

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

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

KASB TA'LIM KAFEDRASI

**«FIZIKA» FANIDAN
O'QUV USLUBIY MAJMUA**

Bilim sohasi: **100000 – Xizmatlar**

Ta'lif sohasi: **1020000 – Gigiyena va ishlab chiqarishda mexnat
muxofazasi**

Ta'lif yo'nalishlari: **61020100 – Hayot faoliyat xavfsizligi**

NAMANGAN -2023

O‘quv uslubiy majmua Namangan davlat universiteti Kengashining 2023 yil
30 avgustdagi 1-sonli yig‘ilishi bayonnomasida tasdiqlangan fan dasturi asosida
ishlab chiqilgan

Tuzuvchi:

U.Boboho’jayev. NamDU fizika kafedrasi dosenti, f-m.f.n.

Taqrizchi:

SH.Inoyatov NamDU fizika kafedrasi dosenti, PhD

Fanning o‘quv-uslubiy majmuasi Namangan davlat universiteti Fizika fakulteti Fizika o’qitish metodikasi kafedrasida muhokama qilingan hamda fakultet ilmiy kengashi tomonidan ko‘rib chiqish uchun tavsiya etilgan (2023-yil 28-avgustdagi 1- sonli bayonнома)

Kafedra mudiri:

Sh.Inoyatov

Fanning o‘quv uslubiy majmuasi Namangan davlat universiteti Fizika fakulteti ilmiy kengashi tomonidan ko‘rib chiqilgan va foydalanishga tavsiya etilgan (2023-yil 29-avgustdagi 1- sonli bayonнома)

Fakultet dekani:

O.Ismanova

MUNDARIJA

1. Ma'ruzalar matni
2. Amaliy mashg'ulotlar
3. Laboratoriya mashg'ulotlar
4. Mustaqil ta'lif mashg'ulotlari
5. Glossariy
6. Ilovalar:
 - fan dasturi;
 - ishchi fan dasturi;
 - tarqatma materiallar;
 - testlar;
 - ishchi fan dasturiga muvofiq baholash mezonlarini qo'llash bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar;

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA'LIM,
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
KASB TA'LIM KAFEDRASI

FIZIKA KURSI

«FIZIKA» FANIDAN

MA'RUZALAR MATNI

NAMANGAN 2023 y.

Ma’ruza mashg’ulotlari

Asosiy nazariy qisim (ma’ruza mashg’ulotlari)

1-Mavzu. “Fizika” fani bo'yicha tushuncha. Kinematika asoslari.(2)

Reja

1. Fizika fanining tarixi, fizika fanining boshqa fanlar bilan aloqasi.
2. Fizika fanning texnika tarraqiyotiga qo'shgan xissasi.
3. Fizik kattaliklarning o'lchov birligi. Fizika fani uning nazariy va eksperimental tadqiqot uslublari
4. Kinematika elementlari. Xarakat bir tomonga yo'nalgan kinematika.
5. Ko'chishning o'rtacha tezligi. Oniy tezlik. Tekis tezlanuvchan xarakat.
6. Ikki va uch o'lchovli kinematika.
7. Tekis va notejis aylanma xarakat.

Tayanch iboralar: fizika,mexanika, ko'chish, yo'l, SI,tezlik,harakat.

Fizika so'zi yunoncha „physis“—tabiat so'zidan olingen bo'lib, uning qonunlari barcha tabiatshunoslik bilimlarining asosida yotadi. Shuning uchun ham uni uzoq vaqt tabiat falsafasi deb ham ataganlar.

Tabiat qonunlarini chuqur o'rghanish bizni o'rab turgan dunyo materiyaligini, ya'ni bizning ongimizdan tashqarida ham mavjudligini ko'rsatadi. Bizni o'rab turgan barcha mavjudot va bizning o'zimiz ham, jumladan, fizikada ko'p foydalilanligi modda va maydon ham materianing ajralmas qismlaridir. Materiya doimo harakatda bo'ladi, ya'ni vaqt o'tishi bilan ularning o'zaro joylashuvi, shakli, o'lchamlari, agregat holati, fizik va kimyoiy xossalari o'zgarib turadi. Harakat materianing ajralmas xossasi va mavjudlik shartidi

Fizikamateriya harakatining eng sodda ko'rinishlari va tabiatning ularga mos eng umumiylarini, materianing xossalari, tuzilishi haqidagi fandir. Fizikaviy qonunlarning birligi, olamning moddiyiligi atrofimizdagи jismlar makroolamni tashkil etadi. Makroolamni tavsiplaydigan klassik fizikada materiya ikki shaklda – modda va maydon ko'rinishida mavjud deb hisoblanadi. Materiya makon va zamonda mavjud bo'ladi. Fizika tajribaviy fan bo'lib, uning qonunlari tajriba natijalariga asoslanadi. Tajriba ma'lum qonunlarni tekshirish va yangi natijalarni aniqlash uchun o'tkaziladi. Nazariya esa topilgan natijalarga tayanib tabiat qonunlarini shakllantiradi, ma'lum hodisalarini tushuntiradi va ba'zan yangi hodisalarini bashorat qilad. Tirik biologik va o'simlik ob'ektlari aniq qonuniyat bo'yicha rivojlanadi. Hayot fizi连asi - biofizika turli xil mutaxassislarini diqqatini o'ziga keng qamrovli jalb qiladi: biologik ob'yektlarda sodir bo'ladigan jarayonlar juda murakkabdir, ammo bu jarayonlarni, fizika o'rghanadigan materiya harakatining eng sodda shakllari yig'indisidan iborat deb qarash mumkin. O'lchash - deb o'lchanayotgan kattalikni shu kattalik bilan bir jinsli bo'lgan va uning birligi qilib qabul qilingan etalon qiymati bilan taqqoslashga aytildi. Biror kattalikning o'lchangan qiymati, uning haqiqiy qiymatidan farq qiladi. Biroq kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqinlashish uchun barcha ayrim o'lchashlarda topilgan natijalarning o'rtacha arifmetik qiymati

hisoblanadi va bu o`rta qiymat o`lchanayotgan natijalarga nisbatan eng yaqin bo`ladi). Suvning uchlanma nuqtasini xarakterlovchi termodinamik temperaturaning 1/273,16 ulishi 1 Kelvin deb qabul qilingan.

Modda miqdori, Mol (Mol). Uglerod – 12 ning 0,012 kg massasidagi moddaning miqdori 1 mol deb qabul qilingan.

Yorug'lik kuchi, kandela (kd). 540 (1012 Gts chastotali monoxromatik nurlanish chiqarayotgan manba yoruligining energetik kuchi 1/683 Vt/Sr ga teng bo`lgan yo`nalishdagi yorulik kuchi 1 kandela deb qabul qilingan.

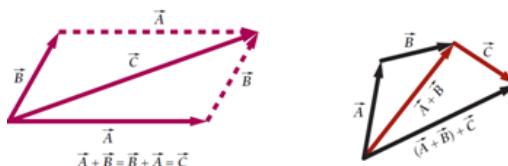
O`o'shimcha birliklar:

Yassi burchak, radian (rad). Aylanada uzunligi radiusga teng bo`lgan yoyni ajratadigan ikki radius orasidagi burchak 1 radian deb qabul qilinadi.

Fazoviy burchak, steradian (sr). Uchi sfera markazida joylashgan va shu sfera sirtidan radius kvadratiga teng yuzli sirtni ajratuvchi fazoviy burchak 1 steradian deb qabul qilingan.

O'lchashlar va vektorlar

Fizik kattaliklar ikki xil bo`ladi: vektor va skalyar fizik kattaliklar. Faqat son qiymati bilan aniqlanadigan fizik kattaliklar skalyar kattaliklar deyuladi. Nafaqat son qiymati balki yo`nalishi bilan ham xarakterlanadgan kattaliklar vektor kattaliklar deyildi. Vektor kattaliklar ning yo`nalishini aniqlashda vektorlar ustida bajariladigan amallardan foydalaniлади. Masalan A va B vektorlarni yig`inisi C vektorni beradi. A, B va C vektorlar esa $(\vec{A} + \vec{B}) + \vec{C}$ ni tashkil etadi.



1.1-rasm. Vektorlarni qo'shish

Jismalarning o`zaro ta'sirini va mexanik harakatqonuniyatlarini o`rganish bilan shug`ullanuvchi fizikaning bo`limini **mexanika** deyiladi.



1.2-rasm. (Jismlarning o`zaro ta`sirini va mexanik harakat)

Jism yoki jism qismlarining o`zaro joylashuvining o`zgarishi tabiatdagi harakat turlaridan biri ya`ni mexanik harakatdir.

