladi? Bu jarayonlarga termodinamikaning birinchi qonunini qo'llang.
7. Izoxorik va izobarik jarayondagi solishtirma issiqlik sig'irlarini ta'riflab, formulalarini yozing.
8. Qanday jaryonga adiabatik jarayon deyiladi? Bu adiabatik jarayonning holat tenglamasini, ya'ni Pausson tenglamasini yozing. Termodinamikaning birinchi qonunini bu jarayonga qo'llang.
9. Mazkur ishda Pausson ko'effitsiyenti, ya'ni izobarik va izoxorik molyar issiqlik sig'irlarining nisbati qaysi formula bo'yicha aniqlanadi va bu nisbat nimalarga bog'liq?
10. Ishni bajarish tartibini gapirib bering.

7-LABORATORIYA ISHI

SUYUQLIKLARNING QOVUSHQOQLIK KOEFFIT – SIYENTINI STOKS USULI BILAN ANIQLASH

ISHNING MAQSADI: Stoks usulidan foydalanib tajriba yo'li bilan yopishqoq suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash.

KERAKLI ASBOBLAR: Uzunligi 100-150 sm bo'lgan silindrik shisha idish, tekshiriladigan suyuqlik, kichik metall sharchalar, sekundomer, lineyka, shtangensirkul

NAZARIY QISM

Suyuqliklarning ichki tuzilishi va ulardagi molekulyar harakatlarga bog'liq bo'lgan asosiy xossalardan biri-qovushqoqlik (yopishqoqlik yoki ichki ishqalanish)dir. Barcha real suyuqliklar ozmi-ko'pmi qovushqoqlikka egadir. Suyuqlikning biror qatlami uning sirtiga parallel bo'lgan yo'nalishda biror tezlik bilan harakatga keltirilgan bo'lsin. Bu holda harakatlanuvchi qatlama tegib turgan qatlam ham unga ergashib biror tezlik bilan siljiydi, ammo uning tezligi birinchi qatlamning tezligidan kichik bo'ladi. Bunga sabab ikkinchi qatlamning ko'chishiga unga yondashgan uchinchi qatlam to'sqinlik qiladi. Boshqacha aytganda, qatlamlar molekulalari orasida tutinish kuchlari bo'lgani uchun ular bir-birlari bilan o'zaro ta'sirlashadi, ya'ni yuqoridagi qatlamda joylashgan molekula quyi qatlamdagi molekulalarni o'ziga tortib ergashtirib ketsa, pastdagi qatlamda joylashgan molekula uning o'zi bilan qoldirishga harakat qiladi. Yuqoridagilardan harakatlanuvchi qatlamlar orasida harakatga qarshilik ko'rsatuvchi kuch hosil bo'ladi. Bu kuch ichki ishqalanish kuchi bo'ladi. Ichki ishqalanish kuchining kattaligi Nyuton tomonidan aniqlangan qonun bilan quyidagicha ifodalanadi:

$$F_i = -\eta \frac{dv}{dx} dS \quad (7.1)$$

$\frac{dv}{dx}$ -suyuqlik oqimining x o'qi bo'ylab qanchalik tez o'zgarganini ko'rsatadi va tezlik gradient deb ataladi, S- suyuqlik qatlamlarining bir-biriga tegish yuzi, η – suyuqlikning yopishqoqlik koeffitsenti bo'lib, u suyuqlikning tabiatiga va haroratiga bog'liq.

Shar shaklidagi qattiq jismlarning harakatiga qovushqoq suyuqlik tomonidan ta'sir qiladigan qarshilik kuchining kattaligi, Stoks qonuniga binoan quyidagicha ifodalanadi:

$$F = 6 \pi \nu r \eta \quad (7.2)$$

Bunda ν -sharchaning barqarorlashgan harakati tezligi,

η - muhitning qovushoqlik koeffitsiyenti r -sharcha radiusi. (7.2) ifodadagi kattaliklar tajribada yetarlicha aniq, o'lchanish mumkinligidan suyuqlikning qovushoqlik koeffitsienti η ni aniqlash imkoni kelib chiqadi.

Faraz qilaylik, muayyan r radiusli bir jinsli qattiq sharcha suyuqlik ichida tik tushayotgan bo'lsin. Bu sharchaga $p = pVg$ og'irlik kuchi, suyuqliklarning $F_A = \rho_c Vg$ ko'tarish kuchidan tashqari harakatga qarama-qarshi yo'nalgan $F = 6\pi v r \eta$ Stoks kuchi ham ta'sir qiladi, bunda ρ va ρ_c mos ravishda sharcha tezlanuvchan harakat qiladi, bu harakat davomida sharchaga ta'sir qiluvchi yig'indi kuch kamaya boradi va bir qiymatga erishganda yig'indi kuch nolga teng bo'lib qoladi.

Sharchaning birinchi bosqichidagi harakat tenglamasi, Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan, quyidagicha yoziladi.

$$\rho V \frac{dv}{dt} = \rho Vg - \rho_c Vg - 6\pi v r \eta \quad (7.3)$$

yoki

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\rho - \rho_c}{\rho} g - \frac{6\pi r \eta v}{\rho V} \quad (7.4)$$

Barqarorlashgan jarayon holida, ya'ni ikkinchi bosqichda $v = v_0 = \text{const}$ bo'ladi. $\frac{dv}{dt} = 0$ bo'lsa, bu hol uchun (7.4) tenglamani quyidagicha yozish mumkin.

$$\frac{\rho - \rho_c}{\rho} g - \frac{6\pi r \eta v}{\rho V} \text{d}an \eta = \frac{\rho - \rho_c}{6\pi v_0 r} g V \quad (7.5)$$

Bu ifodaga sharcha hajmining qiymati $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ ni qo'ysak, u holda suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsiyenti uchun quyidagiga ega bo'lamiz.

$$\eta = \frac{2(\rho - \rho_c)}{9v_0} gr^2 \quad (7.6)$$

Bu formuladagi ρ, ρ_c, v_0, r kattaliklarning qiymatini bilgan holda suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffitsiyentini hisoblab topish mumkin. Ichki ishqalanish koeffitsiyentini Stoks usulida aniqlashda ishlatiladigan qurilma diametri 4-5 sm, uzunligi 100 sm dan kam bo'lmagan silindrsimon shishadan iborat bo'lib, n va k belgilar qo'yilgan. Bu silindrsimon idish taglikka mahkamlanib, u taglik vintlari va shovun yordamida tik o'rnatilgan. Silindr ichiga sig'adigan uzun B ilgak ish bajarilayotganda idish ichiga tushirib qo'yiladi, u sharchalarni qaytarib olishga xizmat qiladi. Suyuqlikning sathi yuqoridagi n belgidan 5-8 sm balandroq bo'lishi kerak.

ISHNI BAJARISH TARTIBI:

1. Tajrib boshida tanlab olingan sharchalarning r radiuslarini hamda silindrsimon idishning ichki R radiuslarini shtangensirkul yordamida o'lchab olinadi.
2. Sharchalarni bitta-bittadan suyuqlikka tashlab, har bir sharchaning ikki (n va k) belgi orasidagi masofani bosib o'tish vaqti t sekundomer yordamida o'lchanadi.
3. Har bir sharcha uchun tajriba kamida 3-4 marta takrorlanib t ning o'rtacha qiymati topiladi.
4. Chizg'ich yordamida n va k belgilar orasidagi L masofa o'lchanadi, va $v_0 = \frac{L}{t}$ formuladan har bir sharchaning barqarorlashgan harakat tezligi hisoblab topiladi.
5. O'lchangan va jadvaldan olingan kattaliklardan foydalanib (7.6) formula yordamida suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsiyentining qiymatlari hisoblanadi va hisoblangan xatoliklar quyidagi 7.1-jadvalga yoziladi.

7.1-jadval

№	g	ρ	ρ_c	r	R	L	t	Δt	v_0	η	$\eta_{o'r}$	$\Delta\eta$	$\Delta\eta_{o'r}$	E

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Qovushoq muhitda harakatlanuvchi sharchaga qanday kuchlar ta'sir qiladi va bu kuchlar qanday yo'nalgan.
2. Stoks qonunini yozing va tushuntiring
3. (7.6) formulani keltirib chiqaring.
4. Qurilmaning tuzilishini va ishning bajarilishini tavsiflang.

8-LABORATORIYA ISHI

ELEKTROSTATIK MAYDONNI O'RGANISH

ISHNING MAQSADI: Turli shakldagi zaryadlangan elektrodlar hosil qilgan elektrostatik maydonning ekvipotensial sirtlarini aniqlashdan iborat.

KERAKLI ASBOBLAR: O'zgarmas tok manbai (4-12 volt), galvanometr, suv solinadigan elektrodli vanna, reostat, voltmeter, elektrodlar, o'tkazgich simlari.

NAZARIY QISM

Harakatsiz zaryadlangan zarra yoki zaryadlangan jism atrofida elektrostatik maydon deb ataluvchi maydon mavjud bo'lib, zarralar bir-birlari bilan shu maydon orqali ta'sirlashadi.

Elektrostatik maydoni mavjudligini uning shu maydonga kiritilgan zaryadga ta'siri orqali bilish mumkin. Maydonni o'rganish uchun kiritilgan bu zaryad "sinov zaryadi" deb ataladi.

Sinov zaryadiga maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuch - "sinov zaryadi" q_s - bilan maydonni hosil qiluvchi q - zaryadlari orasidagi Kulon kuchidir. Ya'ni

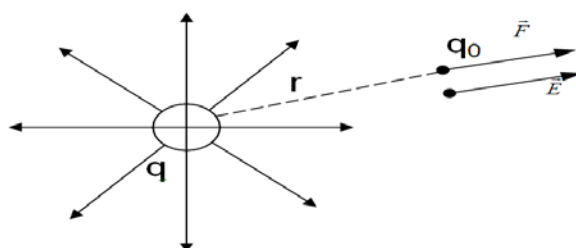
$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{qq_c}{r^2} \quad (8.1)$$

bu formulada q va q_s ta'sirlashayotgan zaryadlarning miqdorlari, r - zaryadlar orasidagi masofa.

1. Maydon kuchlanganligi shu maydonga kiritilgan zaryadga ta'sir etuvchi kuchni xarakterlovchi kattalikdir. Elektrostatik maydonning biror nuqtasining kuchlanganligi (E) deb, shu nuqtaga kiritilgan musbat birlik zaryadga ta'sir etuvchi kuchga son jihatdan teng bo'lgan vektor kattalikka aytiladi.

$$E = \frac{\vec{F}}{q_s} \quad (8.2)$$

bu yerda $\vec{F}$ maydonning berilgan nuqtasida q_s zaryadga ta'sir etuvchi kuch. Maydon kuchlanganligi vektorining yo'nalishi qilib, elektr maydonining musbat zaryadga ta'sir etuvchi kuchining yo'nalishi qabul qilingan (8.1-rasm).



8.1 - rasm

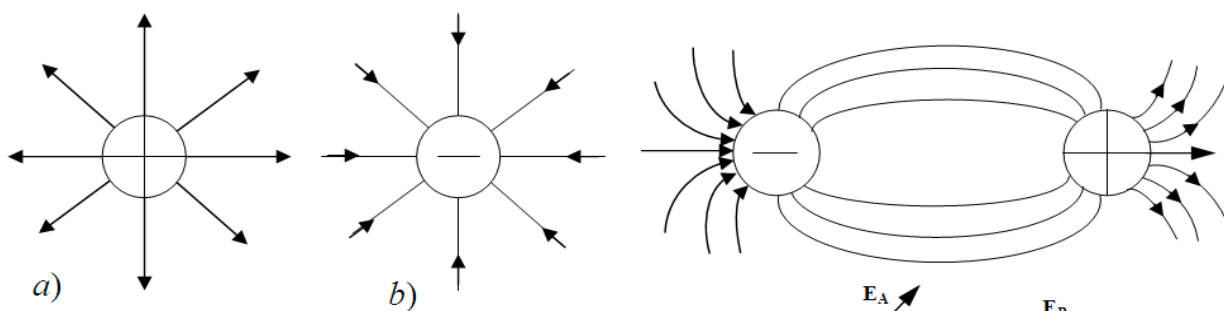
$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$ elektr doimiysi, ε - Muhitning dielektrik

kirituvchanligi.

Tenglama (8.1) ni (8.2) ga qo'yib nuqtaviy zaryad uchun elektrostatik maydon kuchlanganligining formulasini hosil qilamiz

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2} \quad (8.3)$$

Nuqtaviy musbat zaryad maydonining kuch chiziqlari shu zaryaddan chiqib, cheksizlikda tugovchi radial to'g'ri chiziqlardan iborat (8.2 - rasm).



8.2 - rasm

Elektrostatik maydon potensial maydon bo'lib, bu maydonga kiritilgan zaryad q potensial energiyaga ega bo'ladi.

$$W_p = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon} \frac{qq_c}{r} \quad (8.4)$$

$$\frac{W_p}{q_c} = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r} \text{ nisbat maydonining har bir nuqtasini xarakterlovchi}$$

kattalik bo'lib, maydonning berilgan nuqtadagi potentsiali (φ) deb ataladi.

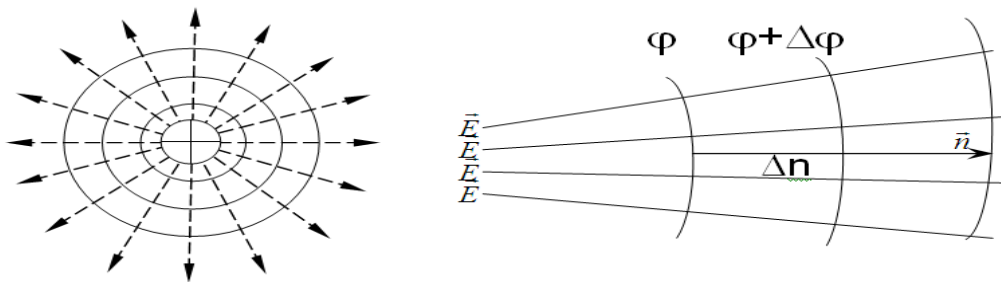
$$\varphi = \frac{W_p}{q_c} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r} \quad (8.5)$$

Biror bir nuqtadagi maydon potentsiali deb maydonning shu nuqtasiga kiritilgan birlik (+) zaryadning potensial energiyasiga son

jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi. Potensiallari teng bo'lgan nuqtalarning geometrik o'rniga ekvipotensial sirt deyiladi.

Masalan, tenglama (8.5) ga asosan, nuqtaviy zaryaddan bir xil uzoqlikda yotgan nuqtalarning potensiallari o'zaro teng.

Bunday nuqtalarning geometrik o'rnini sferik sirtni hosil qiladi. Demak, nuqtaviy zaryad maydonidagi ekvipotensial sirtlar konsentrik sferalardan iborat (8.3 – rasm). Kuch chiziqlari doimo ekvipotensial sirtga tik yo'nalgan bo'ladi.



8.3 - rasm

Elektrostatik maydon kuchlanganligi bilan potentsiali orasidagi bog'lanishni quyidagicha ifodalash mumkin.

$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta n} \quad (6)$$

Minus ishora $\vec{E}$ kuchlanganlik n normal yo'nalishiga qarama-qarshi tomonga yo'nalganligini ko'rsatadi (8.3 – rasm).

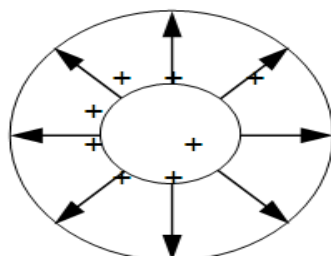
Tenglik (8.6) dagi $\frac{\Delta\varphi}{\Delta n}$ kattalik (potensialning birlik masofadagi o'zgarishi) potensial gradiyenti deyiladi. Shunday qilib, maydon kuchlanganligi teskari ishora bilan olingan potensial gradiyentiga teng ekan.

$$\vec{E} = -\text{grad}\vec{\varphi} \quad (8.7)$$

ASBOBNING TUZILISHI VA ISHLASH USULI

Tajribalarning ko'rsatishicha, ikki elektrot orasidagi elektrostatik maydon potensialining taqsimlanishi shu elektrodlar orasidagi muhit tok o'tkazishi (suv) yoki o'tkazmasligidan qat'iy nazar, bir xil bo'lar ekan.

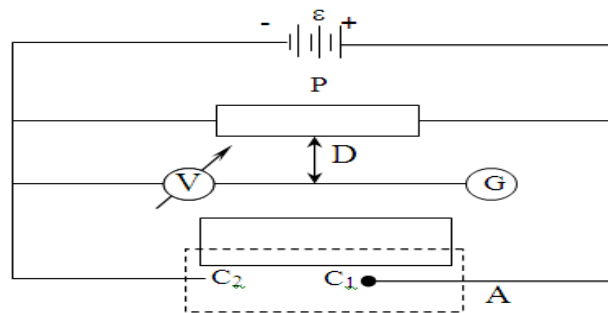
Misol uchun elektrodlar ikkita konsentrik 44 etal, sferadan iborat bo'lib, ular orasidagi shar-qatlami biror dielektrik bilan to'ldirilgan bo'lsin (8.5-rasm).



8.5-rasm

Agar sferalar zaryadlansa, ichki sfera ularning orasidagi muhitda elektrostatik maydonni hosil qiladi. Bunda sfera sirtlar ekvipotensial sirtidan iborat bo'lib, kuch chiziqlari esa bu sirtga maydonning kuchlanganligiga esa masofaning kvadratiga teskari proporsional ravishda kamayib sferalar orasidagi shar qatlamining bir jinsli (masalan suv) bilan to'ldirib, ularni tok manbaiga ulasak, sferalar orasidagi muhit orqali o'zgarmas tok o'ta boshlaydi. Bu holda sferalar orasida hosil bo'lgan elektr maydoni, ular zaryadlanganda hosil bo'ladigan elektr maydoni kabi bo'ladi.

Elektrostatik asboblarni 8.6-rasmda ish qurilmasining tuzilishi ko'rsatilgan.



8.6-rasm

Tok o'tkazmaydigan (masalan, organik shisha) materialdan yasalgan vanna (A) ga ikkita metall C_1 va C_2 elektrod joylashtiriladi. Bu elektrodlar orasidagi hosil bo'lgan elektrostatik maydonni o'rganish uchun vannaga metallga nisbatan kichikroq o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan elektrolit masalan suv quyiladi.

Suvni shunday quyish kerakki natijada elektrodlar suvning ustidan chiqib tursun. Elektrodlariga kuchlanish o'zgarmas tok manbai (ε) dan potensiometr (p) orqali beriladi. Sxemaning o'lchaydigan qismi galvanometr (G) orqali potensiometrda ulangan C zond dan va (V) voltmetr dan iborat. Potensiometr orqali zondning potensialini o'zgartirish mumkin. Agar elektrostatik maydonning zond kiritilgan nuqtasining potentsiali zondning potentsialiga teng bo'lsa,

galvanometrda tok o'tmaydi. Galvanometr nolni ko'rsatilgan nuqtalarning (ya'ni potentsiallari teng bo'lgan nuqtalarning) geometrik o'rni o'rganilayotgan elektrostatik maydonning ekvipotensial sirtidan iborat bo'ladi.

ISHNI BAJARISH TARTIBI

1. Elektrostatik vannaga 2-3 mm qalinlikda suv quyiladi.
2. 8.2-rasmda ko'rsatilganday qilib elektr sxema yig'iladi.
3. Potensiometrning D surilgichini surib elektrodlar orasidagi o'qituvchi tomonidan berilgan potentsiallar ayirmasi hosil qilinadi.
4. Zond C ni vanna ichida surib galvanometrda tok nolga teng bo'lgan nuqtalar topiladi va bu nuqtalarning X, Y o'qlariga nisbatan koordinatalari yozib olinadi. Har bir chorakda olingan nuqtalarning soni eng kamida 5-6 ta bo'lishi kerak.
5. Potensiometr surilgichini surib, boshqa bir kuchlanish (potentsiallar ayirmasi) olinadi va yuqoridagi tajriba takrorlanadi.
6. Tajribada olingan ma'lumotlar asosida, millimetrli qog'ozda har bir kuchlanish uchun alohida-alohida ekvipotensial sirtlar chiziladi.
7. Tajribani boshqa shakldagi elektrodlar bilan o'tkazish mumkin.
8. Tajribadan olingan ma'lumotlar quyidagi 8.1- jadvalga yoziladi.

8.1-jadval

№	1- elektrod				2- elektrod			
	φ_1		φ_2		φ_1		φ_2	
	x	y	x	y	x	y	x	y
1								
2								
3								

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Laboratoriya ishning maqsadi nimadan iborat.
2. Qanday maydonga elektrostatik maydon deyiladi? U qanday fizik kattaliklar bilan xarakterlanadi.
3. Elektrostatik maydonning kuchlanganligi va potentsialini ta'riflab formulalarini va o'lchov birligini yozing.
4. Kuchlanganlik bilan potentsial orasidagi bog'lanishni tushuntiring.

5. Elektrostatik maydonning kuch (kuchlanganlik) chiziqlari deb qanday chiziqlarga aytiladi. Har hil ishorali zaryadlar va zaryadlar tizimining kuchlanganlik chiziqlarini chizib ko'rsating.
6. Qanday sirtga ekvipotensial sirt deyiladi? Bu sirtning shakli nimalarga bog'liq?
7. Kuchlanganlik chiziqlari ekvipotensial sirtga qanday yo'nalgan va ekvipotensial sirt bo'ylab zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish nimaga teng?
8. Bu ishda ekvipotensial sirt qaysi uslub bo'yicha aniqlanadi? Bu uslubning mohiyatini tushuntiring.
9. Mazkur ishning elektr zanjirini (sxemasini) chizib ko'rsating.
10. Ishni bajarilish tartibini so'zlab bering.

9-LABORATORIYA ISHI

KONDENSATOR SIG'IMINI UITSTON KO'PRIGI YORDAMIDA ANIQLASH

ISHNING MAQSADI: bu ishda noma'lum kondensatorning elektr sig'imi Uitston ko'prigi yordamida aniqlanadi.

KERAKLI ASBOBLAR: Reoxord, o'zgaruvchan tok manbai, ossillograf, kondensatorlar.

NAZARIY QISM

Tajribalarning ko'rsatishicha, turli o'tkazgichlarga bir hil miqdorda zaryad berilsa ularning potentsiallari turlicha o'zgaradi..

Zaryad miqdori q bilan o'tkazgichning potentsiali φ va sig'imi C orasidagi bog'lanishni quyidagicha ifodalash mumkin.

$$q = C\varphi \quad (9.1)$$

Tajribalarning ko'rsatishicha, o'tkazgichlarning elektr sig'imi uning shakliga, geometrik o'lchamlariga, o'tkazgich joylashgan muhitning elektr xususiyatiga va uning boshqa o'tkazgichlarga nisbatan

joylashishiga bog'liq bo'lib, o'tkazgichning materialiga va agregat holatiga bog'liq emas.

O'tkazgichning sigvimi uning boshqa o'tkazgichlarga nisbatan joylashishiga bog'liq bo'lganligi uchun yuqoridagi mulohazalar yakkalangan o'tkazgichga tegishlidir. Jismlardan yetarlicha uzoqda joylashgan o'tkazgichni yakkalangan o'tkazgich deb ataymiz.

(9.1) formulaga asosan yakkalangan o'tkazgichning sig'imi

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad (9.2)$$

Tenglik (9.2) ga asosan yakkalangan o'tkazgichning elektr sig'imi uning potensialini bir birlikka oshirish uchun kerak bo'lgan zaryad miqdori bilan o'lchanadigan fizik kattalik ekan. SI tizimida sig'im birligi qilib, sig'imning birligi Farada deb ataladi.

$$\varphi = \frac{1 \text{ Kl}}{1 \text{ V}}$$

Kondensator zaryadlanganda uning qoplamalari orasida $U = \varphi_1 - \varphi_2$ potentsiallar ayirmasi hosil bo'lib, u qoplamaga berilgan zaryad miqdori bilan quyidagicha bog'langan.

$$q = CU = C(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (9.3)$$

bu yerda C – kondensatorning sig'imi bo'lib,

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} \quad (9.4)$$

Yassi kondensatorning sig'imi qoplamalarining S yuzasiga, qoplamalar orasidagi d masofaga va bu orqaliqni to'ldiruvchi muhitning dielektrik kirituvchanligi ϵ_0 ga quyidagicha bog'langandir.

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \quad (9.5)$$

bu yerda $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$ elektr doimiysi.

Kondensatorlarni ketma-ket yoki parallel ulab kerakli sig'imni hosil qilish mumkin.

Ketma-ket ulangan kondensatorlar batareyasining umumiy sig'imi quyidagi tenglikdan topiladi. (9.1-rasm)

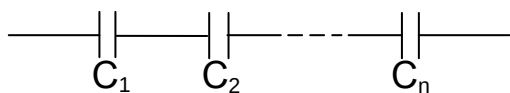
$$\frac{1}{C_{um}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (9.6)$$

Parallel ulangan kondensatorlar batareyasining umumiy sig'imi esa

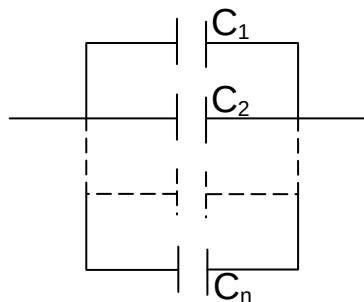
$$C_{um}=C_1+C_2+.....+C_n$$

(9.7)

ga teng. (9.3-rasm).



9.1- rasm

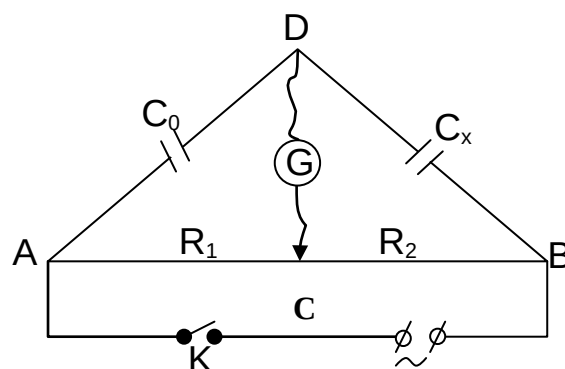


9.2-rasm

ASBOBNING TUZILISHI VA ISHLASH USULI

Noma'lum sig'imni o'lchash uchun ko'prik sxemasidan foydalaniladi. Bu sxemaning afzalligi sig'implarni bevosita o'lchash o'rniga, ularni solishtirishdan iborat. Ko'prik sxemaning yelkalaridan biriga sig'imi C_0 ma'lum bo'lgan kondensator ikkinchi yelkasiga esa noma'lum C_x sig'imli kondensator ulanadi. Ya'ni C_0 , C_x sig'imli kondensatorlar va R_1 , R_2 , qarshilikli o'tkazgichlar to'rtburchak shaklida ulanadi. To'rtburchakning AB diagonaliga o'zgaruvchan tok detektor (telefon yoki osillograf) ulanadi (9.4-rasm).

Ko'prikni muvozanatlashtirish uchun DC qismdan o'tuvchi tok nolga R_1 va R_2 tenglashtiriladi. Buning uchun R_{C0} , C_x , larni shunday tanlash kerakki, natijada DC qismdagi potensial tushish (UDC) nolga teng bo'lsin. Bu shart bajarilishi uchun



9.4-rasm

$$\frac{r_{cx}}{r_c} = \frac{R_2}{R_1} \quad (9.8)$$

bu yerda r_{cx}, r_{cx} lar kondensatorlarning o'zgaruvchan tokka nisbatan sig'im qarshiliklari bo'lib, ular o'zgaruvchan tokning aylanma chastotalari (ω) bilan quyidagicha bog'lanishdadir.

$$\begin{cases} r_{c0} = \frac{1}{wc_0} \\ r_{cx} = \frac{1}{wc_x} \end{cases} \quad (9.9)$$

Shuningdek $R = \rho \frac{l}{s}$ bo'lgani uchun

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{l_2}{l_1} \quad (9.10)$$

bo'ladi.

Tenglik (9.9) va (9.10) ni (9.8) ga qo'yib, noma'lum sig'imni hisoblash uchun quyidagi formulani hosil qilamiz.

$$C_x = C_0 \frac{l_1}{l_2} \quad (9.11)$$

$$C_x = C_0 \frac{l_1}{l_2}$$

Bu yerda l_1 va l_2 lar detektor orali o'tuvchi tok nolga teng bo'lgan holdagi reaxord yelkalarining uzunliklari.

ISHNI BAJARISH TARTIBI

1.9.4-rasmdagi sxema asosida zanjir tuziladi. Zanjirga sig'imi noma'lum bo'lgan C_x kondensator ulanadi.

2.Sxema o'qituvchi yoki laborant tomonidan tekshirilgach qo'zg'aluvchi kontakti reoxord bo'ylab surib, telefondagi tovush kuzatib boriladi. Telefonda tovush yo'qolishi bilan kontakti surish to'xtatiladi va shu nuqtaga nisbatan reoxordning yelkalari l_1 va l_2 yozib olinadi. Tajriba uch marta takrorlanadi.

3.Tajribada topilgan l_1 va l_2 larning qiymati (9.4) formulaga qo'yib noma'lum sig'im C_x hisoblanadi.

4.Kondensator C_{x1} o'rniga sig'imi C_{x2} noma'lum bo'lgan ikkinchi kondensator ulanadi va tajriba avvalgidek takrorlanadi.

5.Sig'implari noma'lum bo'lgan kondensatorlarni avval ketma-ket, so'ngra parallel ulab, tajriba takrorlanadi. Kondensatorlar batareyasining umumiy sig'implari hisoblanadi.

6.Kondensator sig'implari C_{x1} , C_{x2} larning qiymatini ketma-ket va parallel ulash formulalariga qo'yib, umumiy sig'im hisoblanadi. Hisoblash natijalari tajriba natijalari bilan taqqoslanadi.

7.Tajriba va hisoblashda topilgan natijalar quyidagi 9.1-jadvalga yoziladi.

9.1-jadval

	n	C_0	L_1	L_2	C_x	$C_{x_{o'r}}$	ΔC_x	$\Delta C_{x_{o'r}}$	$\frac{\Delta C_{o'r}}{C_{o'r}} \cdot 100\%$
C_{x1}	1								
	2								
	3								
C_{x2}	1								
	2								
	3								
Ketma-ket ulash	1								
	2								
	3								
Parallel ulash	1								
	2								
	3								

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Yakkalangan o'tkazgich deb qanday o'tkazgichga aytiladi?
2. Yakkalangan o'tkazgichning elektr sig'imi deb nimaga aytiladi?
3. Sig'im qanday birlikda o'lchanadi?
4. Kondensator nima?
5. Kondensatorlarning qanday turlarini bilasiz? Chizib ko'rsating.
6. Yassi kondensatorning sig'imi formulasini yozing.
7. Kondensatorlar ketma-ket va parallel ulanganda umumiy sig'imni formulalarini yozing.
8. Ishning sxemasini chizib, noma'lum sig'imni topish formulasini keltirib chiqaring.
9. Uitston ko'prigi zanjirini chizib, uni ishlash prinsipini tushuntiring.
10. Ishni bajarish tartibini gapirib bering.

10-LABORATORIYA ISHI

O'TKAZGICHNING QARSHILIGINI O'ZGARMAS TOK KO'PRIGI YORDAMIDA ANIQLASH

ISHNING MAQSADI: Bu ishda o'tkazgichning qarshiligi o'zgarmastok ko'prigi usuli bilan aniqlanadi.

KERAKLI ASBOBLAR: Reoxord, sim tortilgan masshtabli lineyka, galvanometr, qarshilik magazini

NAZARIY QISM

Elektr zaryadlarining tartibli harakati elektr toki deyiladi. Elektr toki tok kuchi deb ataluvchi skalyar kattalik bilan xarakterlanadi. O'tkazgichning ko'ndalang kesimdan vaqt birligi ichida o'tgan zaryad midoriga teng bo'lgan fizikaviy kattalik tokning kuchi (I) deyiladi. Agar o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan dt vaqt ichida dq zaryad miqdori o'tgan bo'lsa, ta'rifga ko'ra tokning kuchi quyidagiga teng bo'ladi:

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (10.1)$$

Yo'nalishi va kattaligi vaqt davomida o'zgarmaydigan tok o'zgarmas elektr toki deyiladi. Tok kuchining birligi qilib 1 Amper (A) qabul qilingan. Tenglik (10.1) ga asosan

$$1A = \frac{1Kl}{1s}$$

Nemis olimi G. Om (1787-1854) tajribada bir jinsli metal o'tkazgichdan o'tayotgan tokning kuchi doim uning uchlaridagi kuchlanishga to'g'ri proporsional bo'lishini aniqlangan, ya'ni:

$$I = GU \quad (10.2)$$

Bu yerda G o'tkazgichning turiga, geometrik o'lchamlariga va haroratiga bog'liq bo'lgan proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, o'tkazgichning o'tkazuvchanligi deyiladi. O'tkazuvchanlikka teskari bo'lgan

$$R = \frac{1}{G} \quad (10.3)$$

kattalik esa o'tkazgichning qarshiligi deyiladi. Tenglik (10.3) ni (10.2) ga qo'yib, zanjirning bir qismi uchun Om qonunini hosil qilamiz:

$$I = \frac{U}{R} \quad (10.4)$$

SI tizimida qarshilik Om da o'lchanadi. Bir amper tok o'tayotganda uchlarida bir volt kuchlanish hosil bo'luvchi o'tkazgichning qarshiligi 1 Om ga teng bo'ladi.

$$1Om = \frac{1B}{1A}$$

O'tkazgichlarning qarshiligi doim o'tkazgichning geometrik o'lcham-lariga, shakliga hamda materialiga bog'liq bo'ladi. Silindrik o'tkazgich-ning qarshiligi uzunligiga to'g'ri, ko'ndalang, kesim yuzasiga teskari proporsional.

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (10.5)$$

Bu yerda ρ o'tkazgichning materialini xarakterlovchi proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, solishtirma qarshilik deyiladi. Solishtirma qarshilik berilgan o'tkazgichdan yasalgan va tomonlari 1 birlikka (1 m ga) teng bo'lgan kub shaklidagi o'tkazgichning qarshiligiga teng bo'lib, Om.m da o'lchanadi.