Shunga ko`ra mexanik ta`sir ostidagi jism deganda unga boshqa jismlarning ta`sirini ya`ni ko`rilayotgan jismning mexanik harakat holatini o`zgarishi yoki uning deformatsiyalanishi – uning qismlarini o`zaro joylashuvini o`zgarishi tushuniladi. Tez harakatlanuvchi jismning relyativistik mexanikasidan farqli kichik tezlik bilan (yorug'likning vakuumdagi tezligi $c=3 \cdot 10^8$ m/s ga solishtirilganda) harakatlanuvchi jism mexanikasi klassik mexanika deyiladi. Klassik mexanika asoslarini I.Nyuton ishlab chiqdi. Shuning uchun uni odatdagidek Nyuton mexanikasi deyiladi. Nyuton mexanikasi moddiy nuqta maexanikasi deb ham yuritiladi.

Moddiy nuqta deb, berilgan masala uchun shakli va o'lchamlarini e'tiborga olmasa ham bo'ladigan jismga aytildi.

Birdan-bir va o'sha jismni bitta masala uchun moddiy nuqta deb hisoblash mumkin, boshqasi uchun mumkin emas. Masalan, Yer va boshqa planetalarning Quyosh atrofidagi harakat traektoriyasini ko`rilayotganda Yer va boshqa planetalarni moddiy nuqta deb qarash mumkin, chunki planetalar o'lchami uning orbitalarini o'lchamidan kichik.

Absolyut qattiq jism deb, xoxlagan ikki nuqtasi orasidagi masofa doimo o`zgarmay qoladigan jismga aytildi. Bu modellardagi ko`rilayotgan masalalarda jism boshqa jismlar bilan o`zaro taosirlashganda deformatsiya juda ham kichik bo'lgan hollarda foydalilanildi.

Hamma jismlar mavjud hamda fazo va vaqtida harakatlanadi. Fazo va vaqt tushunchasi hamma tabiiy fanlarning asosini tashkil qiladi. Har qanday jism xajmga ya`ni fazoviy ko`lamga ega. Vaqt-har qanday jarayon va harakat holatining o`zgarishini tartibga keltiradi. U jarayonning davomiyligini o`lchovi bo`lib xizmat qiladi. Shunday qilib, fazo va vaqt xususan materiyaning umumiy shaklini mavjudligini ifodalaydi. O`rganilayotgan jismning holatini ihtiiyoriy vaqt momentida bir xil mazmunda aniqlash uchun sanoq tizimini tanlab olishimiz zarur.



1.3-rasm Sanoq sestemasi tasvirlangan

Sanoq tizimi deb, koordinatalar tizimi soat bilan taminlangan hamda absolyut qattiq jism bilan qattiq bog`langan va unga nisbatan vaqtning har xil momentlarida boshqa jismlarning holatlarini aniqlaydigan tizimga aytildi.

1.3-rasm (sanoq sestemasi tasvirlangan) Buning uchun soat o`rnida vaqtini o`lchaydigan yoki, aniq hodisalar oraligidagi vaqtini o`lchashda har qanday qurilmalardan foydalanish mumkin, shu kabi unga teng kuchli bo`lgan vaqtida sanoq boshini ihtiyyoriy tanlash mumkin. Npyuton mexanikasida fazoning xossalari Yevklid geometriyasi bilan tavsiflanadi, vaqt o`tishi esa hamma sanoq tizimlarida bir xil deb taxmin qilinadi. Bundan buyon Yer bilan qattiq bog`langan sanoq tizimini Yer yoki laboratoriya deb ataymiz.

Mexanik harakat. Moddiy nuqta. Sanoq sistemasi. Harakati o`rganilayotgan jismning kattaligi va shakli kuzatilayotgan sharoitda hech qanday axamiyatga ega bo`lmasa, bunday jism moddiy nuqta deb qaraladi.

Sanoq sistemasi . Istalgan bir jismning harakati boshqa bir jismga yoki bir-birlariga nisbatan olib o`rganiladi. Sanoq sistemasi sifatida biror qattiq jism bilan bog`langan, o`zaro bir-birlariga tik bo`lgan 3 ta o`qdan iborat bo`lgan dekart koordinatalar sistemasi qo'llaniladi. Bunday sanoq sistemasi moddiy nuqta deb qaralishi mumkin bo`lgan jismning istalgan vaqda fazodagi o`rnini to`la aniqlash imkonini beradi. Nuqtaning fazodagi o`rnini X,Y va Z koordinatalari orqali aniqlanadi.

Mexanika deb materiyaning eng sodda harakati jismlarning yoki ular qismlarining bir-biriga nisbatan ko`chishi haqidagi ta`limotga aytildi.

Har qanday jismning fazodagi vaziyati sanoq sestemasi deb ataluvchi boshqa jism yoki jismlar sistemasiga nisbatan aniqlanadi.Jismlarning sanoq sistemasiga nisbatan qilgan harakatiga nisbiy harakat deyiladi.

Jismlarning harakati ham tinch holati ham nisbiydir.

Moddiy nuqta deb, tekshirilayotgan masofaga nisbatan ulchamlari juda kichik va shakli hisobga olinmasa ham bo`laveradigan jismlarga aytildi.

Harakatlanayotgan moddiy nuqtaning fazoda qoldirgan iziga harakat trektoriyasi deyiladi.

Harakatning trayektoriyasi shakliga qarab to`g`ri chiziqli va egri chiziqli harakatlarga ajraladi.Moddiy nuqtaning biror vaqt oraliq`ida har xil masofalar o`tiladigan trektoriyasining uzunligi o`tilgan yo`l deyiladi.

Harakat trektoriyasining bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga yo`nalgan kesmadan iborat bo`gan vektor kattalikka ko`chish deyiladi.Moddiy nuqtaning teng vaqlar qralig`ida o`tgan masofasiga qarab harakatlar tekis va notekis harakatlarga

ajraladi. Tekis harakat deb teng vaqtlar oralig'ida bir xil masofalar o'tiladigan harakatga aytildi. Notekis harakat deb, teng vaqtlar oralig'ida har xil masofalar o'tiladigan harakatga aytildi.

O'lchami hisobga olinadigan jismning harakatini, bu jismni tashkil qilgan moddiy nuqta deb qaraladigan elementlar bo'laklar harakatining yig'indisidan iborat deb qarash mumkin.

Harakatning asosiy xarakteristikalari: Tezlik. Tezlanish

Jismlardagi nuqtalarning bir-biriga nisbatan ko'chishga qarab, jismning harakati ilgarilanma va aylanma harakatlarga ajraladi. Ilgarilanma harakat deb, jismdagi ixtiyoriy ikki nuqtasini birlashtiruvchi ixtiyoriy to'g'ri chiziq o'z-o'ziga parallelligicha qoladigan harakatga aytildi. Aylanma harakat deb, jismning barcha nuqtalari parallel tekisliklarda markazlari bir to'g'ri chiziqda yotgan aylanalar chizadigan harakatga aytildi.

Mexanika uch qismga bo'linadi: kinematika, dinamika, statika. Harakatning uni sabablarisiz tekshiradigan mexanikaning bo'limiga kinematika deyiladi.

Kinematikaning asosiy vazifasi vaqt o'tishi bilan jism vaziyatining fazodagi o'zgarishidan iborat bo'lgan harakat troektoriyasini aniqlashdan iborat.

To'g'ri chiziqli tekis harakat deb, teng vaqtlar oralig'ida bir xil masofani o'tgan va troektoriyasi to'g'ri chiziqdan iborat bo'lgan jism harakatga aytildi. To'g'ri chiziqli tekis harakat tezlik deb ataluvchi kattalik bilan harakatlanadi va quyidagi formulada hisoblanadi.

$$V = \frac{S}{t} \quad (1.1)$$

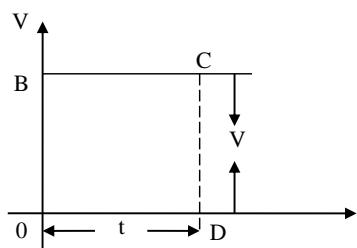
Demak, tezlik deb vaqt birligi ichida o'tilgan yo'lga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytildi. Bu harakatda

$$V = \text{const} \quad (1.2)$$

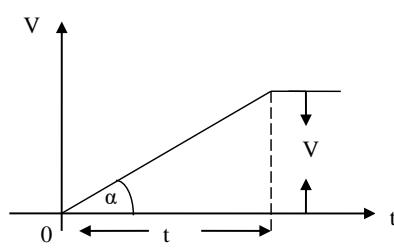
To'g'ri chiziqli tekis harakatning asosiy teglamasi quyidagicha bo'ladi.

$$S = Vt \quad (1.3)$$

Demak to'g'ri chiziqli tekis harakatda yo'l (argument) vaqtning chiziqli funksiyasidir. Tekis harakatning tezlik va yo'l grafigi quyidagicha



1.4-rasm to'g'ri chiziqli tekis harakat



1.5-rasm to'g'ri chiziqli o'zgaruvchan harakat

(1.4-rasm) To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat deb, trayektpriyasi to'g'ri chiziqdan iborat bo'lgan va teng vaqtlar oralig'ida har xil masofalar o'tiladigan harakatga aytildi. U quyidagi formuladan foydalanib aniqlanadi.

$$V_{o'r} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Har qanday o'zgaruvchan harakat o'rtacha oniy tezliklar bilan harakterlanadi.