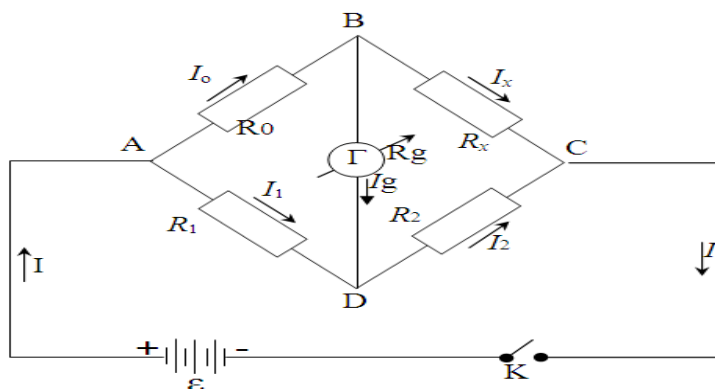
Metallarning qarshiligi haroratga (t) chiziqli bog'lanishda o'zgarishi tajribada aniqlangan.

$$R = R_0(1 + \alpha t) \quad (10.6)$$

Bu yerda R_0 - o'tkazgichning 0°C dagi, R esa $t^\circ\text{C}$ dagi qarshiligi bo'lib, $\alpha = \frac{1}{273}$ qarshilikning harorat koeffitsiyenti deyiladi. Yarim o'tkazgichlar qizdirilganda qarshiligi kamayadi.

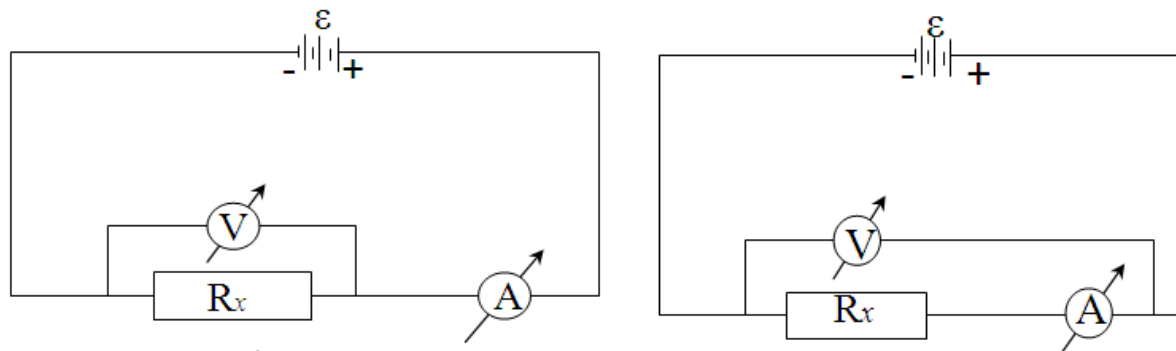
Elektr qarshilikni o'lchashning bir qancha metodlari mavjud bo'lib, ulardan biri qarshilikdan o'tuvchi tokni va uning uchlaridagi kuchlanishni bilgan holda Ohm qonuniga asosan qarshilikni hisoblashdan iborat, ya'ni

$$R_x = \frac{U}{I} \quad (10.7)$$



10.1 – rasm

Ammo bu metod sodda bo'lgani bilan qarshilik, voltmetr va ampermetrlarni o'zaro qanday ulamaylik (10.1- va 10.2 - rasm) R_x ni aniq o'lchashga imkon bermaydi. Chunki 10.1-rasmda ampermetr qarshilikdan hamda voltmetrdan o'tayotgan tokni o'lchasa, 10.2- rasmda esa voltmetr ampermetr va qarshilik uchlaridagi potensial tushishini o'lchaydi.



10.2 – rasm

Qarshiliklarni aniq o'lchash metodlaridan biri Uitstonning ko'prik sxemasidir. Bu metod qarshiliklarni solishtirishga asoslangan bo'lib, tok kuchi va kuchlanishlarni o'lchashga ehtiyoj tug'dirmaydi. Uitston ko'prigining prinsipial sxemasi 10.3 - rasmda ko'rsatilgan.

Uitston ko'prigi R_0 , R_1 , R_2 , R_x qarshiliklardan tuzilgan yopiq to'rtburchakli zanjirdan iborat bo'lib, uning diagonalalaridan biriga (AB) tok manbai ulangan. To'rtburchakning ikkinchi diagonaliga (BD) esa sezgir galvanometr ulangan bo'lib, sxemaning bu diagonalini ko'prik vazifasini bajaradi. Zanjirning R_0 , R_1 , R_2 , R_x qarshiliklar ulangan qismlari ko'prik yelkalari deb ataladi. Bu sxemaning ishlash prinsipi ko'prikdan o'tuvchi tokning (I_g) nolga teng bo'lish shartiga asoslangan. Ya'ni ishlash jarayonida R_1 va R_2 qarshiliklarni shunday tanlab olish kerakki, natijada ko'prikdan o'tuvchi tok nolga teng bo'lsin. Buning uchun zanjirning (BD) qismidagi potensial tushishi nolga teng, ya'ni B va D nuqtalarning potenciallari bir-biriga teng bo'lishi kerak. Ko'prik zanjirning bu holati muvozanat holat, bu holatdagi zanjir esa muvozanatlashtirilgan zanjir deyiladi. Muvozanat shartini Kirxgofning ikkinchi qoidasiga binoan zanjirning ABDA va BCDB konturlari uchun quyidagi tenglamalarni yozish mumkin.

$$\left. \begin{aligned} I_0 R_0 + I_g R_g - I_1 R_1 &= 0 \\ I_x R_x - I_2 R_2 - I_g R_g &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (10.9)$$

Zanjirning muvozanat holatida galvanometrdan o'tuvchi tok nolga tengligini e'tiborga olsak (8) va (9) tenglamalar tizimi quyidagi ko'rinishga keladi.

$$\left. \begin{aligned} I_0 &= I_1 \\ I_x &= I_2 \end{aligned} \right\} \quad (10.10)$$

$$I_0 R_0 = I_1 R_1 \quad (10.11)$$

$$I_x R_x = I_2 R_2 \quad (10.12)$$

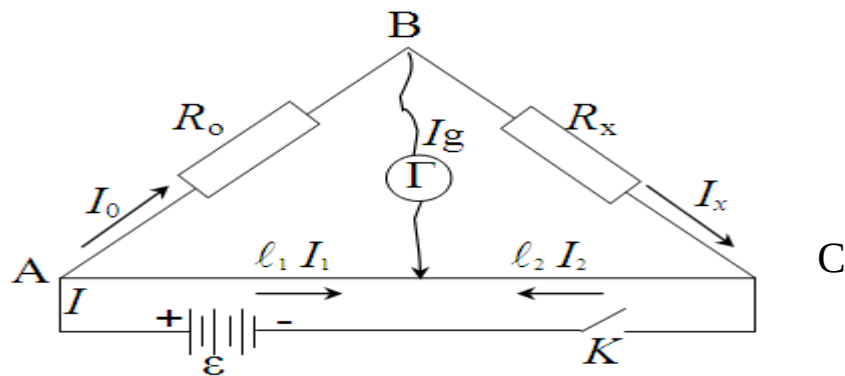
Tenglik (10.10) ni e'tiborga olib, (10.12) ni (10.11) ga hadma-had bo'lsak, quyidagi ifoda hosil bo'ladi.

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_2}{R_1} \quad (11.13)$$

Demak, R_0 , R_1 , R_2 , R_x qarshiliklar (11.13) tenglamani qanoatlantirsa, ko'priq muvozanat holatda bo'ladi. (11.13) tenglikdan foydalanib, noma'lum qarshilikning qiymatini topish mumkin.

ASBOBNING TUZILISHI VA ISHLASHI USULI

Noma'lum qarshilikni ko'priq usuli bilan aniqlash uchun 10.3-rasmdagi elektr zanjiri tuziladi. Bu ko'priq zanjirining yelkalaridan biriga noma'lum qarshilik (R_x^I) ikkinchi yelkasiga esa qarshiliklar magazini R_0 ulanadi. R_1 va R_2 qarshiliklar o'rniga esa, uzunligi bir jinsli o'tkazgichning (reoxordning) qo'zg'aluvchi kontakt D bilan bo'lingan qismlari AD, DC larning qarshiliklar olinadi. Qo'zg'aluvchi kontaktning ikkinchi uchi galvanometrغا ulanadi.



10.3 rasm.

Reoxordning qo'zg'aluvchi kontakt bilan ajratilgan I_1 va I_2 qismlarning qarshiliklari mos ravishda quyidagilarga teng.

$$R_1 = \rho \frac{l_1}{S} \quad (11.14)$$

$$R_2 = \rho \frac{l_2}{S} \quad (11.15)$$

bu yerda, ρ - reoxord materialining solishtirma qarshiligi, S - reoxord simining ko'ndalang kesim yuzi

Tenglik (11.15) ni (11.14) ga hadma-had bo'lib,

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{l_2}{l_1} \quad (11.16)$$

ifodani hosil qilamiz.

Ko'priq muvozanatlik sharti $\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_2}{R_1}$ va (11.16) ifodadan noma'lum qarshilikni aniqlash formulasini keltirib chiqaramiz:

$$R_x = R_0 \frac{l_2}{l_1} \quad (11.17)$$

ISHNI BAJARISH TARTIBI

1. Noma'lum qarshiliklardan birini (R_0) – sxemaga ulab, elektr zanjiri yig'iladi.
 2. Zanjir o'qituvchi yoki laborant tomonidan tekshirilgan, tok manbaiga ulanadi.
 3. Surgich D ni reoxord o'rtasiga qo'yib, qarshiliklar magazinidan shunday R_0 qarshilik tanlanadiki, natijada galvanometrning strelkasi nolga yaqinlashsin. Keyin surgich D ni surish bilan galvanometrning strelkasi nolga keltirib, reoxord yelkalarining 1_1 va 1_2 uzunliklari yozib olinadi.
 4. Qarshilik R_0 ni o'zgartirib (oshirib yoki kamaytirib) tajriba 3 marta takrorlanadi. Uchchala o'lchashlar asosida R_x ning o'rtacha qiymati va o'lchashdagi xatoliklar hisoblanadi.
 5. Ikkinchi noma'lum qarshilikni R_x zanjirga ulab, yuqoridagi usulda tajriba 3 marta qaytariladi.
 6. Qarshilik R_0 va R_x larni avval ketma-ket keyin parrallel ulab, yuqoridagi usul bilan har bir hol uchun umumiy qarshilik topiladi.
- Tajriba natijalari nazariy yo'l bilan hisoblangan

$$R_{kk} = R_0 + R_x \quad \text{va} \quad R_{par} = \frac{R_0 R_x}{R_0 + R_x}$$

qiymatlari bilan solishtiriladi.

7. O'lchash va hisoblash natijalari quyidagi 10.1-jadvalga yoziladi.

10.1-jadval

Noma'lum qarshilik	№	R_0	I_1	I_2	R_x	$R_{xo'r}$	ΔR_x	$\Delta R_{xo'r}$	$\frac{\Delta R_{xo'r}}{R_{xo'r}} \cdot 100\%$
1-qarshilik (R_0)	1								
	2								
	3								
2- qarshilik (R_x)	1								
	2								
	3								
Ketma-ket ulash	1								
	2								
	3								
Parallel ulash	1								
	2								
	3								

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Ishning maqsadi nimadan iborat.
2. O'tkazuvchanlikning elektron nazariyasi asosida elektr qarshilikning hosil bo'lish sabablarni tushuntiring.
3. O'tkazuvchanlikning elektron nazariyasiga asosan metallarning qarshiligi, nimalarga bog'liq.
4. Om qonunini yozing qarshilik qanday birlikda o'lchanadi?.
5. Uitstonning ko'prik sxemasini chizib, uning ishlash prinsipini tushuntiring.
6. Ko'prik sxemasi muvozanat holatda, bo'lishi uchun uning yelkalariga ulangan qarshiliklar orasida qanday bog'lanish bo'lishi kerak? Isbotlang.
7. Qarshiliklarni ketma-ket ulaganda umumiy qarshilik qanday topiladi?.
8. Nima uchun metallarning qarshiliklari Om qonunidan foydalanib aniqlanadi?.
9. Qarshilikni parallel ulaganda umumiy qarshilik qanday topiladi?.
10. Ishni bajarish tartibini gapirib bering.

11-LABORATORIYA ISHI

G'ALTAKNING INDUKTIVLIGI, KUCHLANISH VA TOK ORASIDAGI FAZA SILJISHINI, HAMDA MUHITNING MAGNIT SINGDIRUVCHANLIGINI ANIQLASH

ISHNING MAQSADI: bu ishda g'altakning induktivligi, kuchlanish va tok orasidagi faza siljishi aniqlanadi.

KERAKLI ASBOBLAR: induktiv g'altak, ampermetr, voltmetr o'zgaras va o'zgaruvchan tok manbalari, reostat, kalit

NAZARIY QISM

Berk konturni kesib o'tayotgan magnit oqimi har qanday yo'l bilan o'zgarganda konturda tok hosil bo'lish hodisasi elektromagnit induksiya hodisasi deyiladi. Bu hodisani birinchi marta buyuk ingliz olimi M. Faradey 1831-yili kashf etgan.

Elektromagnit induksiya hodisasida yuzaga kelgan tok induksion tok deyilib, uni yuzaga keltirgan elektr yurituvchi kuch esa induksiya elektr yurituvchi kuchi (ε_i) deb ataladi. Faradeyning tajribalariga asosan

induksiya e.yu.k. ning kattaligi konturni kesib o'tuvchi magnet oqimining o'zgarish tezligiga ($\frac{d\Phi}{dt}$) ga to'g'ri proporsionaldir.

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (11.1)$$

Formuladagi manfiy ishora induksion tokning yo'nalishi bilan bog'langandir. Induksion tokning yo'nalishi esa Lens qoidasiga asosan topiladi. Bu qoidaga ko'ra berk konturda hosil bo'lgan induksion tok shunday yo'nalishga egaki, uning magnet maydoni induksion tokni hosil qiluvchi magnet oqimining o'zgarishiga qarshilik ko'rsatadi. Tajribalarning ko'rsatishicha, istalgan konturdan elektr toki o'tayotganda uning atrofida magnet oqimini vujudga keltiradi. Bunda hosil bo'lgan to'liq magnet oqimi Φ konturdan o'tayotgan tokning kuchiga to'g'ri proporsionaldir, ya'ni

$$\Phi = LI \quad (11.2)$$

Bu yerda L - konturning shakliga, geometrik o'lchamlariga va o'tkazgichga joylashgan muhitning magnet xususiyatiga bog'liq bo'lgan proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, konturning induktivligi deyiladi.

Agar konturdan o'tayotgan I tok o'zgarsa, uning hosil qilayotgan magnet oqimi ham o'zgaradi. Konturdagi magnet oqimining o'zgarishi esa shu konturda induksion tokni hosil qiladi. Shuning uchun bu hodisa o'zinduksiya hodisasi deyiladi. O'zinduksiya hodisasi ham elektromagnet induksiyaning bir ko'rinishidir. Shuning uchun o'zinduksiya e.yu.k. ning kattaligi ($\varepsilon_{o'z}$) ham Faradey qonuni (11.1) ga asosan topiladi. Buning uchun (11.2) ni (11.1) ga qo'yamiz

$$\varepsilon_{o'z} = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{d(LI)}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$$

$$\varepsilon_{o'z} = -L \frac{dI}{dt} \quad (11.3)$$

Demak, o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchining kattaligi konturdan o'tayotgan tok kuchining o'zgarish tezligi $\frac{dI}{dt} = I$ ga teng bo'lsa, $\varepsilon_{o'z} = 1V$ ga teng bo'ladi. Bunga asosan induktivlikni quyidagicha ta'riflash mumkin. Induktivlik konturdagi tok kuchi bir sekundda bir birlikka o'zgarganda hosil bo'ladigan o'zinduksiya e.yu.k. ga son jihatidan teng bo'lgan fizik kattalik ekan. SI birliklari tizimida induktivlik birligi qilib Genri (qisqacha: Gn) olingan. Tenglik (11.3) ga asosan Genrini

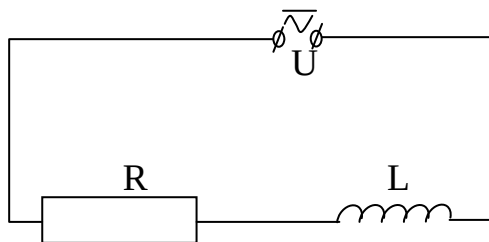
quyidagicha ta'riflash mumkin. Tok kuchi 1 sekundda 1 Amperga o'zgarganda 1 Volt o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchi hosil bo'ladigan konturning induktivligi L ga teng bo'ladi, ya'ni

$$L = 1 \frac{V \cdot s}{A} \quad (11.4)$$

Agar konturda o'zgaruvchan tok o'tayotgan bo'lsa, o'zinduksiya hodisasi sodir bo'ladi. Lens qoidasiga asosan induksion tok zanjirdagi asosiy tokning o'zgarishiga to'sqinlik qiladi. Bu esa zanjirga qo'shimcha qarshilik ulangani bilan barobardir. Yuzaga kelgan bu qo'shimcha qarshilik induktiv qarshilik (R_L) deyiladi.

ASBOBNING TUZILISHI VA ISHLASHI USULI

Aktiv qarshilik R bilan induktivligi L bo'lgan g'altak ketma-ket ulangan zanjir bilan tanishamiz (11.1 - rasm).



11.1-rasm

Zanjirdagi tok sinusoida qonuni asosida o'zgaruvchi bo'lsin, ya'ni

$$I = I_0 \sin \omega t \quad (11.5)$$

Bunda, I -tokning oniy I_0 esa amplituda qiymati bo'lib, ω -tokning aylanma chastotasidir. Bu tok g'altakda quyidagi o'zinduksiya E.Yu.K. hosil qiladi

$$\mathcal{E}_{o'z} = L \frac{dI}{dt} \quad (11.6)$$

O'zgaruvchan tokning oniy qiymati uchun Ohm onunini quyidagicha yozish mumkin:

$$I = \frac{U - L \frac{dI}{dt}}{R} \quad (11.7)$$

bunda, U -o'zgaruvchan tok manbaidagi kuchlanish bo'lib,

$$U = IR + L \frac{dI}{dt} \quad (11.8)$$

ga teng. Tenglama (11.8) ni (11.5) ga asosan quyidagicha yozish mumkin

$$U = I_0 R \sin \omega t + I_0 L \omega \cos \omega t \quad (11.9)$$

$$\cos \omega t = \sin \omega t + \frac{\pi}{2},$$

bo'lgani uchun

$$U = I_0 R \sin \omega t + I_0 L \sin \omega t + \frac{\pi}{2} \quad (11.10)$$

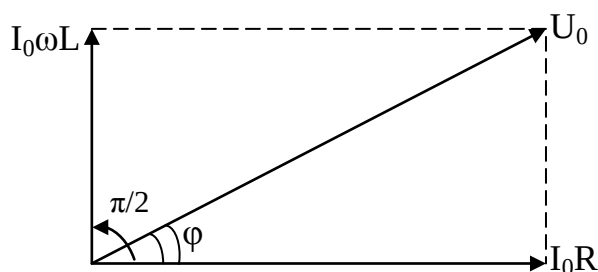
Bunda,

$I_0 R \sin \omega t = U_R$ – zanjirning aktiv qarshiligidagi potensialning pasayishi;

$I_0 L \omega \sin \omega t + \frac{\pi}{2} = U_L$ induktiv g'altakdagi potensialning pasayishi,

$I_0 L \omega = U_{OL}$ ko'paytma g'altakdagi induktiv kuchlanishning maksimal ya'ni amplituda qiymati.

Demak, g'altakning induktiv qarshiligi o'zgaruvchan tokning aylanma chastotasiga va g'altakning induktivligiga proporsional ekan.



11.2 – rasm.

Tenglama (11.9) ga asosan induktiv g'altakdagi kuchlanishning fazasi aktiv qarshilikdagi kuchlanishning fazasidan farq qilishi ko'rinadi. Bir – birlaridan fazalari farq qiluvchi kuchlanishlarni vektorlar diagrammasi asosida qo'shish qulay.

Agar aktiv qarshilikdagi kuchlanishning qiymati gorizontol o'qqa joylashtirilsa induktiv g'altakdagi kuchlanishning qiymatini vertikal o'qqa joylashtiriladi, chunki u 90° fazaga farq qiladi.

Umumiy kuchlanish U_0 bu vektorning vektor yig'indisiga teng bo'ladi. Pifagor teoremasiga asosan

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

ni yozish mumkin, bundan

$$I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \quad (11.11)$$

bo'ladi.

Elektr o'lchov asboblari tok kuchi va kuchlanishning maksimal (amplituda) qiymatini o'lchamay uni effektiv qiymatini o'lchaydi. Tok kuchi va kuchlanishning effektiv qiymati maksimal qiymati bilan quyidagicha bog'langan, ya'ni

$$I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}},$$

tenglama (11.11) ga I_0 va U_0 larning qiymatlarini qo'ysak

$$I_{ef} = \frac{U_{ef}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

bu yerda,
$$\frac{U_{ef}}{I_{ef}} = Z$$

Zanjirning umumiy qarshiligidir, u vaqtda

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \quad (11.12)$$

Bundan, g'altakning induktivligi

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{\omega} \quad (11.13)$$

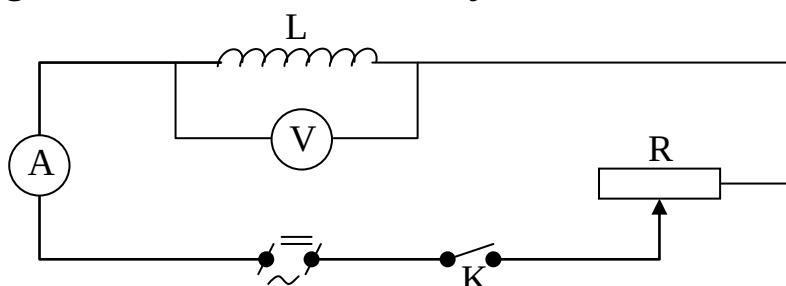
Bundan, $\omega = 2\pi\nu$ shahar elektr tarmog'ining chastotasi $\nu = 50$ Gs ga teng. Umumiy kuchlanish U_0 bilan tok kuchi orasidagi faza siljishi, (11.2 - rasmdan)

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{I_0 \omega L}{I_0 R} = \frac{\omega L}{R} \quad (11.14)$$

ga teng.

ISHNI BAJARISH TARTIBI

1. Quyidagi sxema asosida elektr zanjir tuziladi.



11.3 – rasm.

2. Zanjir o'zgarmas tok manbaiga ulanadi. G'altakdagi tok kuchi va kuchlanishni o'lchab, (kuchlanishning qiymatini o'qituvchi beradi). G'altakning aktiv qarshiligi quyidagi tenglikdan aniqlanadi.

$$R = \frac{U}{I}$$

Tajriba har xil kuchlanishlarda qaytariladi.

3. Zanjirni o'zgaruvchan tok manbaiga ulab, tok va kuchlanishlarning effektiv qiymati o'lchanadi va g'altakning umumiy qarshiligi $Z = \frac{U_{ef}}{I_{ef}}$

tenglamadan topiladi.

4. Kuchlanishni o'zgartirib tajriba bir necha marta takrorlanadi. qarshilik R va Z larning o'rtacha qiymatini (11.13) formulaga qo'yib g'altakning induktivligi topiladi.

5. Formula (11.14) yordamida $\text{tg}\varphi$ ni hisoblab tok va kuchlanish orasidagi fazalar siljishi φ aniqlanadi.

6. O'lchash va hisoblash natijalari quyidagi 11.1-jadvalga yoziladi.

№	O'zgarmas tok				O'zgaruvchan tok				L	tgφ	φ
	I	U	R	R	I	U	Z	Z			
1											
2											
3											

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Ishning maqsadi nimadan iborat?
2. Induktivlik deb nimaga aytiladi? U qanday birlikda o'lchanadi, nimalarga bog'liq?
3. Elektromagnit induksiya hodisasini ta'riflab, induksiya elektr yurituvchi kuchi formulasini yozing.
4. O'zinduksiya hodisasini ta'riflab, o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchini formulasini yozib tushuntiring.
5. G'altakning induktiv qarshiligi va to'liq qarshiligi formulalarini yozing va ularni izohlang.
6. O'zgaruvchan tok kuchi bilan kuchlanishning effektiv qiymati ularning amplituda qiymatlari bilan qanday bog'liq?
7. Bu ishda g'altakning aktiv qarshiligi qanday aniqlanadi?

8. Mazkur ishda elektr g'altakning induktivligini topish formulasini keltirib chiqaring.

9. Ishning elektr zanjirini chizing

10. Ishni bajarish tartibini gapirib bering

12-LABORATORIYA ISHI

YER MAGNIT MAYDONI KUCHLANGANLIGINING GORIZONTAL TASHKIL ETUVCHISINI ANIQLASH

ISHNING MAQSADI: Yer magnit maydoni kuchlanganligini gorizontal tashkil etuvchisini tangens – galvanometr yordamida aniqlash

KERAKLI ASBOBLAR: Tangens – galvanometr (tangens-bussol) ampermetr, reostat, o'zgarmas tok manbai, kalit

NAZARIY QISM

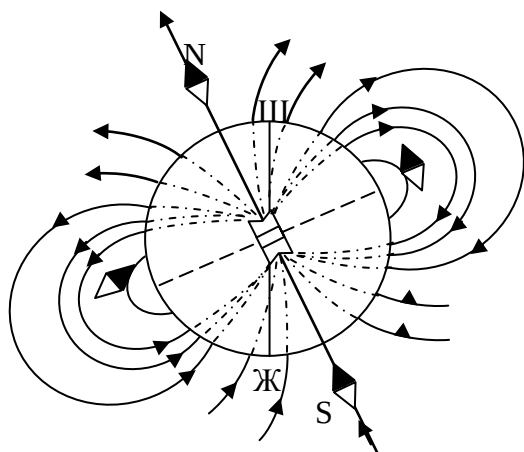
Yer planetasi juda katta shar shaklidagi magnitdan iborat bo'lib, uning qutblari N-S Yerning geografik qutblariga yaqin joylashgan. Xususan yerning shimoliy geografik qutbi yaqinida (300 km) Yer magnit maydonining janubiy qutbi (N) va janubiy geografik qutbi yaqinida, magnit maydonining shimoliy qutbi (S) joylashgandir (12.1-rasm).

Yer planetasining magnit maydoni yerning markaziga joylashtirilgan o'zgarmas magnitning maydoniga mos keladi (12.1-rasm).

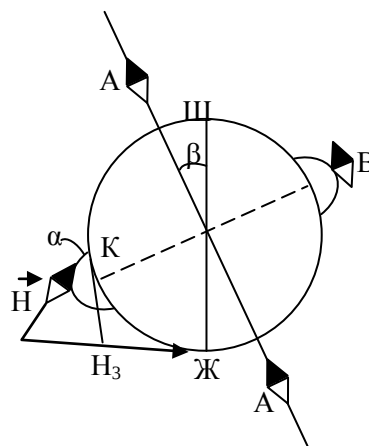
Yerning magnit maydoni uning magnit ekvatorida gorizontal (B nuqta), magnit qutblarida esa vertikal (A nuqta) yo'nalishiga ega. Yer sirtining boshqa nuqtalarida magnit maydoni ma'lum burchak ostida (K nuqta) yo'nalgan bo'ladi. (12.2-rasm).

Magnit maydon kuchlanganligining gorizontal tekislikka proyeksiyasi Yer magnit maydoni kuchlanganligining gorizontal tashkil etuvchisi deyiladi va uning yo'nalishi magnit meridiani yo'nalishi deb qabul qilingan. Undan o'tuvchi vertikal tekislik esa magnit meridian tekisligi deb ataladi.

Yer magnit maydonining qutblari uning geografik qutblari bilan mos tushmaganligi uchun Yer sirtining ixtiyoriy nuqtasidan o'tgan magnit meridian tekisligiga mos kelmaydi.



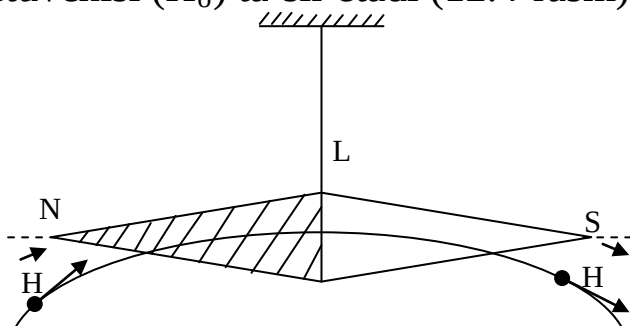
12.1- rasm



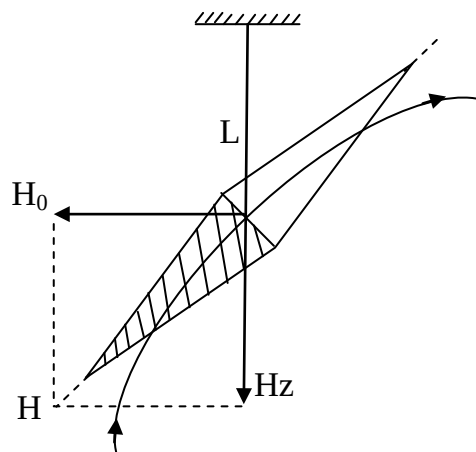
12.2-rasm

Geografik va magnit meridianlari yo'nalishlari orasidagi burchak α - og'ish burchagi deyiladi (12.2-rasm). Berilgan nuqtadagi magnit maydon kuchlanganlik vektori yo'nalishi bilan gorizont tekislik orasidagi burchak β - egilish burchagi deyiladi

(12.2-rasm). Agar magnit strelkasi o'rtasidan ipga osib qo'yilsa, strelka yerning shu nuqtasidagi magnit maydoni kuchlanganlik vektori (H) bo'ylab yo'naladi (12.3-rasm). Agar vertikal o'q atrofida erkin aylanishi mumkin bo'lgan magnit strelkasi gorizont tekislikka joylashtirilsa, unga faqat Yer magnit maydonining gorizont tashkil etuvchisi (H_0) ta'sir etadi (12.4-rasm).



12.3 - rasm



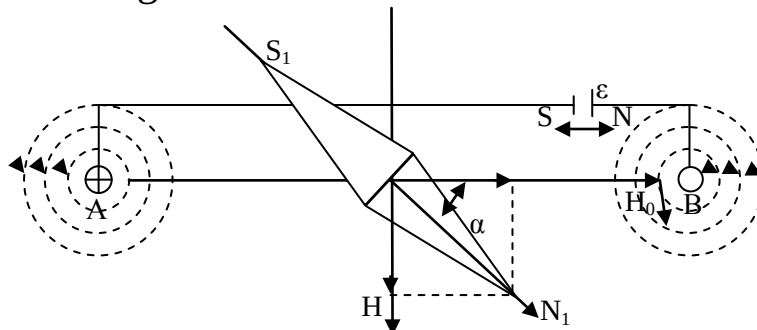
12.4 – rasm

Yer magnit maydoni kuchlanganligining gorizont tashkil etuvchisi (H_0) ni aniqlashda tangens-galvanometrdan foydalaniladi.

ASBOBNING TUZILISHI VA ISHLASHI USULI

Tangens - bussol r radiusli ma'lum o'ramlar soniga ega bo'lgan yassi vertikal g'altakdan iborat bo'lib uning markazida, gorizont tekislikda kompas joylashgan (12.5 - rasm).

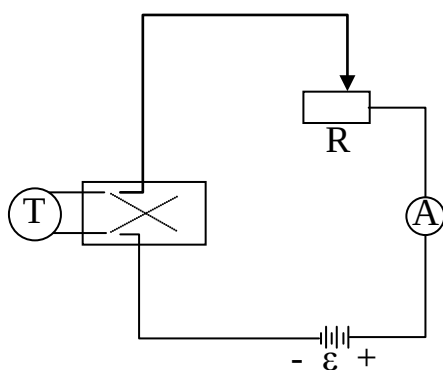
G'altakda tok bo'lmagan holda kompas strelkasi Yerning magnet meridiani N S bo'ylab joylashgan. Vertikal o'q atrofida g'altakni burib, g'altak tekisligini magnet meridiani tekisligiga moslaymiz. Undan so'ng g'altakdan tok o'tkazilsa magnet strelkasi tokning magnet maydoni ta'siri ostida ma'lum burchakga buriladi.



12.5 – rasm.

Magnet strelkasining bu holati unga ta'sir etuvchi ikki magnet maydon: Yer magnet maydon kuchlanganligining gorizontall tashkil etuvchisi (H_0) va tok magnet maydonining (H) ta'siri bilan aniqlanadi. Magnet strelkasi 2 tomondan ta'sir etuvchi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi bo'ylab joylashadi.

12.5- rasmda tangens – galvanometrning gorizontall tekislik bilan kesimi va g'altakdagi tokning magnet maydoni kuch chiziqlari keltirilgan bo'lib, N S – Yer magnet meridianining yo'nalishi; A va B – g'altakning gorizontall tekislikdagi kesimlari. A nuqtada g'altakdan o'tuvchi tok krest bilan ko'rsatilgan bo'lib bizdan ortga yo'nalgan, B nuqtada esa ortdan bizga qarab yo'nalgan bo'lib, nuqta bilan ko'rsatilgan.



12.6 – rasm

N S – kompasning magnet strelkasi;
 H_0 - Yer magnet maydoni kuchlanganligi vektorning gorizontall tashkil etuvchisi.

H - g'altakdan o'tuvchi aylanma tok hosil qilgan magnet maydon kuchlanganligi vektori 12.5- rasmdan

$$H = H_0 \tan \alpha \quad (12.1)$$

Aylanma tokning markazidagi magnet maydonining kuchlanganligi Bio – Savar - Laplas qonuniga asosan

$$H = \frac{In}{2r} \quad (12.2)$$

(12.2) va (12.2) ga asosan

$$\frac{In}{2r} = H_0 \operatorname{tg} \alpha \quad (12.3)$$

bu yerda, I - g'altakdan o'tuvchi tok; n - g'altakdagi o'ramlar soni; r - g'altak radiusi.