O'zgaruvchan harakatning o'rtacha tezligi deb, ma'lum vaqtda o'tilgan yo'lni shu vaqt ichida tekis harakat bilan bosib o'tilgan harakat tezligiga aytildiBunda: $t_1 = t_2 = \dots = t_n = \frac{t}{n}$; $V_{o'R} = \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_n}{n}$; $S = V_{o'R} * t$ bo'ladi.

O'zgaruvchan harakatning oniy tezligi deb, harakatning ma'lum bir paytiga yoki troektoriyasi to'g'ri chiziqdan iborat va troektoriyasining aniq bir nuqtasiga mos kelgan tezlikka aytildi,ya'ni $V_{oNY} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$

Harakat tezligining o'zgarishi tezlanish deb ataluvchi fizik kattalik bilan harakterlanadi.

To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat tezlanishi deb vaqt birligi ichida tezlikning miqdor jihatdan o'zgarishiga teng bo'lgan fizik kattalikka aytildi, ya'ni;

$$\alpha = \frac{V_t - V_0}{t}$$

$$V_t = V_0 \pm \alpha t$$

Bunda:
 $\alpha > 0$ bo'lsa, tekis tezlanuvchan harakat,

$\alpha < 0$ bo'lsa tekis sekinlanuvchan harakat bo'ladi.

Tekis o'zgaruvchan harakat grafigi quyidagicha (1.5 rasm)

Tekis o'zgaruvchan harakatda yo'l formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$S = V_0 t \pm \frac{\alpha t^2}{2} \text{ agar tezlikka} \quad V_{o'R} = \frac{V_0 + V_t}{2} \text{ deb olsak} \quad S = V_{o'R} * t = \frac{V_0 + V_t}{2} t$$

bo'ladi. Vertikal harakatda yo'l (balandlik) quyidagicha bo'ladi

Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakati. Moddiy nuqta deb xisoblanishi mumkin bo'lgan jism tezligining harakat davomida faqat miqdori (qiymati) o'zgarib, yo'nalishi esa uzgarmasdan qolsa, bunday harakat trayektoriyasi to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi va uni to'g'ri chiziqli harakat deb ataladi. Agar harakat davomida $\alpha = \text{const}$ va u musbat ishorali bo'lsa, tezlik va tezlaish yo'nalishi bir xil bo'ladi va $v = v_0 + at$ ko'rinishda yoziladi. Vaqt o'tishi bilan tezlik qiymati bir xilda ortib boradi. Bunday harakatni tekis tezlanuvchan harakat deyiladi.

Aks xolda, a - manfiy ishorali, demak, tezlik va tezlanish qarama-qarshi yo'nalishda bo'lsa, harakat tekis sekinlanuvchan harakat deyiladi. Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatida yo'l formulasi

$$q'uyidagicha ifodalanadi: \quad S = v_0 t \pm \frac{at^2}{2} \quad (1.4)$$

Nazorat savollari

- 1.Fizika qanday fan? Fizikani rivojlanish tarixi qanday?
- 2.Fizikaning boshqa fanlar taraqqiyotidagi ahamiyati qanday?
- 3.Fizika fanining fan va texnikadagi ahamiyati qanday? Fizika fanining kelajagi haqida nimalar deya olasiz?
- 4.Qanday nazariyotsi va eksperimentatorlarni bilasiz?
- 5.Nazariy fizika alohida fan sifatida qachon va kim tomonidan nazariyaga aylantirildi? Nazariy fizikaning bosh taraqqiyot yonalishlarini sanab öting?
- 6.Qanday nazariyotchi va eksperimentatorlarni bilasiz?
- 7.Nazariy fizika alohida fan sifatida qachon va kim tomonidan nazariyaga aylantirildi? Nazariy fizikaning bosh taraqqiyot yonalishlarini sanab öting?
- 8.Eksperimental fizikaning texnikaga munosabati qanday ekanligini tushuntiring. Qanday eksperimental metodlarni bilasiz?
- 9.Moddiy nuqtaga ta'rif bering? Sanoq sistemasi deb nimaga aytildi?
- 10.Trayektoriya, ko'chish va yo'l deb nimaga aytildi?
- 11.Tezlik qanday fizik kattalik? Tezlanishni tushintiring.
- 12.Tezlik va tezlanish birliklari qanday aniqlanadi?
- 13.Siljish masofasi va radius vektor o'zgarishi qanday?

2-mavzu. Dinamikaning asosiy qonunlari (2) Reja

- 1.Butun olam tortishish qonunlari. Gravitatsion va inert massalari.
- 2.Sun'iy yo'ldoshlar va vaznsizlik. Kepler qonunlari.
- 3.Kuch. Masa, zichlik, xarakat miqdorlari xaqida tushuncha.
- 4.Nyuton qonunlari va ularning tadbiqi.

Tayanch iboralar: butun olam tortishish qonuni, gravitatsiya, kepler qonunlari, kuch, massa, zichlik.

Tortishish kuchi- tabiatda eng buyuk kuch. Inson xayoti bu kuchga chambarchas bog`liq. Tog jinslarini birlashishi, planeta suvining yigilishi, dengiz va okeanlarning paydo bo`lishi, yerning moviy atmosferani ushlab turishi va x. k. lar tortishish kuchi tufaylidir. Bu kuch bo`limganda edi, planetalardan tortib, mayda osmon jismlari-meteor, asteroidlar xam koinot korongiligiga sochilib ketardi, - umuman koinotning tuzilishi buzilib ketardi. Butun olam tortishish qonuni shunday ta`riflanadi: Jismlar bir-biri bilan massalarining kupaytmasiga to`g`ri proporsional, oralaridagi masofaning kvadratiga teskari proporsional bulgan kuch bilan tortishadi:

$$F = G \frac{mM}{R^2} \quad (2.1)$$

bu yerda $G=6$, $62 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ - butun olam tortishish doimiysi bo`lib, uning fizik ma`nosi: massalari 1 kg dan bulgan jism 1 m masofada $6,62 \cdot 10^{-11} \text{ N}$ kuch bilan ta`sirlashadi. Bundan kurinadiki, mikrojismlar orasidagi tortishish kuchi juda kichik bo`lib, aksincha koinot jismlari orasida katta bo`ladi. Butun olam tortishish qonuni ikki jism orasidagi tortishish kuchini ifodalab kolmasdan, xozirgi zamon kosmologiyasi asosi-olamimizning o`zgaruvchanligini xam kursatib beradi. Xakikatan Butun olam tortishish qonunidan jismlar o`zarlo ta`sirlashib $a=GM/R^2$ tezlanish oladi. Xar qanday galaktikalar R masofada turib nisbiy manfiy a -tezlanishiga ega bo`ladi: bu koinotni ugaruvchanligini bildiradi. Xakikatan, osmon jismlari bir-biriga yakinlashib - uzoklashganda ularning tezlanishi uzgaradi, natijada ularning zichligi uzgaradi. N yuton uz nazariyasida buni nazarda tutmagan edi. Bizning asrimizga kelib bu xodisa tasdiklangan. Bu nazariyaga asosan qandaydir $t=0$ vaqtida Koinot bir joyga tuplangan va juda katta zichlikka ega bulgan. "Katta portlash" dan keyin Koinot kengayishi boshlangan va bu narsa xozir xam davom etmokda. yer sirtidagi jism uchun (4) formulani quyidagicha yozish mumkin:

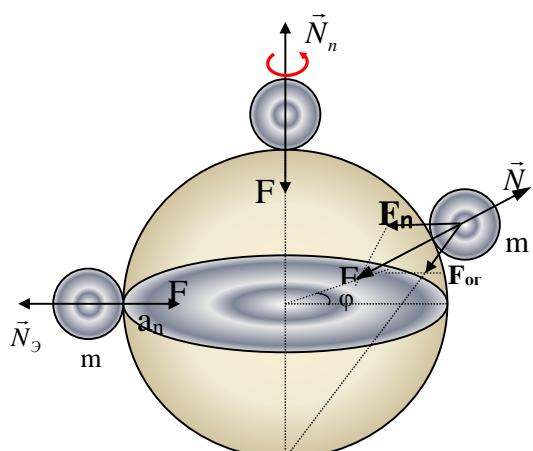
$$F=ma=G \frac{mM_{ep}}{R_{ep}^2} \quad (2.2)$$

(2.2) dan $a = g = G M_{er} / R_{er}^2 \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ Bu tezlanish erkin tushish tezlanish deyiladi.

Og'irlik kuchi, yerning (Mars, Oy...) tortishi tufayli yuzaga keladigan kuch ogirlik kuchi deb ataladi. Ogirlik kuchi yer kutblari va ekvatordan tashqari, yer sirtining xamma nuqtalarida tortishish kuchi bilan mos tushmaydi (2.1-rasm). Buning sababi yerning uz uki atrofida aylanishidir. Ekvatordagi m_1 jism uchun N° yuton ikkinchi qonunining kurinishi: $F = N_E = m_1 a$

2.1-Rasm

Ularning proektsiyalari $F - N_e = m_1 a_n$ yoki $N_e = F - m_1 a_n N_e = F_{og}$ ligidan
 $F_{og} = F - m_1 a_n$
 Kutblarda $a_n = 0$. Unda $F - N_n = m_1 a_n = 0$ Shunga uxshash



$F = N_n = F_{og}$ Shunday qilib kutblarda $F = F_{og} = m_I g$ F kuchga ma_p kushimcha unchalik katta emas. Shuning uchun $F_{og}=F=mg$

Noinertsial sanoq sistemalari. Inertsiya kuchlari

N'yuton qonunlari xamma sanoq sistemalarida xam bajarilavermaydi. Bu qonunlar fakat inertsial sanoq sistemalarida to`g`ri bo`ladi. Kuyosh bilan boglangan sistemani inertsial deyish mumkin. Xamma inertsial sistemalar bir-biriga nisbatan tekis xarakat kiladi yoki tinch xolatda bo`ladi. Inertsial sistemalarga nisbatan tezlanish bilan xarakatlanadigan sistemalar noinertsial sistemalar deyiladi. Noinertsial sistemalar mexaniqasiga misol tarikasida tezlanish bilan xarakatlanadigan poezdni kurib chikamiz. Poezd ichidagi narsalar xech qanday kuch ta`sir etmasada tezlanish oladi, yuklar kuyilgan joyidan tushib ketadi, yulovchilar vagon devoriga sikiladi va x. k. Noinertsial sanoq sistemasiga N'yutonning ikkinchi qonunini tadbiq etish uchun inertsiya kuchi deb ataluvchi kushimcha kuchlar kiritiladi. Noinertsial sanoq sistemasining ixtiyoriy xarakatida va bu sistemadagi jismlarning xarakatiga inertsiya kuchining ta`sirini xisoblash ancha murakkab masala. Shuning uchun oddiyrok misol kuramiz. Noinertsial sanoq sistemasidagi tinch turgan jism inertsial sanoq sistemasiga nisbatan to`g`ri chiziqli o`zgarmas tezlik bilan xarakat qilayotgan bo`lsin (2.1-rasm).

Mayatnik urnatilgan aravacha to`g`ri chiziqli tekis tezlanuvchan xarakat qilayotgan bo`lsin. Bunda mayatnik α burchakka ogadi. Inertsial sanoq sistemasida turgan kuzatuvchi (yul chetida turgan odam) mayatnikka mg ogirlik kuchi va F_t taranglik kuchi ta`sir etayapti deb xisoblaydi.

Bu kuchlarning teng ta`sir etuvchisi:

$$F = F_t = mg = ma$$

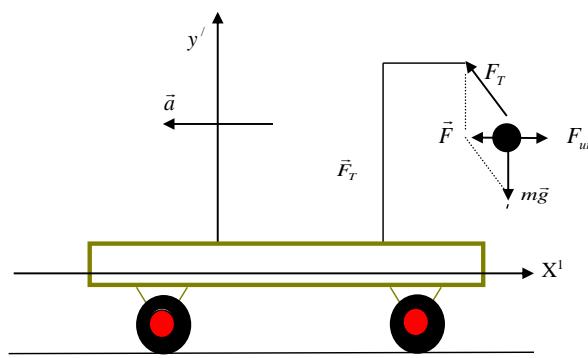
Noinertsial sanoq sistemasida turgan kuzatuvchi (aravachadagi odam) mayatnik ∞ burchakka ogishini sezadi. Bu kuzatuvchi N yuton qonunlarini kullash uchun uchinchi kuchni kiritishga majbur bo`ladi:

$$F_{in} = -ma \quad (7)$$

Shunday qilib, inertsiya kuchi jism massasi bilan tezlanishining

kupaytmasini teskari
ishorasi bilan olingan
qiymatiga teng.

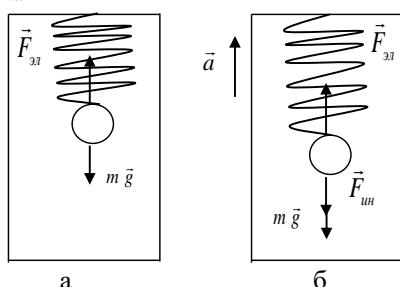
2.2-rasm



Demak
noinertsial sanoq
sistemasidagi jismga
uchta kuch: ogirlik
kuchi, taranglik kuchi
va inertsiya kuchi
ta`sir etib, ularning
vektor yigindisi nolga

teng, shuning uchun N yutonning ikkinchi qonuniga asosan bu sistemada jism tezlanishga ega emas. Boshqa misol kuramiz: Lift shiftiga prujinaga biriktirilgan m massali jism osib kuyilgan. Lift yukoriga a -tezlanish bilan kutarilayapdi. "Xarakatsiz" kuzatuvchi (inertsial sanoq sistemasi) jismga ogirlik kuchi va elastik kuchi ta`sir etadi deb xisoblaydi (2.3-rasm). N yutonning ikkinchi qonuniga asosan

$$F_{el} - mg = -ma$$



2.3 - rasm

"Xarakatdagi" kuzatuvchi jismga uchta kuch: mg , F_{el} va F_{in} kuchlari ta`sir etishini sezadi. Bu sistemaga nisbatan jism tinch xolatda bulgani uchun :

$$mg = F_{el} = F_{in} = 0$$

Ularning proektsiyalari

yoki

$$-mg = F_{el} - F_{in} = 0$$

$$mg = F_{in} = F_{el}$$

Agar jism aylanayotgan noinertsial sistemada xarakat qilayotgan bo`lsa (7) ni qo'llab bo`lmaydi. Inertsiya kuchi va tortishish kuchi ekvivalent bo`lib, ularning fizik ma`nosi bir xil. Bu narsa 1915 yilda A. Eynshteyn tomonidan yaratilgan nisbiylik nazariyasining printsiplaridan biridir.

Jismning ogirligi. Vaznsizlik va yuklanish

Jismning ogirligi. yerning tortishi tufayli jismning tayanchga yoki osmaga beradigan ta`siri uning ogirligi deb ataladi. Agar jism yerga nisbatan tinch xolatda yoki to`g`ri chiziqli tekis xarakat qilayotgan bo`lsa, jismning ogirligi ogirlik kuchiga teng bo`ladi. Demak jismning ogirligi tortishish kuchidan tashqari tayanch yoki osmaning tezlanishiga xam bog`liq. Jismning ogirligi jismning massasi yoki turar joyi bilan aniqlanmaydi. 2.3b-rasmdan ma'lum bo`ladiki, jismning ogirligi quyidagiga teng bo`ladi:

$$P = F_{in} = mg \quad (1)$$

Vaznsizlik. Agar jism tayanchi bilan pastga xarakat qilayotgan bo`lsa, unda $F_{in} = -mg$

muvofik ravishda $P = -mg = mg \quad (2)$

Jismning ogirligi nolga teng, ya`ni jism tayanchiga ta`sir etmaydi. Bunday xolat vaznsizlik deyiladi. Masalan, jism uzini tayanchi bilan erkin tushsa vaznsizlik xolati yuzaga keladi. yer sharoitida vaznsizlik xolatiga quyidagilar misol bo`ladi:

- a) "vaznsizlik kutarma" larida (tekshirish asboblari bilan baland kurilmadan erkin tushuyotgan konteyner);
- b) Maxsus traektoriya ("Kepler tepaliklari") bilan uchayotgan samalyotlarda;
- v) Atmosferaning siyraklashgan katlamlariga chikarilgan raketalarda, bunda dvigatel uchirib kuyiladi va raketa erkin tushish xolatiga utadi;
- g) Immersiya - zichligi jism zichligiga teng bulgan suyuklikka jism chuktirish.

Bunda jismning ogirligi Arximed kuchiga teng bo`lib kolib, vaznsizlik xolati yuzaga keladi va jism istalgan yunalishda erkin kucha oladi. Mana shu narsani nazarda tutish kerakki, gidrovaznsizlik xakikiy vaznsizlikdan suyuk muxitni jismga beradigan karshiligi bilan fark kiladi.