Tenglik (12.3) dan Yer magnit maydoni kuchlanganligining gorizonta tashkil etuvchisini (H_0) topamiz

$$H_0 = \frac{In}{2r \operatorname{tg} \alpha} \quad (12.4)$$

SI tizimida magnit maydon kuchlanganligi A/m da o'lchanadi.

ISHNI BAJARISH TARTIBI

1. Tangens - galvanometr T , ampermetr A , reostat R va ε tok manbaidan iborat elektr zanjiri tuziladi (12.6 - rasm).
2. Tangens - galvanometrni burib, g'altak tekisligi magnit meridiani tekisligida joylashtiriladi, bunda strelkaning bir uchi 0 ni ko'rsatadi.
3. Reostat surgichni surib, qarshilik eng katta qiymatga keltiriladi. Zanjir tok manbaiga ulanib, tok kuchi $0,1$ amperga keltiriladi.
4. Tangens - galvanometr strelkasining ikkala uchi ko'rsatilgan burchaklar α_1 va α_2 yozib olinadi.
5. Tok kuchini o'zgartirmay kalit bilan tokning yo'nalishini o'zgartirib strelkaning burilish burchaklari α_3 va α_4 yozib olinadi.
6. Quyidagi formuladan foydalanib o'rtacha burilish burchagi topiladi.

$$\alpha_{yp} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

7. Tajriba tok kuchi 0,1: 0,2: 0,3: 0,4 A bo'lgan hollar uchun qaytariladi.
8. Tok kuchi I va $\text{tg}\alpha$ ning qiymatlarini (12.4) formulaga qo'yib H_0 ning qiymati hisoblanadi.
9. O'lchash va hisoblash quyidagi 12.1-jadvalga yoziladi.

12-jadval

№	Strelkaning otsishi						$\text{tg}\alpha$	H_0	$H_{0o'r}$	ΔH_0	$\Delta H_{0o'r}$	$\frac{\Delta H_{o'r}}{H_{0o'r}} \cdot 100\%$
	I	α_1	α_2	α_3	α_4	$\alpha_{o'r}$						
1												
2												
3												

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Ishning maqsadi nimadan iborat?
2. Yer magnit maydoni kuchlanganligining gorizonta tashkil etuvchisi deb nimaga aytiladi va u nimaga bog'liq?
3. Yer hosil qilgan magnit maydoni induksiya chiziqlarini chizib ko'rsating?
4. Magnit maydonining induksiyasi deb nimaga aytiladi va u qanday birlikda o'lchanadi?
5. Magnit maydon induksiyasi uning kuchlanganligi bilan qanday bog'langan?
6. Bio-Savar-Laplas qonuni umumiy holda yozib ta'rifini ayting?
7. Tangens-galvanometrning tuzilishini tushuntiring?
8. Mazkur ishda Yer magnit maydoni kuchlanganligining gorizonta tashkil etuvchisini topish formulasini keltirib chiqaring va magnit maydoni kuchlanganligining o'lchov birligini hosil qiling?
9. Ishning elektr zanjirini chizing?
10. Ishni bajarish tartibini so'zlab bering?

13-LABORATORIYA ISHI

MIKROSKOP YORDAMI BILAN SHISHA PLASTINKANING SINDIRISH KO'RSATKICHINI ANIQLASH

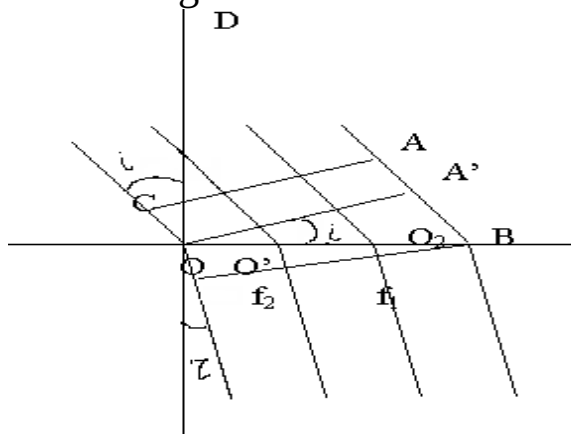
ISHNING MAQSADI: Mikroskop yordamida shisha plastinkaning sindirish ko'rsatkichini aniqlashni o'rganish

KERAKLI ASBOBLAR: Mikroskop, mikrometr, shtrixli shaffof plastinkalar

NAZARIY QISM

Yassi to'ldiqning ikki muhit chegarasida sinishini kuzataylik, birinchi muhitda to'ldiq tarqalish tezligi V_1 , ikkinchisida esa V_2 bo'lsin.

13.1-rasmda i tushuvchi nur OC va sindiruvchi muhit yuzasiga o'tkazilgan normal OD orasidagi burchak bo'lsin.



13.1-rasm

Vaqt $t=0$ bo'lganda to'ldiq frontining C nuqtasi muhit chegarasidagi O nuqtasiga yetsin, bunda frontning A nuqtasi A' nuqtasiga yetadi. A' nuqtasi ikkinchi muhitga (B nuqtaga) yetish uchun t vaqt ketadi. Bu vaqt ichida markazi O nuqtada bo'lgan ikkilamchi to'ldiq fronti ma'lum $O f_2$ masofani bosib o'tadi. Markazlari O_1, O_2 nuqtalarda bo'lgan to'ldiq ham ikkinchi sferik to'ldiq larni tarqatadi. Gyuygens prinsipiga asosan yangi to'ldiq fronti chegarasini elementlar to'ldiq larni egriligi, ya'ni B, f_1, f_2 tekisligi belgilaydi.

13.1-rasmdan quyidagilarni yozishimiz mumkin:

$$OB = \frac{of_2}{\sin r} = \frac{A'B}{\sin i} \quad (13,1)$$

(13.1) ifodada $A'B = V_1 t$, $O f_2 = V_2 t$ almashtirishni o'tkazsak

$$V_1 \sin r = V_2 \sin i \quad \text{yoki} \quad \sin i / \sin r = V_1 / V_2 = n$$

ni hosil qilamiz. Bu yerda n ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan sindirish ko'rsatkichi bo'ladi. Agar birinchi muhit vakuum bo'lsa, u holda biz ikkinchi muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lamiz. Agar bir muhitning sindirish ko'rsatkichi n_1 , ikkinchi muhitning sindirish ko'rsatkichi n_2 ga teng bo'lsa, unda sindirish qonunini matematik jihatdan quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\sin i / \sin r = n_2 n_1 \quad \text{yoki} \quad n_1 \sin i = n_2 \sin r \quad (13.2)$$

Maksvell o'zining elektromagnit maydon nazariyasiga asoslanib, yorug'lik elektromagnit to'lqin ekan degan xulosaga keldi va quyidagi bog'lanishni kiritdi,

$$\frac{c}{v} = \sqrt{\epsilon \mu} = n \quad (13.3)$$

bu yerda, c - yorug'likning vakuumdagi tezligi,
 v - yorug'likning muhitdagi tezligi,
 ϵ - muhitning dielektrik kirituvchanligi,
 μ - muhitning magnit kirituvchanligi.

$$\frac{c}{v} = n, \quad \text{demak} \quad n = \sqrt{\epsilon \mu}$$

ekan. Yuqoridagi (13.3) tenglik moddaning optik, elektrik va magnit doimiylari o'rasidagi munosabatini ko'rsatadi.

ASBOBNING TUZILISHI VA ISHLASHI USULI

Yassi parallel shaffof plastinka orqali qaralganda ko'rilayotgan buyum yorq'inroq joylashganday tuyuladi. Yassi parallel shisha plastinka orqali 0 nuqtani kuzataylik (13.2-rasm). 0 nuqta orqali 0B va 0S nurlarini o'tkazamiz, ular sinib SD va VE yo'nalishlar bo'ylab ketadi. 13.1-rasmga qarasak 0 nuqtani O_1B va O_1S nurlari kesishgan O_1 da ko'ramiz. Shunday qilib 0 nuqta $a=OO_1$ masofaga siljiganday tuyuladi. Shishaning sindirish ko'rsatkichi n va qalinligi d orasidagi bog'lanishni topamiz. 13.2-rasmdan

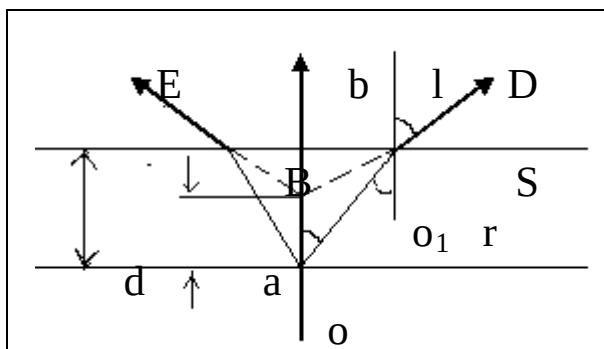
$$d = ctgr, \quad \frac{d}{d-a} = tgi$$

$$\text{bularni ko'paytirib,} \quad d/(d-a) = \frac{\sin i \cos r}{\sin r \cos i}$$

ni hosil qilamiz $\frac{\sin i}{\sin r} = n$ deb olib sodda matematik o'zgarishdan keyin

$$d/(d-a) = \sqrt{\frac{n^2 - \sin^2 i}{1 - \sin^2 i}}$$

ni hosil qilamiz.



13.2 - rasm

Agar $I = 0$ bo'lsa, $d / (d-a) = n$ bo'ladi.

Demak, yuqoridan tik ravishda kuzatilayotgan shaffof plastinka

$$\text{uchun } n = \frac{d}{d-a}$$

munosabat o'rinlidir. Bu usul bilan shisha plastinkaning sindirish ko'rsatkichini mikroskop yordamida aniqlash mumkin.

ISHNI BAJARISH TARTIBI

1. Mikroskopning obyektivi qarshisidagi buyum stolchasiga ikki tomoni tirnalgan shisha plastinka qo'yiladi. Kremalyar vint yordamida mikroskopning ko'rish maydonida plastinaning ustki tirnalgan chizig'i yaxshi ko'ringuncha harakatlantirib, noniusdan N_1 aniqlanadi.
2. Xuddi shuningdek, plastinaning pastki tirnalgan chizig'i yaxshi ko'rinadigan holatdagi N_2 aniqlanadi va plastinkaning mavhum qalinligi $N = N_1 - N_2$ hisoblanadi.
3. Shtangensirkul yoki mikrometr bilan plastinaning haqiqiy qalinligi d o'lchanadi.
4. Bu o'lchashlar har xil qalinlikdagi boshqa shisha plastinkalar uchun takrorlanadi va $n = \frac{d}{N}$ formuladan foydalanib, ularning sindirish ko'rsatkichlari aniqlanadi. O'lchashlar uch martadan takrorlanadi. Olingan natijalar quyidagi 13.1-jadvalga yoziladi.

13.1-jadval

N	d	N_1	N_2	N	n	n	$ \Delta n $	Δn	Σ

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Absolyut va nisbiy sindirish ko'rsatkichlarining ta'rifini ayting va fizik ma'nosini tushuntiring.
2. To'la ichki qaytish hodisasi deb nimaga aytiladi.
3. Linzada tasvir yasang va linza formulasini yozing.
4. Ishni bajarish metodini tushuntirib bering.
5. Mikroskopda nurlar yo'lini chizing.

14-LABORATORIYA ISHI

YORUG'LIKNING SUYUQLIKLARDA YUTILISH KOEFFITSIYENTINI ANIQLASH

ISHNING MAQSADI: Fotoelement yordamida rangli suyuqlikning yorug'likni integral yutish ko'effitsiyentini aniqlashdan iborat

KERAKLI ASBOBLAR: Yoritgich, silindrik shisha idish, fotoelement, milliampermetr.

NAZARIY QISM

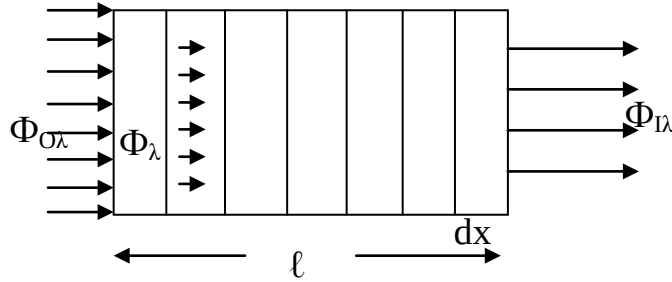
Shaffof muhitga yorug'lik tushganda yorug'lik energiyasining muhit sirtidan qaytish va muhit ichida yutilish hodisalari kuzatiladi. Muhitdan o'tayotgan yorug'lik energiyasining bir qismi boshqa tur energiyalarga aylanishi tufayli yorug'lik intensivligining kamayishi hodisasi yorug'likning yutilishi deyiladi.

Muhitdan o'tayotgan yorug'lik asosan quyidagi sabablarga ko'ra yutiladi.

1. Tushayotgan yorug'likning o'zgaruvchan elektromagnit maydoni ta'sirida muhit atomlari tarkibidagi elektronlar majburiy tebranma harakatga keladi. Natijada yorug'lik energiyasining bir qismi elektronlarning majburiy tebranma harakat energiyasiga aylanadi. Bu elektronlar ham o'z navbatida hamma tomonga ikkilamchi elektromagnit to'lqinlar tarqatadi. Ikkilamchi to'lqinlar energiyasining bir (muhitga tushayotgan yorug'lik to'lqini yo'nalishda tarqatilayotgan qismi) qismi tushayotgan yorug'lik energiyasiga qo'shiladi. Qolgan qismi esa yon tomonlarga sochilib, yorug'likning muhitda yutilishini hosil qiladi.

2. Tushayotgan yorug'likning bir qismi muhit atomlarni harakatga keltirib, moddaning ichki ya'ni issiqlik energiyasiga ham aylanadi. Natijada yorug'lik o'tkazayotgan jism qiziydi.

Muhitdan o'tayotgan yorug'lik intensivligi kamayishi ya'ni yorug'likning yutilish qonunini aniqlaylik. Buning uchun ℓ qalinlikdagi biror muhitga monoxromatik yorug'lik oqimi Φ_0 tik tushayapti deb faraz qilaylik. Muhit qalinligini dx qalinlikdagi qatlamchalarga ajratib chiqamiz. (14.1-rasm).



14.1-rasm

Ixtiyoriy dx qalinlikka ega bo'lgan muhitda yorug'lik oqimining susayishi $d\Phi_\lambda$ tushayotgan yorug'likning oqimi Φ_λ ga va qatlam qalinligi dx ga to'g'ri proporsional bo'lib, suyuqlikning turiga, yorug'likning to'lqin uzunligiga ham bog'liq bo'ladi, ya'ni

$$d\Phi_\lambda = -m_\lambda \Phi_\lambda dx \quad (14.1)$$

$$m_\lambda = -(d\Phi_\lambda / \Phi_\lambda dx) \quad (14.2)$$

bu yerda m_λ muhitning turiga va yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lgan proporsionallik koeffitsienti bo'lib, suyuqlikning yorug'likni yutish koeffitsiyenti deyiladi. Tenglik (14.2)dan yutish koeffitsiyentining quyidagi ta'rifi kelib chiqadi: *Qalinligi bir birlikka teng bo'lgan muhitdan o'tgan yorug'lik oqimining nisbiy kamayishiga son jihatdan teng bo'lgan kattalik **yutish koeffitsiyenti** deyiladi.* Yutish koeffitsiyenti SI birliklar tizimida m^{-1} da o'lchanadi.

Tenglama (14.1) ning ikkala tomonini Φ_λ ga bo'lib, shaklda ko'rsatilgan chegaralar bo'yicha integrallaymiz.

$$\int \frac{d\Phi_{\lambda}}{\Phi_{\lambda}} = -m_{\lambda} \int_0^l dx \quad \ln \frac{\Phi_{\lambda}}{\Phi_{0\lambda}} = -m_{\lambda} l \quad (14.3)$$

bu ifodani potensirlasak

$$\Phi_{1\lambda} = \Phi_{0\lambda} e^{-m_\lambda l} \quad (14.4)$$

kelib chiadi

Bu yerda $e=2,71$ natural logarifm asosi.

(14.4) Buger qonunini ifoda etadi, ya'ni muhitning qalinligi ortishi bilan undan o'tayotgan yorug'likning oqimi (intensivligi) eksponensial qonun bo'yicha kamayadi. Tajriba asosida ℓ , $\Phi_{1\lambda}$ va $\Phi_{0\lambda}$ larni o'lchab, tenglik (14.3) dan muhitning yorug'likni yutish koeffitsiyenti m_λ ni aniqlash mumkin. Hisoblarni soddalashtirish uchun natural logarifmdan o'nli logarifmga o'tamiz. Buning uchun Buger qonunini

$$\Phi_{i\lambda} = \Phi_{0\lambda} 10^{-km} \quad (14.5)$$

ko'rinishda yozamiz. Bu yerda K_λ ham muhitning yutish xususiyatini xarakterlovchi kattalik bo'lib, u m_λ bilan quyidagicha bog'langan

$$10^{-km} = \ell^{-m} \lambda^1 \quad (14.6)$$

tenglik (14.6) ni logarifmlab

$$K_\lambda = m_\lambda \lg e = 0,4343 m_\lambda \quad (14.7)$$

ni hosil qilamiz. Bundan

$$m_\lambda = (K_\lambda / 0,4343) \quad (14.8)$$

Bu ishda suyuqlikning integral yutish koeffitsiyenti, ya'ni oq yorug'likni yutish koeffitsiyenti aniqlanadi. Oq yorug'lik yetti xil rangdagi (7 xil to'lqin uzunlikdagi) nurlarning yig'indisidan iborat.