Vaznsizlikni uziga xos modellaridan biri antiortostatistik xolat - bunda yotgan odam yukori kismi gorizontal chizikdan pastda joylashadi. Tajribalar "bosh bilan pastga" xolatiga ogish burchagi 4 min. 30^0 tashkil etadi. Ogish kancha katta bo`lsa, vaznsizlik shuncha kupayadi. Tekshirishlar shuni kursatadiki, 15 minut 30^0 burchak ostida turish odamni vaznsizlik xolatiga chidamliligini oshiradi.

Inson bir vaqtning uzida xam ogirlik kuchi, xam tayanch reaksiyasi ta`srida dunyoga keladi, yashaydi. Vaznsizlik xolatida tayanchning bulmasligi odam va xayvonlar tanasi fizologiyasida uzgarishlarni yuzaga keltiradi. Vaznsizlik xolati odamning kurish, teri va muskul sezgilari va boshqa faoliyatlariga uz ta`sirini kursatadi. Bu xolatda odam yiqilayotgan yoki boshi past xolda uchayotgandek sezadi. Vaznsizlik xolatida kon xam vaznsiz bo`ladi. Natijada konning kayta

taksimlanishi paydo bo`ladi: tananing pastki kismidan yukoriga karab intiladi. Aylanayotgan kon boshqaradigan xajm va bosim odam nerv sistemasiga ta`sir kiladi. Kon aylanish kamayadi, natijada buyrak kup suv ishlab chiqadi. Shu bilan birga chankoklik kamayadi - suvning manfiy balansi sodir bo`ladi. Vaznsizlikda yuzaga keladigan fiziologik xolatlardan biri suyak va muskullar yuklanmaydi. Odam yurmaydi, fakat kosmik kema ichida suzadi. Kema ichida xarakat kilish uchun oyokdan kura kollar kuprok ishlaydi. Vaznsizlik xolatida yashash uchun kosmonavtlar albatta maxsus mashklardan utadi.

Yuklanish. Ogirlik ogirlik kuchidan katta bulganda yuklanish yuzaga keladi. Noinertsial sanoq sistemalarida (1) ni xisobga olgan xolda yozish mumkin:

$$|F_{in}| = mg$$

Odatda yuklama quyidagi munosabatdan topiladi:

$$\eta = |F_{in}| / (mg) = |-ma| / (mg) \quad (3)$$

Masalan, agar noinertsial sistema $a = -4g$ tezlanish bilan xarakat kilsa, yuklanish 5 ga teng bo`ladi (beshkarra yuklanish). Yuklanish vaqtida kon aylanish sekinlashadi. Xakikatan, odam yuragi satxida kon bosimi 0, 12 atm. tashkil etadi. Bosh yurakdan 30 sm balandlikda joylashgani uchun 4g tezlanishda bu kon boshga yetib keladi. 8g tezlanishda kon aylanishini ta`minlab turishi uchun yurak bosimini ikki marta oshirish zarur bo`ladi. Tananing "yoq-bosh" yunalishida 5g yuklanishda kon shunchalik ogirlashadiki, yurak konni boshga yetkazib bera olmaydi. Bu xolda odam kuz oldida "qora parda" (kuz oldi qorayadi) sezadi va xushidan ketadi. Agar tezlanish "bosh-oyok" yunalishda yuzaga kelsa, kuzlar oldida "kizil parda" paydo bo`ladi va boshga kon kuyilishi yuzaga kelib, xushidan ketadi. Kosmik kemaning uchish vaqtidagi yuklanishi taxminan 5 s davomida 7g - 8g ni tashkil etadi. 10g dan katta yuklanishlar kosmik kemalari tushishida, tez uchar samolyotlarning yunalishini birdaniga uzgartirishida, avtomobil xalokati vaqtida yuzaga keladi. Avtomobil xalokati vaqtida yuklanish 30g dan kichik bo`lsa, odam tirik kolishi mumkin.

3-Mavzu. Mehanik ish va quvvat. Maxsus nisbiylik nazariyasi elementlari. (2)

Reja

1. Mexanik energiya. Energiyaning saqlanish qonuni.
2. Mexanik ish. Mexanik quvvat.
3. Mexanizmlarning foydali ish koeffitsienti.
4. Mexanikada klassik va relyativistik nisbiylik printsiplari.
5. Moddiy nuqta relyativistik dinamikasining asosiy qonuni.
6. Massa va energiyaning o'zaro bog'liqligi qonuni.

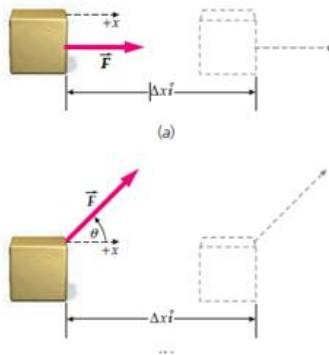
Tayanch iboralar: ish, quvvat, foydali ish koeffitsiyenti, massa, moddiy nuqta, energiya, dinamika, klassik fizika.

Mejanik ish va quvvat. Mejanik energiya va uning turlari

Biror jism kuch tasirida bir nuqtadan ixtiyoriy trayektoriya bo'yicha ikkinchi nuqtaga ko'chirilgan bo'lsin. Umuman kuch 1 nuqtadan 2 nuqtagacha bo'lgan oraliqda, ham son qiymati bo'yicha, ham yo'nalishi bo'yicha o'zgarishi mumkin.(3.1-rasm)

$$dA = \vec{F} dx = F dx \cos \theta \quad (1)$$

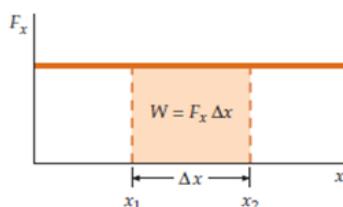
bunda α - kuch va ko'chish yo'nalishi orasidagi burchak.



3.1-rasm.Mexanik ishni ifodalarydi)

Biror yo'lda bajarilgan ish va shu yo'lning barcha kichik qismlarida bajarilgan elementlar ishlari yiqindisiga teng, yani ish additiv kattalik. Shuning uchun jisimni bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko'chirishda bajarilgan ishning to'la miqdori quyidagicha yozilishi mumkin:

$$A = \int_1^2 F \cos \theta dx \quad (2)$$



3.2-rasm Ishni kordinata orqali ifodalanishi

Jism o'zgarmas kuch tasirida to'g'ri chiziqli traektoriya bo'yicha ko'chayotgan bo'lsa, hususiy holda x masofada bajarilgan ish

$$A = Fx \cos \theta \quad (3)$$

Agar kuch yo'nalishi bilan ko'chish yo'nalishi bir xil bo'lsa, (3) ifoda

yanada oddiy ko'rinishga ega bo'ladi: Umumiyl ish esa $A = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx$

formula orqali aniqlanadi. Grafik ravishda bajarilgan ishni topishda agar F kuch o'zgarmas bo'lsa, kuch va koordanatalar orqali berilgan grafikda F_x kuch chizig'iv a x_1 va x_2 kordinalar bilan chegaralangan kesma orasidagi yuza bilan aniqlanadi.

Vaqt birligida bajarilgan ish quvvat deb ataladi, yani

$$P = \frac{dA}{dt} \quad (4)$$

bunda dA - elementlar ish, dt -elementar dA ishni bajarish uchun ketgan vaqt

(3) ifoda bo'yicha dA ning qiymati ni (4) munosabatga keltirib qo'yib quyidagiga ega bo'lamiz.

$$p = F \frac{dx}{dt} \cos \alpha = Fv \cos \alpha = \bar{F}\bar{v} \quad (5)$$

Demak, quvvat tasir etayotgan \bar{F} kuchni shu kuch tasirida jism olgan \bar{v} tezligiga skalyar ko'paytmasiga teng ekan. (4) va (5) formulalardan foydalaniib, ish va quvvatning SI sistemasidagi birlklari bilan tanishib chiqaylik. Ish birligi qilib ko'chish yo'nalihsida ta'sir qiluvchi 1 Nyuton kuchning 1 metr masofada bajargan ishi qabul qilingan va uni joul (J) deb ataladi. quvvat birligi qilib, 1 sekund vaqt ichida 1 joul ish bajaradigan mexanizimning quvvati qabul qilingan va bu birlikka vatt (Vt) deb nom berilgan.

Kinetik va potentsial energiya. Jismning yoki jismlar sistematining ish bajara olish qobiliyatini energiya deb ataluchchi fizik kattalik orqali ifodalanadi. Mexanik energiya kinetik va potentsial energiyalardan iborat bo'ladi. Kinetik energiyaning mazmuniga tushunish uchun massasi m ga teng, moddiy nuqta deb qaralishi mumkin bo'lgan jism tezligini F kuch ta'sirida v_1 dan v_2 gacha ortirishdagi bajarilgan ishni hisoblaylik. Jismning elementar kesmada siljitisidagi kuchining bajargan ishi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$dA = \bar{F} d\bar{l} = m \bar{a} d\bar{l}. \quad (6)$$

Jism harakatining \bar{a} tezlanishini tangentsial va normal tashkil etuvchilarga ajratib, (7)ni quyidagicha yozish mumkin:

$$dA = m(\bar{a}_t + \bar{a}_n)d\bar{l} = m\bar{a}_t d\bar{l} + m\bar{a}_n d\bar{l} \quad (7)$$

lekin tezlanishning normal tashkil etuvchisi \bar{a} siljish yo'nalihsiga doimo tik ekanligini e'tiborga olsak, ularning skalyar ko'paytmasi $\bar{a}_n d\bar{l} = 0$.

Shuning uchun (8) ni ko'rinishda yozish mumkin

$$dA = m\bar{a}_t d\bar{l} = m \frac{d\bar{v}}{dt} d\bar{l} = m \frac{d\bar{l}}{dt} d\bar{v} = m\bar{v} d\bar{v} \quad (8)$$

Jism tezligining v_1 dan v_2 gacha ortishidagi ishni quyidagicha hisoblaymiz:

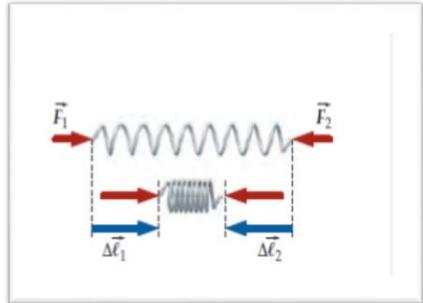
$$A = \int_{v_1}^{v_2} m v d\bar{v} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \frac{P_2^2}{2m} - \frac{P_1^2}{2m} \quad (10)$$

Agar boshlangich tezlik, $v_1 = 0$ bo'lsa, u xolda quyidagi ifodaga ega bo'lamiz;

$$A = \frac{mv^2}{2} - 0$$

Demak, bajarilgan ish jism massasiga va uning tezligi (impulsi) ga boqliq bo'lgan kattalikning o'zgarishiga teng ekan. Bu kattalikka jismning kinetik energiyasi deb ataladi:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{P^2}{2m} \quad (11)$$



3.3- rasm. Prujinani elastikligi

Kinetik energiyaga ega bo'lgan jism ish bajarish qobiliyatiga ega. Shuning uchun kinetik energiyani quyidagicha ta'riflash mumkin: kinetik energiya jismning harakatdagi (tezligi v ga teng) energiyasi bo'lib, u son jixatidan tezlikni v dan no'lgacha kamaytirilishidagi shu jismning bajara olishi mumkin bo'lgan to'la ishiga tengdir. Bu ish va kinetik energiya haqidagi teoremadir.

Jismni tashkil etuvchi zarralar (molekulalar, atomlar)ning yoki sistemaga kiruvchi jismlarning o'zaro ta'sir kuchlarini mutlaqo yo'qolguncha (yoki boshqa toifadagi kuchlar bilan to'la ravishda muvozanatlashguncha), shu kuchlarning bajarishi mumkin bo'lgan to'la ishga son jixatdan teng bo'lgan kattalikka potentsial energiya deb ataladi. Ba'zi misollarni ko'rib chiqaylik. Cho'zilgan prujinaning potentsial energiyasi deformatsiyaning mutlaqo yo'qolgunicha elastiklik kuchining bajargan ishiga tengdir, ya'ni

$$E_p = A = - \int_{x_0}^0 kx dx = \frac{1}{2} kx^2 \quad (12)$$

Prujina x kattalikka qisilganda ham (12) orqali aniqlanuvchi potentsial energiya vujudga keladi. Demak, prujinaning cho'zilishida yoki qisilishida yuzaga kelayotgan potensial energiya prujina tarkibidagi zarrachalarning bir-biridan uzoqlashishi yoki bir-biriga yaqinlashishi va sho'nga mos ravishda ular orasida o'zaro tortishish yoki itarishish kuchlarning hosil bo'lishi natijasidir. Yana bir misol tarikasida Yerning tortishish maydoniga joylashgan jismning potensial energiyasini hisoblab chiqamiz. Berilgan nuqtadagi jismning potensial energiyasi jismni shu nuqtadan cheksizlikka ko'chirishdagi tortishish kuchining ishiga teng, ya'ni

$$E_p = - \int_r^\infty \gamma \frac{M_{yee} m}{r^2} dr = -\gamma M_{yee} m \int_r^\infty \frac{dr}{r^2} = -\gamma \frac{M_{yee} m}{r} \quad (13)$$

Yerning tortishish maydoniga joylashtirilgan jismning potensial energiyasi jism Yer markazidan uzoqlashgan sari ortib boradi. Jism Yer markazidan cheksiz uzoqlashganda esa potensial energiya o'zining eng katta qiymatiga erishadi. Ikkinchini tomondan, (13) ga asosan $r \rightarrow \infty$ da $E_p \rightarrow 0$

Energiyaning saqlanish qonuni. Moddiy nuqta deb qaralishi mumkin bo'lgan N ta jismdan iborat bo'lgan sistemaga xech qanday tashqi kuchlar ta'sir etmayotgan bo'lsin. Biz bunday berk sistemaning to'la impulsi hamma vaqt

o'zgarmas kattalikdan iborat bo'lib qolishini ko'rib chiqqan edik. Endi sistemaning to'la mexanik energiyasi bilan tanishaylik.

Sistemadagi jism massalarini m_1, m_2, \dots, m_N xar bir jismning fazodagi vaziyatini aniqlovchi radius-vektorlarni $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_N$ va xar bir i -jismga sistemadagi boshqa jismlarning kursatayotgan ta'sir kuchlarini $\vec{F}_{i1}, \vec{F}_{i2}, \dots, \vec{F}_{i(i-1)}, \vec{F}_{i(i+1)}, \dots, \vec{F}_{iN}$ deb belgilaylik va bu kuchlar faqat konservativ kuchlardan iborat bo'lsin. i -jism uchun Nyutonning ikkinchi qonunini tatbiq etilsa quyidagi ifodaga ega bo'linadi:

$$m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = \vec{F}_{i1} + \vec{F}_{i2} + \dots + \vec{F}_{i(i-1)} + \vec{F}_{i(i+1)} + \dots + \vec{F}_{iN} \quad (14)$$

Kuzatilayotgan i -jism shu ta'sir etayotgan kuchlar tufayli dt vaqt ichida $d\vec{r}_i$ ga siljigan bo'lsin. (14)ning ikkala qismini $d\vec{r}_i$ ga skalyar ko'paytiramiz:

$$dr_i m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = (\vec{F}_{i1} + \vec{F}_{i2} + \dots + \vec{F}_{iN}) d\vec{r}_i$$

va bundan $d\vec{r}_i = \vec{v}_i dt$ ekanligini e'tiborga olib yuqoridagi formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$m_i \vec{v}_i d\vec{v}_i = (\vec{F}_{i1} + \vec{F}_{i2} + \dots + \vec{F}_{iN}) d\vec{r}_i \quad (15)$$

formula faqat i -jism uchun yozilgan. Bunday formulalarni sistemadagi barcha jismlar uchun yozib, ularni mos ravishda qo'shib chiksak:

$$\sum_{i=1}^N m_i \vec{v}_i d\vec{v}_i - \sum (\vec{F}_{i1} + \vec{F}_{i2} + \dots + \vec{F}_{iN}) d\vec{r}_i = 0 \quad (16)$$

hosil bo'ladi.

Ma'lumki, $m_i \vec{v}_i d\vec{v}_i - i$ -jism kinetik energiyasining, $\sum_{i=1}^N m_i \vec{v}_i d\vec{v}_i$ esa sistema kinetik energiyasining o'zgarishini ifodalaydi.

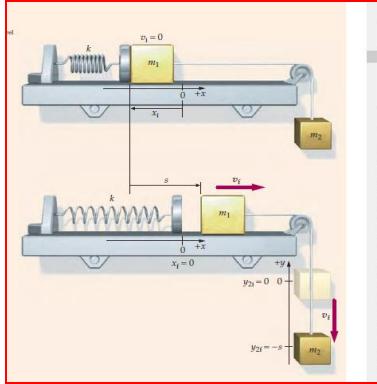
$(\vec{F}_{i1} + \vec{F}_{i2} + \dots + \vec{F}_{iN}) d\vec{r}_i - i$ -jismga ta'sir qilayotgan konservativ kuchlarning bajargan ishi bo'lib, bu kattalik ikkinchi tomondan jism potentsial energiyasining o'zgarishiga teng.