Yutish koeffitsiyentini aniqlash uchun suyuqlik silindrik shisha idishga qo'yiladi. Yorug'lik idishdagi suyuqlikdan o'tayotganda u suyuqlikda yutilishi bilan bir qatorda, suyuqlik sirtidan qaytish, idish tubidan qaytish va yutilishi hodisalari kuzatiladi. Bu jarayonlarni ham hisobga olib, Buger qonunini

$$\Phi_{i\lambda} = \Phi_{0\lambda} 10^{-(km+\gamma)} \quad (14.9)$$

ko'rinishida yozamiz.

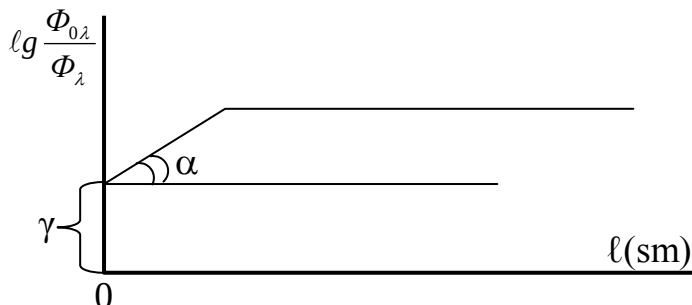
Bu yerda γ yuqoridagi jarayonlarni hisobga oluvchi va suyuqlikning qalinligiga bog'liq bo'lmagan koeffitsiyent. Demak, yutish koeffitsiyentini aniq o'lchash uchun γ ni o'lchash kerak. Buning uchun (14.9) tenglamaning logarifmik grafigidan foydalaniladi. Tenglik (14.9) ni

$$\frac{\Phi_{0\lambda}}{\Phi_{i\lambda}} = 10^{(k_\lambda \ell + \gamma)} \quad (14.10)$$

ko'rinishida yozib logarifmlaymiz

$$\lg \frac{\Phi_{0\lambda}}{\Phi_{L\lambda}} = K_{\lambda} \ell + \gamma \quad (14.11)$$

Bu ordinata o'qidan γ ga teng kesma kesuvchi to'g'ri chiziqlarning tenglamasidir (14.2-rasm). Hosil bo'lgan to'g'ri chiziqlarning burchak koeffitsiyenti esa K_{λ} ga teng bo'ladi, ya'ni



14.2-rasm

$$K_{\lambda} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\lg \frac{\Phi_{0\lambda}}{\Phi_{3\lambda}} - \lg \frac{\Phi_{0\lambda}}{\Phi_{1\lambda}}}{\ell_2 - \ell_1} \quad (14.11)$$

Tenglik (14.8) ni e'tiborga olsak, yutish koeffitsiyenti hisoblash uchun

$$m_{\lambda} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\lg \frac{\Phi_{0\lambda}}{\Phi_{2\lambda}} - \lg \frac{\Phi_{0\lambda}}{\Phi_{1\lambda}}}{0,4343 (\ell_2 - \ell_1)} \quad (14.12)$$

formulani hosil qilamiz.

Bu ishda yorug'lik oqimlari fotoelement yordamida o'lchanadi. Stoletov qonuniga ko'ra to'yinish fototoki fotoelementga tushayotgan yorug'likning oqimga to'g'ri proporsionaldir.

$$I = C \Phi \quad (14.13)$$

Bu yerda C fotoelement sezgirligi. Fototokni o'lchayotgan milliampermetr bo'limining qiymati I ga teng bo'lsa

$$I = \text{in} \quad (14.14)$$

bo'ladi.

Bu yerda n tok o'tayotgan milliampermetr strelkasining ko'rsatishi. Bu tengliklarni hisobga olib, (14.12) chi tenglikdagi oqimlari nisbatini galvanometr strelkasi ko'rsatgan bo'limlari soni nisbati bilan almashtirish mumkin.

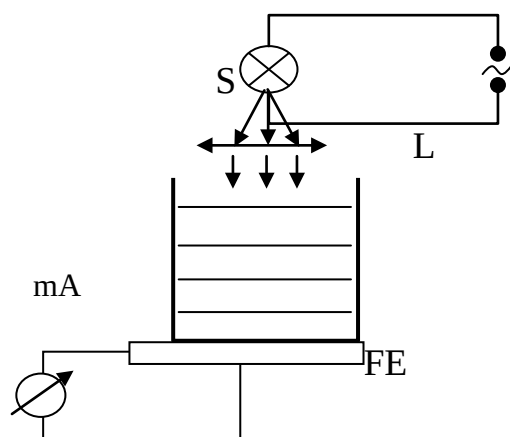
$$\frac{\Phi_{0\lambda}}{\Phi_{1\lambda}} = \frac{n_0}{n_1} \quad (14.15)$$

Tenglik (14.15) ni (14.12) ga qo'yib yutilish koeffitsiyenti hisoblash uchun

$$m_{\lambda} = \frac{\lg \frac{n_0}{n_2} - \lg \frac{n_0}{n_1}}{0,4343 (\ell_2 - \ell_1)} \quad (14.16)$$

formulani hosil qilamiz.

ASBOBNING TUZILISHI VA ISHLASHI USULI



14.3-rasm

S lampaning va L linza yordamida parallel nurlar oqimi silindrik idishdagi suyuqlikka tushadi. Idish tagiga milliampermetr ulangan fotoelement FE joylashtirilgan (14.3-rasm). Fotoelement suyuqlikdan o'tgan yorug'lik oqimini o'lchaydi.

ISHNI BAJARISH TARTIBI

1. Yoritish lampasini tok manbaiga ulab, undan chiqayotgan nurlar suyuqlikdan o'tib, fotoelementni bir tekis yoritadigan holatga keltiriladi.
2. Diafragma yordamida suyuqliksiz idishdan o'tayotgan yorug'lik oqimi shunday tanlab olinadiki, milliampermetr strelkasi shkaladan tashqariga chiqib ketmasin. Strelkaning n_0 ko'rsatishi yozib olinadi.
3. Idishga 1 sm qalqnlkda suyuqlik qo'yib, fotoelement ustiga o'rnatiladi va milliampermetrning n_1 ko'rsatishi yozib olinadi.
4. Idishga 2,3,4 sm qalqnlkda suyuqliklar qo'yib, milliampermetrning $n_1 n_2 \dots$ ko'rsatishlari yoziladi.
5. O'lchash natijalari asosida $\lg \frac{n_0}{n} = f(\ell)$ funksiyaning grafigi chiziladi.
6. Tenglik (14.16) dan foydalanib, suyuqlikning yorug'likni yutish koeffitsiyenti m_{λ} hisoblanadi.
7. O'lchash va hisoblash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

№	n_0	ℓ (sm)	n	n_0/n	m_λ	m_{λ_0}

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Moddalarning yorug'lik yutish sababini tushuntiring.
2. Yutish koeffitsiyenti deb nimaga aytiladi va u nimalarga bog'liq? Yutish koeffitsiyenti qanday birlikda o'lchanadi?
3. Yutish koeffitsiyenti hisoblash formulasini yozing?
4. Buger qonunini keltirib chiqaring va ta'riflang.
5. Ish qurilmasini chizib, fotoelementning vazifasini tushuntiring.
6. Ishni bajarish tartibini gapirib bering.

15-LABORATORIYA ISHI

DIFRAKSION PANJARA YORDAMIDA YORUG'LIKNING TO'LQIN UZUNLIGINI ANIQLASH

ISHNING MAQSADI: Difraksion panjara yordamida monoxromatik yorug'likning to'lqin uzunligini aniqlash

KERAKLI ASBOBLAR: Yorug'lik manbai, difraksion panjara, rangli filtr, tirqishli ekran.

NAZARIY QISM

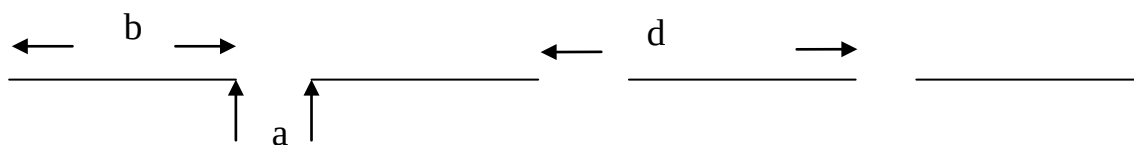
Yorug'likning to'qlin xususiyatini tasdiqlaydigan xodisalardan biri yorug'lik difraksiyasidir. Yorug'lik nurining to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalish qonunining buzilib, kichik to'siqlardan (tirishdan) o'tayotganda geometrik soya sohasiga o'g'ish xodisasi yorug'lik difraksiyasi deyiladi.

Bu xodisa amalda kuzatilishi uchun nurning yo'lga qo'yilgan to'siqning (tirqishning) o'lchami d yorug'lik nurining to'lqin uzunligi λ ga yaqin, ya'ni $d \approx \lambda$ bo'lishi kerak.

Difraksiya xodisasini Gyuygens-Frenel prinsipiga asosan tushuntirish mumkin. Bu prinsipga ko'ra to'lqin fronti yetib kelgan har bir nuqta ikkilamchi to'qlin manbaiga aylanib, o'zidan kogerent to'lqinlar tarqatadi. Chastotalari teng va fazalar farqi vaqt davomida o'zgarmas bo'lgan to'lqinlar kogerent to'lqinlar deyiladi. Gyuygens-Frenel prinsipiga ko'ra fazoning ixtiyoriy nuqtasidagi yorug'likning

intensivligi ikkilamchi manbalardan chiqib, shu nutaga yetib kelgan yorug'lik to'lqinlari interferensiyasining natijasidan iborat bo'ladi.

Bu ishda difraksiya hodisasi difraksion panjara yordamida kuzatiladi. Difraksion panjara bir-biriga yaqin joylashtirilgan parallel tirqishlar tizimidan iborat. (15.1-rasm)

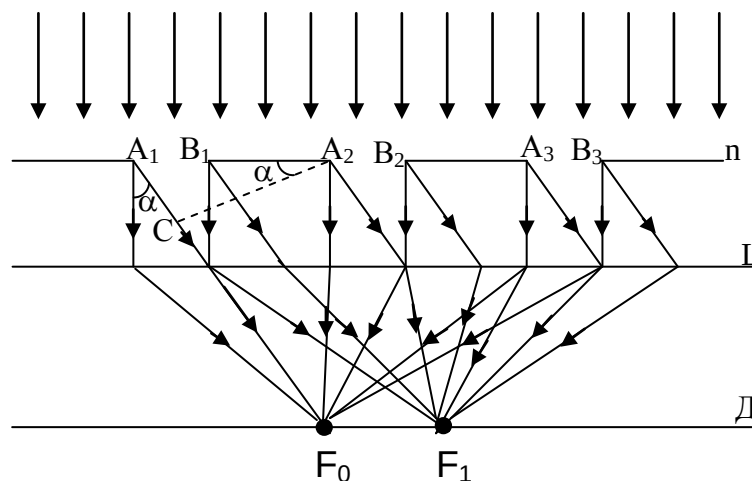


15.1-rasm

Bunda a tirqishning, b esa to'siqning o'lchami.

Difraksion panjaraning kengligi $d=a+b$ ga esa difraksion panjaraning davri deyiladi. Oddiy difraksion panjara shisha plastinkaning yuziga o'tkir olmos bilan parallel chiziqlar chizish orqali hosil qilinadi. Yorug'lik uchun chiziqlar to'siq, chiziqlar orasi esa tirqish vazifasini bajaradi.

Faraz qilaylik, monoxromatik parallel nurlar dastasi difraksion panjaraga tik tushayotgan bo'lsin. (15.2-rasm)



15.2 - rasm

Gyuygens-Frenel prinsipiga ko'ra tirqishning har bir nuqtasi ikkilamchi yorug'lik manbalaridan iborat bo'lib, ulardan barcha yo'nalishlarda kogerent yorug'lik to'lqinlari tarqaladi. Agar bu nurlarning yo'liga L yig'uvchi linza qo'yilsa, uning fokal tekisligiga joylashtirilgan ekranda almashinib keluvchi yorug' va soya sohalar hosil bo'ladi. Kuzatilgan manzaraning hosil bo'lish sababini tushuntirish

uchun ikkilamchi manbadan chiqayotgan nurlarning ikkitasining yo'lini kuzatamiz. Ulardan biri dastlabki yo'nalishda, ikkinchisi esa unga nisbatan α burchak ostida yo'nalgan bo'lsin. Dastlabki yo'nalishdagi nurlar linzadan o'tgach ekranning F_0 nuqtasida yig'ilib, yorug' sohalarning nolinchisi maksimumini hosil qiladi. Bu nurlar orasidagi fazalar farqi nolga teng bo'lganligi uchun ularning interferensiyasi yuz bermaydi, ular oddiy qo'shiladi xolos. Shuning uchun F_0 nuqta hamma vaqt yorug' bo'ladi (nolinchisi maksimum).

Dastlabki yo'nalishga nisbatan α burchak ostida yo'nalgan nurlar esa F_1 nuqtada yig'ilib optik yo'llari ($L=nS$) farqiga qarab bir-birini kuchaytirishi yoki susaytirishi mumkin.

Agar difraksion panjara monoxromatik nur bilan yoritilsa, ekranda nolinchisi maksimumning chap va o'ng tomonlarida ketma-ket almashinib keluvchi qorong'i va yorug' sohalari hosil bo'ladi.

Agar difraksion panjara oq nur bilan yoritilsa, ekranda ketma-ket keluvchi spektrlardan iborat sohalari hosil bo'ladi. Chunki oq nur yetti xil rangdagi nurlarning yig'indisidan iborat bo'lib, har xil rangdagi nurlar har xil burchakka o'g'adi.

Ekranning berilgan nuqtasidan maksimum yoki minimum yoritilganlik kuzatilishi bu nuqtaga har bir tirqishning mos nuqtalari A_1 va A_2 dan kelib tushayotgan nurlarning $A_1C=\Delta L$ optik yo'llar farqiga bog'liq bo'ladi. Interferensiya nazariyasiga asosan qo'shiluvchi to'lqinlar optik yo'llari farqi $\Delta L = A_1C$ butun marta olingan yorug'likning to'lqin uzunligiga teng bo'lgan nuqtalarda maksimum yoritilganlik kuzatiladi, ya'ni

$$\Delta L = \pm m\lambda \quad (15.1)$$

bu yerda $m=0,1,2,\dots$ butun sonlar difraksion maksimumning tartib raqami. Shuningdek optik yo'llar farqi toq marta olingan yorug'likning yarim to'lqin uzunligiga teng bo'lgan nurlar qo'shilgan nuqtalarda minimum yoritilganlik kuzatiladi, ya'ni

$$\Delta L = (2m+1)\frac{\lambda}{2} \quad (15.2)$$

Uchburchak A_1CA_2 dan

$$\begin{aligned} \Delta L &= A_1C = A_1A_2 \sin \alpha = d \sin \alpha \\ \Delta L &= d \sin \alpha \end{aligned} \quad (15.3)$$

ekanligi ko'rinib turibdi. Bu yerda difraksion panjaraning davri. Tenglik (15.3)ni (15.1) va (15.2) ga qo'yib,

$$d \sin \alpha = m \lambda \quad (15.4)$$

$$d \sin \alpha = (2m+1) \frac{\lambda}{2} \quad (15.5)$$

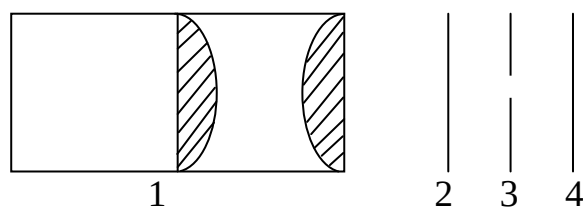
ni hosil qilamiz, yoki (15.4) dan

$$\lambda = \frac{d \sin \alpha}{m} \quad (15.6)$$

(15.4) va (15.5) tengliklar difraksion panjaradan o'tgan nurlar interferensiyasining maksimum va minimum shartini ifodalaydi. Bu tenglikdan foydalanib, α -ni tajribada o'lchab yorug'likning to'lqin uzunligini topish mumkin. Biz yuqorida ikkita tirish uchun yuritilgan mulohaza bir nechta tirqishli difraksion panjara uchun ham to'g'ridir. Ammo tirqishlar soni oshib borishi bilan difraksion maksimumlarini ham intensivligi oshib boradi.

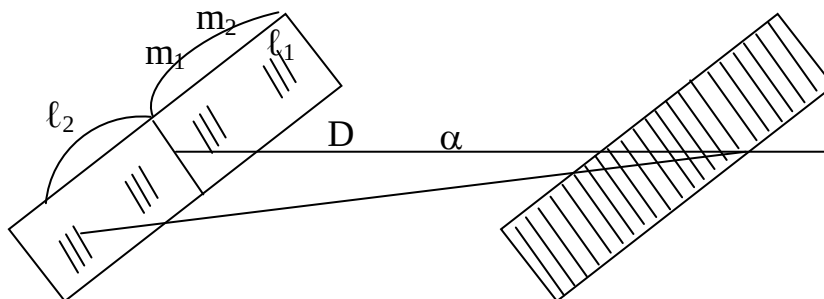
ASBOBNING TUZILISHI VA ISHLASHI USULI

Bu ishda difraksiya hodisasi optik taglikka mahkamlangan quyidagi qurilmada kuzatiladi (15.3-rasm). Bu rasmda 1-yorug'lik manbai, 2-rangli filtr, 3-tirqish va shkalali ekran, 4-difraksion panjaradan iborat



15.3-rasm

Agar difraksion panjara orqali oq yoki monoxromatik nur chiqayotgan tirqishga qaralsa, ekranda difraksion maksimumlar kuzatiladi (15.4-rasm)



15.4-rasm

Bu yerda D ekrandan difraksion panjaragacha bo'lgan masofa ℓ_1 va ℓ_2 lar esa tirqishdan biror tartibli maksimumlargacha bo'lgan masofalar.

Shakldan $\operatorname{tg}\alpha=\ell/D$ ekanligi ko‘rinib turibdi. Tajriba shartiga ko‘ra α juda kichik bo‘lganligi uchun ($D\gg\ell$) $\operatorname{tg}\alpha\approx\sin\alpha$;

$$\sin\alpha=\ell/D \quad (15.7)$$

deb yozish mumkin.

Nihoyat, (15.7) tenglikni (15.5) ga qo‘ysak, to‘lqin uzunligini hisoblash uchun

$$\lambda = \frac{d\ell}{mD} \quad (15.8)$$

formulani hosil qilamiz.

ISHNI BAJARISH TARTIBI

1. Difraksion panjara tirqishli ekrandan 50-60 sm uzoqlikda optik taglikka o‘rnatiladi.
2. Yorug‘lik manbaini tokka ulab, difraksion panjara orqali difraksion manzara kuzatiladi.
3. Yorug‘lik manbai oldiga filtrlardan biri o‘rnatilib, shkaladan difraksion maksimumlarning tirqishdan ℓ_1 va ℓ_2 uzoqliklari o‘lchanadi. Uning

$$\ell_{o'r} = \frac{\ell_1 + \ell_2}{2}$$

o‘rtacha qiymati hisoblanadi.

4. $\ell_{o'r}$ ning qiymatini (8)- nchi tenglikka qo‘yib, to‘lqin uzunligi hisoblanadi.
 5. O‘lchashlar har bir filtrda 1 va 2 – nchi maksimumlar uchun bajariladi.
- O‘lchash va hisoblash natijalari quyidagi jadvalga yozilib, har bir rangdagi nurning o‘rtacha to‘lqin uzunligi va o‘lchash xatoliklari hisoblanadi.

	Nurning rangi	D (m)	n	ℓ_1 (m)	ℓ_2 (m)	$\ell_{o'r}$ (m)	λ (m)	$\lambda_{o'r}$ (m)	$\Delta \lambda$

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Yorug'likning to'lqin uzunligi deb nimaga aytiladi?
2. Yorug'likning to'lqin uzunligi bilan tarqalish tezligi orasida qanday bog'lanish bor?
3. Yorug'lik to'lqinini chizib ko'rsating?
4. Difraksiya hodisasi deb nimaga aytiladi? Qanday shart bajarilganda yorug'lik difraksiyasini kuzatish mumkin?
5. Difraksion panjara qanday tuzilgan va unda difraksiya qanday hosil bo'ladi?
6. Interferensiya maksimum va minimum shartlarini ta'riflang.
7. Ish formulasini keltirib chiqaring.

16-LABORATORIYA ISHI

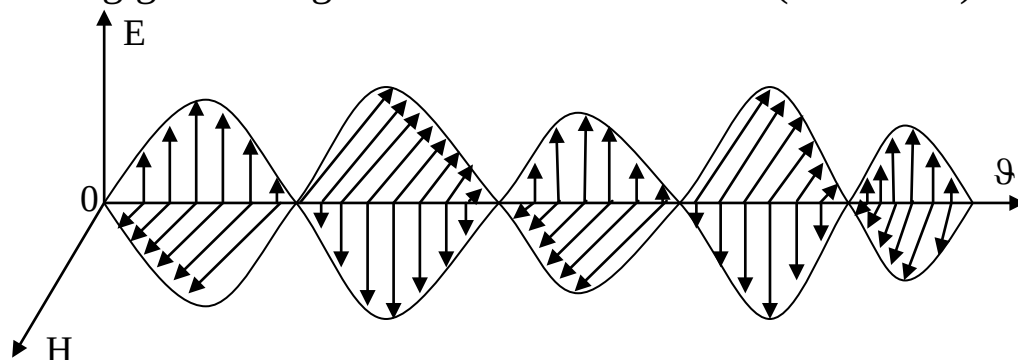
QUTBLANGAN NURLARNING XOSSALARINI O'RGANISH MALYUS QONUNINI TEKSHIRISH

ISHNING MAQSADI: Malyus qonunini fotoelement yordamida tekshirish

KERAKLI ASBOBLAR: Yorug'lik manbai, polyarizator va analizator, fotoelement, galvanometr

NAZARIY QISM

Maksvellning elektromagnit to'lqin nazariyasiga ko'ra yorug'lik ko'ndalang elektromagnit to'lqinlardan iborat. Chunki elektromagnit to'lqidagi elektr va magnit maydon kuchlanganligi vektorlari o'zaro tik bo'lib, bir vaqtning o'zida fazoning har bir nuqtasida to'lqinning tarqalish tezligiga tik bo'lgan tekisliklarda tebranadi (16.1-rasm).



16.1-rasm

Yorug'likning asosiy xossalarini E vektorning tebranishlari hosil qilganligi uchun yorug'lik to'lqinining tebranish tekisligi deganda elektr

The diagram illustrates a quantum communication channel. It consists of four stages labeled a), б), в), and г). Stage a) shows a source with eight possible states (0, 1, and four others) and an electric field vector E . Stage б) shows a channel with a vertical rectangle and a magnetic field vector B . Stage в) shows a channel with a vertical rectangle and a magnetic field vector B . Stage г) shows a channel with a vertical rectangle. The output is labeled I and I_0 .

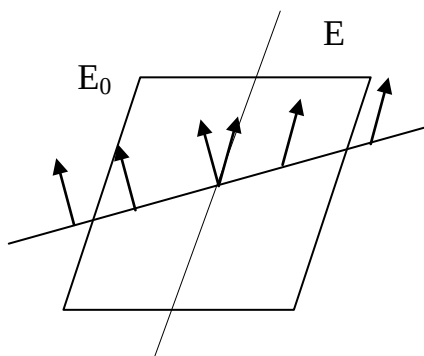
Elektr maydon kuchlanganligi vektori ayni bir tekislikda tebranadigan yorug'lik nuri qutblangan nur deyiladi (16.2b-rasm). Qutblangan nurda elektr vektori tebranayotgan tekislikka tik bo'lgan tekislik qutblanish tekisligi deyiladi. Agar tabiiy nurni ba'zi anizotron (fizik xossalari har xil yo'nalishlarda har xil jismlardan kvars, islandiya shpati va boshqalar) o'tkazsak elektr vektori ayni bir tekislikda tebranadigan ya'ni qutblangan nur hosil bo'ladi.

1811-yili fransuz fizigi Malyus yorug‘likning qutblanish hodisasini tajribada tekshirib quyidagi qonunni topgan: *Analizator*dan *chiqayotgan yorug‘likning intensivligi* (I) *unga tushayotgan yorug‘likning intensivligi* (I_0) *bilan polyarizator va analizator qutblanish tekisliklari orasidagi burchak* (φ) *kosinusi kvadratining ko‘paytmasiga teng.*

$$I = I_0 \cos^2 \varphi$$

(16.1)

Bu xulosa Malyus qonuni deb yuritiladi. Malyus qonuni quyidagicha keltirib chiqariladi. Intensivligi I_0 va tebranish amplitudasi E_0 bo'lgan qutblangan nur analizatorga tushayotgan bo'lsin (16.3-rasm).



16.3-rasm

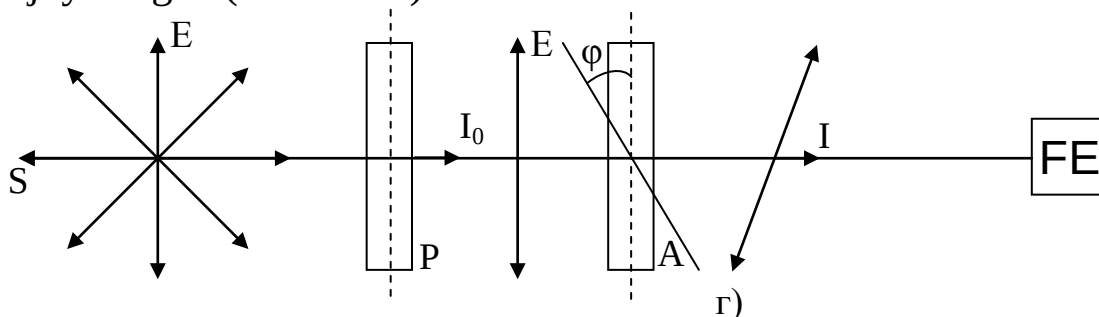
Tebranishlarning amplitudasi $E = E_0 \cos \varphi$ (16.2) ga teng bo'lgan tashkil etuvchisi analizatordan o'tadi. Bu yerda φ analizator bilan polarizator qutblanish tekisliklari orasidagi burchak. Tenglik (16.2) ning ikkala tomonini kvadratiga ko'tarib $I = E^2$ ekanligini hisobga olsak

$$I = I_0 \cos^2 \varphi$$

ya'ni Malyus qonuni kelib chiqadi.

ASBOBNING TUZILISHI VA ISHLASHI USULI

Malyus qonunini tekshiradigan ish qurilmasida asboblarning quyidagi tartibda joylashgan (16.4-rasm).



16.4-rasm

bu yerda, S-tabiiy yorug'lik manbai, P-polarizator, A- analizator, FE-yorug'lik oqimini tokka aylantirib beruvchi fotoelement.

Fototokning qiymatini (i) yorug'likning (I) intensivligiga to'g'ri proporsional bo'lganligi uchun $I = n$ bo'ladi. Bu yerda n -galvanometr strelkasining ko'rsatishi. Shuning uchun Malyus qonunini

$$n = n_0 \cos^2 \varphi$$

ko'rinishda yozish mumkin.

ISHNI BAJARISH TARTIBI

1. Yoritish lampasi tok manbaiga ulanadi.

2. Analizatorni burib analizator va polyarizator qutblanish tekisliklari orasidagi burchak 0^0 ga keltiriladi va fototokning n_0 maksimal qiymati yozib olinadi.

3. Analizatorni burib, 10^0 dan keyingi ($10^0, 20^0, 90^0$) holatlariga mos keluvchi fototokning n qiymatlari yozib boriladi.

4. Har bir burchak uchun $\cos^2 \varphi$ jadvaldan foydalanib hisoblanadi.

5. Hisoblash va o'lchash natijalari quyidagi jadvalga yozilib, n ning $\cos^2 \varphi$ ga bog'lanish grafigi chiziladi.

φ	$\cos \varphi$	$\cos^2 \varphi$	n_0	n	n/n_0
0^0					
10^0					
.					
.					
90^0					

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Tabiiy va qutblangan nur deb qanday nurlarga aytiladi?
2. Qutblangan nurlar qanday hosil bo'ladi?
3. Analizator va polyarizatorning vazifalari nimadan iborat?
4. Malyus qonunini ta'riflang.
5. Ish qurilmasi qanday tuzilgan?
6. Ishni bajarish tartibini tushuntirib bering.
7. Fotoelementning vazifasi nimadan iborat?

17-LABORATORIYA ISHI

STEFAN-BOLSMAN DOIMIYSINI ANIQLASH

ISHNING MAQSADI: Issiqlik nurlanish qonunlaridan biri Stefan-Bolsman qonunining qo'llanilishini o'rganish

KERAKLI ASBOBLAR: Elektrik pech va ashyolari, absolyut qora jism detallari, termometr, mikrovoltmetr, shtativ

NAZARIY QISM

Jismni qizdirish orqali vujudga kelgan nurlanish issiqlik (yoki temperaturaviy) nurlanish deb yuritiladi. Bu nurlanish 2 asosiy kattalik bilan xarakterlanadi:

1. Nurlanishning integral sezgirligi R vaqt birligida bir birlik yuzasidan to'liq uzunligining barcha intervallarida vaqt birligida nurlanayotgan energiyadir:

$$R = E / S \quad (17.1)$$

2. Nurlanishning monoxromatik differentsial intensivligi biror to'liq uzunligi intervalida vaqt birligida birlik yuzadan nurlanayotgan energiyadir:

$$r_{\lambda} = \frac{dE_{\lambda}}{S} \quad (17.2)$$

Ba'zan bu kattalikni nur chiqarish qobiliyati deb ataladi. Ta'riflarga asosan nurlanishning integral va monoxromatik intensivliklari orasida quyidagi munosabat mavjiddir:

$$R = \int_0^{\infty} r_{\lambda} d\lambda \quad (17.3)$$

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

$$E_{\lambda} = E'_{\lambda} + E''_{\lambda} \quad (17.4)$$

(17.4) tenglamaning ikkala tomonini E_{λ} ga bo'lib

$$\frac{E'_{\lambda}}{E_{\lambda}} + \frac{E''_{\lambda}}{E_{\lambda}} = 1 \quad (17.5)$$

ni hosil qilamiz.

$$E' / E_{\lambda} = \alpha(\lambda, T)$$

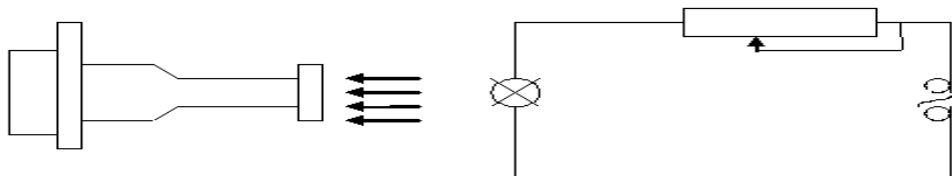
kattalik jismning nur yutilish qobiliyati bo'lib $\lambda-\lambda+ d\lambda$ to'liq uzunliklari intervalida tushgan nurning qancha qismi yutilganligini ko'rsatadi.

Boshqa jismlarning nurlanishi ham bir xil to'liq uzunligidagi nur uchun absolyut qora jism nurlanishidan A marta kichik bo'lib, shunday qonunga bo'ysunadi:

$$R = A\sigma T^4 \quad (17.9)$$

A - modda doimiysi

Absolyut qora jism uchun Stefan-Bolsman doimiysini aniqlash uchun quyidagi (1-rasm) sxemadan foydalaniladi.



17.1 - rasm

Cho'g'lanma lampa tolasining birlik sirtiga berilayotgan energiya

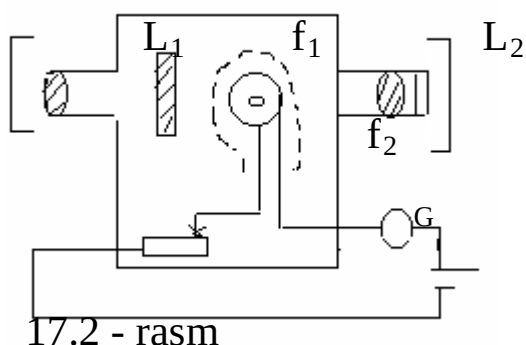
$$N = R = J^2 R_0 / S \quad (17.10)$$

J- tok kuchi, R_0 – qarshilik, S- to'la sirti

(8) va (10) ifodalarni solishtirib quyidagini hosil qilamiz.

$$\sigma = (R_0 J^2) / AS(T_1^4 - T_2^4) \quad (17.11)$$

Sxemasi 17.2-rasmda keltirilgan pirometrdan foydalanib, T_1 - harorat o'lchanadi. L_1 -linza temperaturasi o'lchanayotgan sirtning tasvirini lampa tolasini joylashgan tekislikka tushiradi. L_2 —linza esa tasvirni



kattalashtirib kuzatuvchiga yo'naltirib beradi. Haroratni o'lchash tekshirilayotgan yuza bilan lampochka tolasini nurlanishini taqqoslash yo'li bilan bajariladi. Bu asbob bilan $7000 \div 1200^\circ \text{C}$ haroratni o'lchash mumkin. Sxemadagi galvanometr haroratga darajalab qo'yilgan.