Kuzatilayotgan xolda ish musbat kattalikdan iborat bo'lib, bu jism potentsial energiyasining kamayishi hisobiga bajariladi, shuning uchun

$$-(\vec{F}_{i1} + \vec{F}_{i2} + \dots + \vec{F}_{iN}) d\vec{r}_i = dE_p$$

va (16)ning ikkinchi xadi sistema potentsial energiyasining o'zgarishini ifodalaydi. Natijada (16) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$dE_k + dE_p = 0, d(E_k + E_p) = 0, \text{e'ku } E_k + E_p = \text{const}, \quad (17)$$



3.4- rasm. Energiyaning saqlanishi

bunda $E_k + E_p$ - sistemaning to'la mexanik energiyasi. (17) formuladan quyidagi muhim xulosaga kelishimiz mumkin: berk sistemada faqat konservativ kuchlar mavjud bo'lsa, sistemaning to'la mexanik energiyasi o'zgarmas qiymatga ega bo'lib qoladi,bu mexanik energiyaning saqlanish qonunidir.

Mexanik energiyaning saqlanish qonuni xar qanday inertsial sanoq sistemasida bajariladi. Berk sistemadagi kuchlar faqat konservativ kuchlardan iborat bo'lganda (17) ga asosan

$$dE_k = -dE_p$$

ya'ni kinetik energiya faqat potensial energiyaning kamayishi hisobiga hosil bo'lishi mumkin. o'z-o'zidan ravshanki, sistemaning kinetik energiyasi nolga teng, potensial energiyasi esa o'zining eng kichik qiymatiga ega bo'lgan xolda xech qanday harakat sodir bo'lmaydi. Sistemaning bunday holati turg'un muvozanatlari holat deb ataladi.

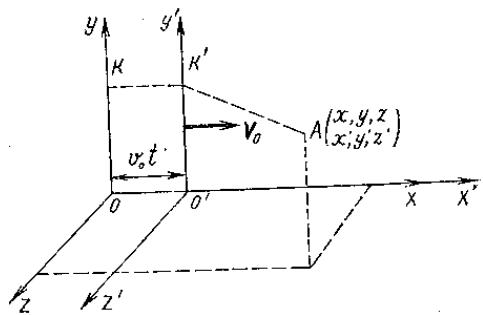
Agar berk sistemada konservativ kuchlardan tashqari nokonservativ kuchlar misol uchun ishqalanish kuchlari ham mavjud bo'lsa, sistemaning to'la energiyasi vaqt o'tishi bilan kamayib boradi Buniig hisobiga nomexanik turdag'i energiyalar, masalan, issiqlik yoki kimiyoviy, elektromagnit maydon energiyalari va boshqalar vaqt o'tishi bilan ortib boradi. Lekin energiyaning hamma turlarining yig'indisi vaqt o'tishi bilan o'zgarmay qoladi. Demak, harqanday berk sistemada energiya xech qachon yangidan paydo bo'lmaydi va xech qachon yo'qolib ham ketmaydi, faqat energiya bir turdan ikkinchi turga o'tib turadi.

Bu energiyaning saqlanish qonuni bo'lib, fizikaning eng asosiy va umumiy qonunlaridan biridir.

Jism xarakati sanoq sistemaga nisbatan aniqlanadi. Sanoq sistemani tanlash kuzatuvchi ixtiyorida. SHuning uchun bir xarakatni turli sanoq sistemasiga nisbatan tekshirish natijasida sanoq sistemani biror-bir jism boshqalarga nisbatan imtiyozli deyish mumkin. Agar bir necha sanoq sistemalari bir-biriga nisbatan t'g'ri chiziq tekis xarakat qilsa va kamida ularning bittasida Nyuton dinamik qonunlari 'rinli b'lsa bularni inersial sanoq sistemasi deyiladi.(ISS)

Barcha (ISS)larda klassik dinamika qonunlari bir xil shaklda ifodalanadi. Bu xolatni nisbiylikning mexanik yoki Galiley prinsipi deb yuritiladi.

$$\frac{d\bar{r}}{dz} = \frac{d}{dt}(\bar{r} + Ut) \quad \bar{g} = \bar{g}' + \bar{U}$$



3.5-rasm

$$\bar{g} = \bar{g}' + \bar{U} \quad \text{ifoda}$$

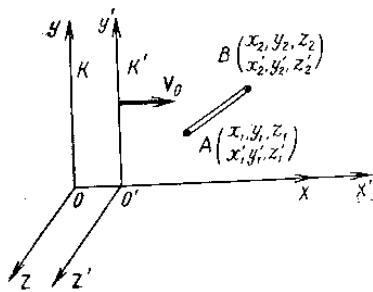
- 1) Klassik mexanikada tezliklarni q'shish qoidasi deyiladi.
- 2) Tezlanish esa Galiley almashtirishlariga nisbatan invariantdir. $a=a'$
- 3) Tajribalarning k'rsatishiga barcha inersial sanoq sistemalarda jism massasi bir xil qiymatga ega. U xarakat tezligiga (yorug`lik tezligi (s))dan ancha kichik tezliklar nazarda tutiladi. $m=m'$
- 4) Masofa Galiley almashtirishiga nisbatan invariant.
- 5) Klassik mexanikada kuch Galiley almashtirishiga nisbatan invariantdir. $F=F'$
- 6) Dinamika qonunlari, tenglamalari bir inersial sanoq sistemadan boshqasiga o'tganda o'zgarmaydi, ya`ni Galiley almashtirishiga nisbatan invariant.

Nisbiylikning maxsus nazariyasi pastulatlari.

1. Nisbiylik prinsipi: Tabiatning fizik qonunlari barcha inersial sanoq sistemalarida (ISS) 'rinlidir.
2. Yorug`lik tezligining doimiylik prinsipi. YOrug`lik vakuumdagи tezligining qiymati barcha inersial sanoq sistemada (ISS)larda bir xil b'ladi. U yorug`likni tarqalish y`nalishi xilda yorug`lik chiqaruvchi jism va kuzatuvchining xarakatiga bog`liq emas.

Lorens almashtirishlari. Asrimiz boshida Eynshteyn Galiley almashtirishlarida farqlanuvchi, yangi almashtirishlaridan foydalandi. Bu almashtirishlarga nisbatan

Maksvell tenglamalari ifodalari o'z ko'rinishini o'zgartirmasligi lozim. Bu almashtirishlarni Eynshteyn quyidagi prinsip asosida keltirib chiqardi.



1. Nisbiylik prinsipi
2. Yorug`lik tezligining doimiyligi

$$t = \frac{t' + \frac{\beta_0}{c^2} x'}{\sqrt{1 - \frac{\beta_0^2}{c^2}}} \quad t' = \frac{t - \frac{\beta_0}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{\beta_0^2}{c^2}}}$$

kelib chiqadigan natijalar

1. Bir vaqtlik tushunchasi. Nisbiylik xususiyatiga ega b'ladi.
2. Uzunlik tushunchasi. Turli sanoq sistemalarida jismning chiziqli 'lchami

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{\beta_0^2}{c^2}} = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}$$

3. Vaqt tushunchasi. Turli sanoq sistemalarida ayni bir voqeanning davom etish vaqtiga $t' = t / \sqrt{1 - \beta^2}$ ya`ni xarakatdagi soatga nisbatan tinch turgan sanoq sistemasida soat sekinlashadi.
4. Tezliklarni q'shishni relyativistik qonuni.

$$U = \frac{U' + \beta}{1 + \frac{U' \beta}{c^2}}$$

5. Ikki voqealarda orasidagi interval

$$S_{12} = \sqrt{c^2(t_2 - t_1)^2 + (x_2 - x_1)^2 + (\varphi_2 - \varphi_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

$$\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (\varphi_2 - \varphi_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} = l_{12}$$

$$S_{12} = \sqrt{c^2 t_{21}^2 - t_{12}^2}$$

Moddiy nuqta relyativistik dinamikasining asosiy qonunlari

$$1) F = \frac{d\bar{P}}{dt} = \frac{d}{dt}(m \cdot \bar{g})$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

$$F = \frac{d}{dt} \left(\frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \cdot \bar{g} \right)$$

2) Relyativistik impuls

$$P = \frac{m_0 \bar{g}}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

Nazorat savollari

- 1.Inertsiyal sanoq sistemasini tushintiring.
- 2.Nyutonning birinchi qonuni ta'riflang.
- 3.Impuls deb nimaga aytildi.
- 4.Kuch qanday fizik kattalik
- 5.Nyutonning ikkinchi va uchinchi qonuni ta'riflang.
- 6.Massa qanday fizik kattalik.
- 7.Kuch birligi qanday aniqlanadi.Ish qanday mexanik kattalik.