ISHNI BAJARISH TARTIBI

1. Tajriba qurilmasi va optik pirometrning tuzilishi bilan tanishiladi.
2. Pirometr volfram tola haroratini o'lchash uchun tayyorlanadi.
Buning uchun:
 - a) Pirometr tok manbaiga ulanadi.
 - b) Okulyarni siljitib cho'g'lanma chirog'i tolasining aniq ko'rinishiga erishiladi.
3. Tekshirilayotgan cho'g'lanma chiroqqa ma'lum kuchlanish beriladi.
4. Obeyktiv cho'g'lanma chiroq tolasiga to'g'irlanib, har ikki chiroqlar tolasining aniq tasviri hosil qilinadi.

5. Cho'g cho'g'lanma lanma chirog'i tolasining cho'g'lanishi o'zgartirilib, uning ravshanligi cho'g'lanma chiroq tolasining ravshanligi bilan tenglashtiriladi.

6. Cho'g'lanma chiroq tolasining harorati pirometrning galvanometri yordamida aniqlanib, Kelvin shkalasiga o'tkaziladi: $T = t + 273$. Xona harorati o'lchanadi: $T_0 = t_0 + 273$

7. Cho'g'lanma chiroq zanjiridagi ampermetr va qarshilik ko'rsatishlari yozib olinadi (0 dan 100 Om gacha).

8. $\sigma = \frac{J^2 R}{A \cdot S(T^4 - T_0^4)}$ ifodadan foydalanib Stefan-Bolsman doimiysi hisoblanadi. Bu yerda $A=0,45$ va $S=28 \cdot 10^{-6} \text{m}^2$ deb olinadi.

9. Tajriba tekshirilayotgan chiroq tolasidan o'tayotgan tok kuchining bir qancha qiymatlari uchun takrorlanadi.

10. Natijalar quyidagi 17.1- jadvalga yoziladi:

№	$J(A)$	$R(Ohm)$	$T_0(K)$	$T(K)$	$\delta = (\frac{B_r}{M^2 \cdot K^4})$	$\delta_{o'r}$	$ \Delta\delta $	$\Delta\delta_{o'r}$	$\frac{\Delta\delta_{yp}}{\delta_{yp}} \cdot 100$

NAZORAT SAVOLLARI:

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

18--LABORATORIYA ISHI

FOTOEFFEKT QONUNLARINI O'RGANISH

ISHNING MAQSADI: Vakuumli fotoelementning volt-amper xarakteristikasini o'lchash va A.G. Stoletov qonunini tekshirishdan iborat

KERAKLI ASBOBLAR: Vakuumli fotoelement, optik taglik, etalon lampa, reostat, milliampermetr, voltmeter, chizg'ich

NAZARIY QISM

Yorug'lik ta'sirida moddalardan elektronlarning ajralib chiqish hodisasi tashqi fotoelektrik effekt yoki qisqacha *fotoeffekt* deyiladi.

Agar yorug'lik ta'sirida ajralgan elektronlar moddaning ichida qolib, uning o'tkazuvchanligini oshirsa, *ichki fotoeffekt* deyiladi. Yorug'lik ta'sirida moddadan ajralgan elektronlar *fotoelektronlar* deyiladi.

Rus olimi A.G. Stoletov 1888-1890 yillari tashqi fotoeffekt hodisasini mukammal tekshirdi. Tajribalar asosida fotoeffektning quyidagi uchta qonunini aniqlang.

Bir birlik vaqt ichida moddadan ajralib chiqayotgan fotoelektronlar (to'yinish fototoki) soni unga tushayotgan yorug'likning oqimiga to'g'ri proporsional (Stoletov qonuni).

1. Har bir modda uchun shunday eng kichik yorug'lik chastotasi mavjudki, modda undan kichik chastotali yorug'lik bilan yoritilganda fotoeffekt hodisasi kuzatilmaydi. Ana shu eng kichik ν_0 chastota yoki unga mos keluvchi yorug'likning λ_0 to'qlin uzunligi fotoeffektning qizil chegarasi deyiladi. ν_0 ning qiymati moddaning turiga va sirtining holatiga bog'liq bo'ladi.

2. Moddadan chiqayotgan fotoelektronning maksimal boshlang'ich kinetik energiyasi faqat yorug'lik chastotasiga bog'liq bo'lib, yorug'likning intensivligiga bog'liq emas.

3. Fotoeffekt hodisasi batamom inersiyasiz bo'lib, moddadagi yorug'lik tushishi bilanoq kuzatiladi.

Kvant nazariyasiga binoan fotonning energiyasi yorug'likning chastotasiga proporsional.

$$\varepsilon = h\nu \quad (18.1)$$

$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ – Plank doimiysi.

Eynshteyn nazariyasiga ko'ra har bir yorug'lik kvanti faqat bittadan elektronda yutiladi. Yutilgan fotonning energiyasi ($h\nu$) moddadan elektronni tashqariga uzib chiqarishda A chiqish ishini bajarishga va unga kinetik energiya berishga sarf bo'ladi. ya'ni

$$h\nu = A + (m_0^2 c^4 / 2) \quad (18.2)$$

bu tenglik Eynshteyn tenglamasi bo'lib, fotoeffekt uchun energiyaning saqlanish qonunini ifodalaydi. Bu tenglamadan quyidagi xulosalar kelib chiqadi.

1. $h\nu > A$, bo'lganda yorug'lik kvanti moddadan elektronni tashqariga uzib chiqarishga yetarli bo'lganligi uchun fotoeffekt kuzatiladi.

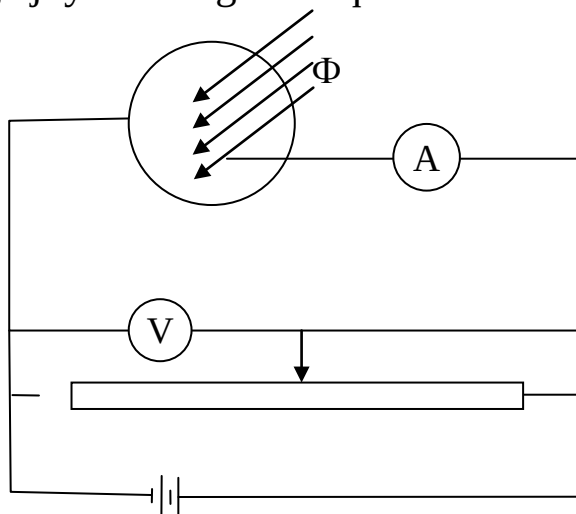
2. $h\nu > A$, bo'lganda yorug'lik kvanti elektronni metallan tashqariga uzib chiqarishga yetarli emas, shuning uchun fotoeffekt kuzatilmaydi.

3. Agar $A = h\nu_0$ bo'lsa, elektronlar metall sirtiga $\theta = 0$ tezlik bilan chiqadi. ν_0 chastota fotoeffektning qizil chegarasi deyiladi. Chunki ko'pchilik moddalar uchun ν qizil nurlar sohasiga to'g'ri keladi. Ishqoriy metallar uchun esa qizil chegara yorug'lik spektrining ko'zga ko'rinadigan qismida bo'ladi.

Ishlash prinsipi tashqi fotoeffekt hodisasiga asoslangan, ya'ni yorug'lik energiyasini elektr energiyaga aylantirib beruvchi asboblarning fotoelementlar deyiladi. Texnikada asosan vakuumli va gaz to'ldirilgan fotoelementlar ishlatiladi.

ASBOBNING TUZILISHI VA ISHLASH USULI

Bu ishda o'rganiladigan vakuumli fotoelement havosi so'rib olingan shisha ballondan iborat bo'lib, katod vazifasini ballonning ichki sirtiga surkalgan ishqoriy modda (surma, seziy) qatlami bajaradi. Ballonning markaziga joylashtirilgan halqa anod vazifasini bajaradi.



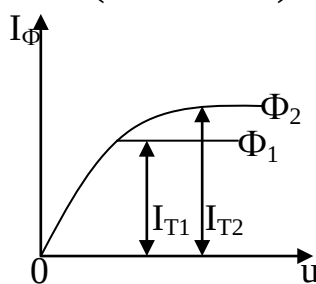
18.1-rasm

Quyidagi sxema (18.1-rasm) yordamida fotoeffektning barcha qonuniyatlarini o'rganish mumkin. Agar katod bilan anod orasiga kuchlanish berib fotokatodni o'zgarmas yorug'lik oqimi bilan yoritsak, fotoelektronlar musbat anodga tortilib, fototokni hosil qiladi.

Past kuchlanishlarda fotoelektronlarning faqat bir qismi anodga kelib tushadi, chunki katod bilan anod orasida hosil bo'lgan elektr maydoni barcha elektronlari anod tomon harakatlantirishga yetarli emas. Elektronlarning qolgan qismi katod atrofida to'planib elektron bulutni

hosil qiladi. Agar anod kuchlanishini oshirsak, katod bilan anod orasida hosil bo'lgan elektr maydonning kuchlanganligi ham oshadi. Natijada anod tomon harakatlanayotgan elektronlar soni, ya'ni anod toki ham oshib boradi, elektron bulutning miqdori esa kamayib boradi. Anod kuchlanishi ma'lum qiymatga yetgach, fotokatoddan chiqayotgan elektronlarning hammasi (katod atrofidan yitsilmasdan) to'g'ridan-to'g'ri anodga kelib tusha boshlaydi. Shundan keyin anod toki kuchlanishga bog'liq bo'lmay qoladi. Chunki fotokatoddan bir birlik vaqtda uchib chiqayotgan elektronlar soni faqat unga tushayotgan yorug'lik oqimiga to'g'ri proporsional. Hosil bo'lgan maksimal tok to'yinish *fototoki* deyiladi.

Fotoelementga tushayotgan yorug'lik oqimi o'zgarmas bo'lganda fototok bilan anod kuchlanishi orasidagi bog'lanishni ifodalovchi chiziq fotoelementning volt-amper xarakteristikasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi (18.2-rasm).



18.2-rasm

Stoletov qonuniga ko'ra to'yinish fototoki fotokatodga tushayotgan yorug'lik oqimiga to'g'ri proporsional, ya'ni

$$I_f = \gamma F$$

Bu yerda γ fototokning tabiatiga bog'liq bo'lgan proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib,

fotoelementning sezgirligi deyiladi. Sezgirlik qiymat jihatidan bir birlik yorug'lik oqimi hosil qiladigan to'yinish fototokiga teng va A/lyumen o'lchanadi.

ISHNI BAJARISH TARTIBI

1 – Vazifa. Fotoelementning volt-amper xarakteristikasini olish:

1. Elektr zanjiri 18.1-rasm asosida tuziladi.
2. Fotoelement yoritish lampasidan 20 sm masofada joylashtiriladi.
3. Sxema o'qituvchi yoki laborant tomonidan tekshirilgach, tok manbaiga ulanadi.
4. Reostat yordamida anod kuchlanishini 0 dan 120 V gacha 10 V dan oshirib, har bir kuchlanishga mos keluvchi fototokning qiymati quyidagi jadvalga yozib boriladi.

U (B)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
I _a (A)													

5. O'lchash natijalari asosida $I_a=f(u)$ funksiyaning grafigi ya'ni volt-ampere xarakteristika chiziladi.

2- Vazifa. Stoletov qonuni tekshirish va fotoelementning sezgirligini aniqlash.

1. Zanjirni tok manbaiga ulab anod kuchlanishi 100 V qilib olinadi.
2. Fotoelement bilan lampa orasidagi ℓ masofani 20 sm dan 50 sm gacha oshira borib, har 5 sm dan keyingi fototokning I_a qiymati yozib boriladi.
3. Har bir masofa uchun fotoelementga tushayotgan yorug'lik oqimi $\Phi = IS/\ell^2$ formula yordamida hisoblanadi bu yerda $I=100$ Kd (kandela) lampaning yorug'lik kuchi, $S=4$ sm² fotokatodning yuzasi.
4. Har bir holat uchun fotoelementning sezgirligi $\gamma=I_a/\Phi$ formuladan aniqlanadi.
5. O'lchash va hisoblash natijalari quyidagi jadvalga yozilib, $I_a=f(\Phi)$ funksiyaning grafigi chiziladi.

№	ℓ_{sm}	F	I_a	γ	$\gamma_{o'r}$	$\gamma_{o'r}$	$\gamma_{o'r}/\gamma_{o'r} \cdot 100\%$

3-vazifa. Fotokatod moddasi uchun fotoeffektning qizil chegara-sini aniqlash.

1. Fotoelementga to'yinish fototoki hosil qiladigan kuchlanish beriladi.
2. Yorug'lik filtrlari yordamida fotokatod sirtiga tushuvchi yorug'lik spektrni o'zgartirib, mikroampermetrning ko'rsatishi quyidagi jadvalga yoziladi.

Nurning rangi			
I_f			

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Fotoeffekt hodisasi deb nimaga aytiladi?
2. Fotoeffekt qonunlarini ta'riflang.
3. Eynshteyn tenglamasini yozib tushuntiring.
4. Fotoeffekt qonunlarini kvant nazariyasi asosida tushuntiring.
5. Fotoeffektning qizil chegarasi deb nimaga aytiladi?
6. Fotoeffektning sezgirligi deb nimaga aytiladi va u nimaga bog'liq?

7. Fotoelementning volt-amper xarakteristikasini tushuntiring.
8. Ish bajarish tartibini gapirib bering.
9. Ish qurilmasining sxemasini chizib bering.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Руководство к лабораторным занятиям по физике. Под редакцией Гольдина Л.Л. - М., Наука, 1973.
2. Юсупов А. Ва бошқалар. Физикадан практикум ишлари. Т.: Ўқитувчи, 1992.
3. Исроилов А. Физикадан лаборатория ишлари. Т.: Ўқитувчи, 1990.
4. Камолов Ж. ва бошқалар. Физикадан практикум. Электр ва оптика. Т.: Ўқитувчи, 1982.
5. Teshabonev Q.T. Atom va yadro fizikasidan laboratoriya ishlari to'plami - Т.: Universitet, 1993.
6. Жуковский Ю.Г. и др. Практикум по ядерной физике - М.: Высшая школа, 1995.
7. Проф. Иверонова В. И. Таҳрири остида. Физикадан практикум. - Т.: Ўқитувчи, 1973.
8. Сквайре Д.Ж. Практическая физика - М, 1971.
9. Xudayberganov A.M., Tursunmetov K.A. va boshqalar. Fizika I qism. Ma'ruzalar matni. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. Т.: О'qituvchi, 2002.

10. Xudayberganov A.M., Tursunmetov K.A. va boshqalar. Fizika. III qism. Ma'ruzalar matni. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. T.: O'qituvchi, 2001.

11. Savelyev I. V. Umumiy fizika kursi – M., Nauka, 1982

MUNDARIJA

FIZIK O‘LCHASH VA UNING NATIJALARINI HISOBLASH	3-12
1–LABORATORIYA ISHI. Erkin tushish tezlanishini aniqlash.....	12-17
2– LABORATORIYA ISHI. Oberbek mayatnigi yordamida qattiq jismlarning inersiya momentini aniqlash.....	17-20
3 – LABORATORIYA ISHI. Egilish usuli orqali Yung modulini aniqlash.....	21-23
4 – LABORATORIYA ISHI. Tebranma harakat qonunlarini o‘rganish	23-26
5 – LABORATORIYA ISHI. Tovushning havoda tarqalish tezligini aniqlash.....	26-33
6 – LABORATORIYA ISHI. Gazlar solishtirma issiqlik sig‘imlari nisbatini Kleman –Dezorm usuli bilan aniqlash.....	33-38
7 – LABORATORIYA ISHI. Suyuqliklarning ichki ishqalanish ko‘effitsiyentini Stoks usulida aniqlash	38-41
8 – LABORATORIYA ISHI. Elektrostatik maydonni o‘rganish.....	41-46
9 – LABORATORIYA ISHI. Kondensatorning sig‘imini Uiton ko‘prigi yordamida aniqlash	47-51
10 – LABORATORIYA ISHI. O‘tkazgichning qarshiligini o‘zgarmas tok ko‘prigi yordamida o‘lchash	51-57
11 – LABORATORIYA ISHI. G‘altakning induktivligini, to‘la kuchlanish va tok orasidagi faza siljishini, hamda muhitning magnit singdiruvchanligini aniqlash.....	57-63
12 – LABORATORIYA ISHI. Yerning magnit maydon kuchlanligi gorizonta tashkil etuvchisini Tangens galvanometer yorda-	

mida aniqlash.....	63-67
13 – LABORATORIYA ISHI. Mikroskop yordamida shisha plastinkaning sindirish ko‘rsatkichini aniqlash.....	68-70
14 – LABORATORIYA ISHI. Yorug‘likning suyuqliklarda yutilish koeffitsiyentini aniqlash.....	71-76
15 – LABORATORIYA ISHI. Difraksion panjara yordamida yorug‘likning to‘lqin uzunligini aniqlash.....	76-81
16 – LABORATORIYA ISHI. Malyus qonunini o‘rganish.....	81-84
17 – LABORATORIYA ISHI. Stefan-Bolsman doimiysini aniqlash.	84-87
18 – LABORATORIYA ISHI. Fotoeffekt qonunlarini tekshirish.....	87-91
Foydalanilgan adabiyotlar.....	92
Mundarija.....	93-94