4-Mavzu. Inersiya momenti. (2)

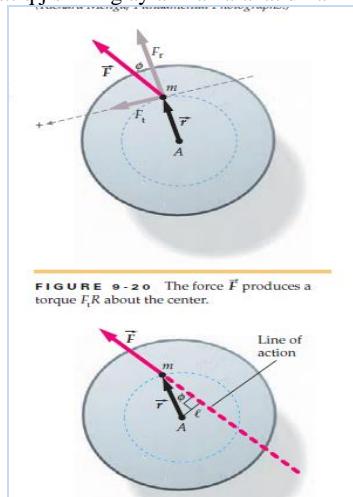
Reja

- 1.Qattiq jism dinamikasining asosiy tenglamasi
 - 2.Inertsiya momenti. Shteyner teoremasi.
 - 3.Aylanayotgan qattiq jismning kinetic energiyasi
 - 4.Impuls momenti va uning saqlanish qonuni.
 - 5.Jism larning muvozanatlilik xolatlari, qayishqoqligi va yemirilishi.
- Tayanch iboralar: Shteyner teoremasi, impuls momenti, qayishqoqlik, qattiq jism, kinetik energiya, ilgarilama harakat, aylanma harakat.

Tabiatda aylanma harakat juda ko`p uchraydi. Masalan Yer quyosh atfofida, o`z o`qi atrofida aylanadi. Charxpalak ham aylanma harakat qiladi. Bu bo'limda biz deformatsiya bo'lmaydigan absolyut (mutloq) qattiq jismning aylanishini ko'rib chiqamiz. F_0 kuch ta'sirida jism oo' o'q atrofida aylanyapti deb faraz qilaylik. Unda jismning har bir nuqtasi shu o'q atrofida aylana bo'yab aylanadi. Bunda hamma nuqtalarning burchak tezliklari burchak tezlanishlari bir xil bo'ladi. F_0 kuchni uchta bir-biriga perpendikulyar bo'lgan kuchga ajratamiz, bunda $F' \parallel 00'$, $F'' \perp 00'$ bo'ladi, ular jismni aylantirmaydi, jismni faqat A nuqtaga urinma bo'lgan F kuchi aylantiradi. Shuning uchun F ni aylantiruvchi kuch deyiladi. F ning aylanishi radiusiga bo'lgan ko'paytmasi kuch momenti deb ataladi.

$$M = F \cdot r \quad (4.1)$$

Qattiq jismning aylanma harakat dinamikasi.



1-rasm Aylanma harakat qonumi

Jismni Δm_i elementar massalarga bo'lib chiqamiz. Shunda har bir Δm_i ga elementar aylantiruvchi kuch ΔF_i ta'sir qiladi Nyutonning 2 qonuniga binoan.

$$\Delta F_i = \Delta m_i a_i$$

bu erda $a_i - \Delta m_i$ ning chiziqli tezlanishi. Bu tenglamaning ikki tarafini r_i ga ko'paytiramiz

$$\Delta F_i \cdot r_i = \Delta m_i a_i \cdot r_i \quad (4.2)$$

Δm_i elementlar massasining chiziqli tezligi $\nu_i = \omega r_i$ bo'lgani uchun bu tezlik o'zgarmas radiusda faqat ω o'zgarganda o'zgarishi mumkin:

$$\Delta \nu_i = \Delta \omega r_i$$

Bu formuladan $\Delta \omega = \frac{\Delta \nu_i}{r_i}$ ekanligini aniqlaymiz. Bu ifodadan Δm_i ning

burchak tezlanishini topamiz:

$$\varepsilon = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{1}{r_i} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_i}{\Delta t} = \frac{1}{r_i} a_i$$

Bu yerda $a_i = \varepsilon r_i$ ekanligini aniqlaymiz. Bu ifodani (4.2) ga qo'ysak quyidagi munosabat hosil bo'ladi:

$$\Delta F_i \cdot r_i = \Delta m_i \cdot r_i^2 \varepsilon \quad (4.3)$$

$\Delta F_i r_i = \Delta M_i$ - aylantiruvchi kuch momenti. $\Delta m_i r_i^2 = \Delta J_i$ (1-rasm) deb belgilaymiz.

$$\Delta J_i = \Delta m_i \cdot r_i^2$$

Demak,

$$\Delta M_i = \Delta J_i \varepsilon$$

ΔJ_i -elementar massa Δm_i ning inertsiya momenti deb ataladi. ΔM_i ning summasi quyidagicha barobor:

$$M = \sum_i \Delta M_i = \varepsilon \sum_i \Delta J_i = J \varepsilon \quad (4.4)$$

$M = \sum_i \Delta M_i$ -jismga qo'yilgan aylantiruvchi moment, $J = \sum_i \Delta J_i$ -jismning

to'la inertsiya momenti.

Demak $M = J \varepsilon$ (4.5) -aylanish dinamikasining asosiy qonuni.

Inertsiya momenti (to'g'ri chiziqli harakatdagi massa kabi) jismning aylanish harakatidagi inertsiya xususiyatini anglatadi.

Lekin, aylanish o'qi qayerdan o'tishiga qarab inertsiya momenti ham xar xil bo'lishi mumkin, massa esa o'zgarmas. Inertsiya momenti birligi [$kg \cdot m^2$].

Agar $M = const$ va $J = const$ bo'lsa, u holda $M = J \frac{\omega_0 - \omega}{\Delta t}$ va

$M \Delta t = J \omega_0 - J \omega$ ($F \Delta t = m v_0 - m v$ ni eslaymiz) vaqt ichida ω , ω_0 dan ω , gacha o'zgaradi.

$M \Delta t$ kuch momentining impulsi (analog $F \Delta t$).

$I \omega$ - harakat miqdori momenti (analog $m v$)

Kuch momenti va inertsiya momenti

Demak - ma'lum vaqt oralig'idagi harakat miqdorining o'zgarishi shu vaqt ichidagi kuch momentining impulsiga teng - bu harakat miqdori momentining o'zgarishi qonunidir.

Ba'zibir jismlarning inertsiya momentlarini keltiramiz: (1-rasm)

$$1). \quad J = \frac{1}{3} m \ell^2 \text{ - sterjen}$$

$$2). \quad J = \frac{1}{12} m \ell^2 \text{ - sterjen}$$

$$3). \quad J = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2)$$

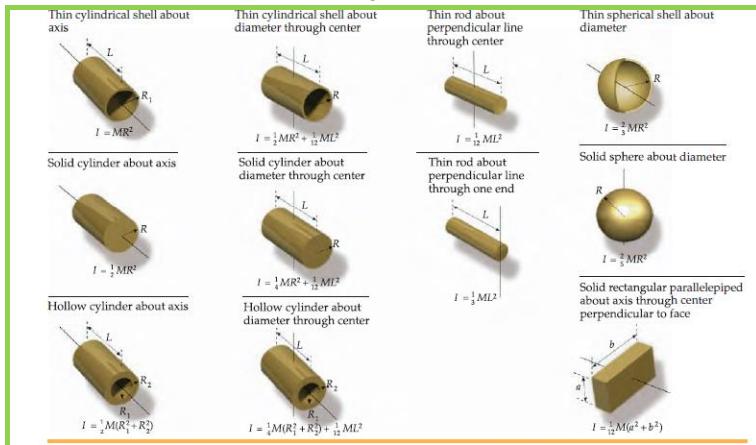
brusok, uzunligi b , eni a

$$4). \quad J = \frac{1}{2} m(R^2 + r^2) \text{ xalqa.}$$

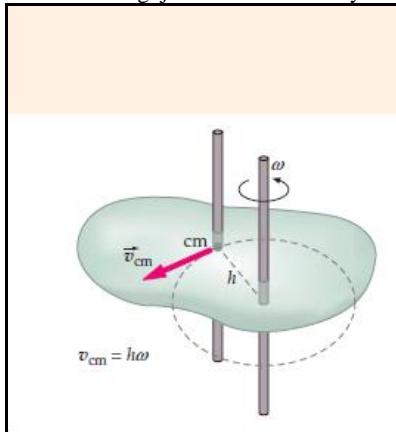
$$5). \quad r \approx R = R \quad J = mR^2 \text{ yupqa xalqa.}$$

$$6). \quad J = \frac{1}{2} mR^2 \text{ (disk)}$$

$$7). \quad J = \frac{2}{3} mR^2 - \text{shar.}$$



2-rasm Har xil shakldagi jismlar uchun enerysiya mamentlari



3 – rasm Aylanish momenti.

Agar jismning uning massa markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momenti ma'lum bo'lsa, boshqa istalgan parallel o'qqa nisbatan inertsiya momenti

Qattiq jism aylanma harakati dinamikasining asosiy tenglamasi

Shteyner teoremasidan topiladi:

jismning ixtiyoriy z o'qiga nisbatan J inertsiya momenti massa markazidan o'tuvchi parallel o'qqa nisbatan inertsiya momenti va jism m massasining radius kvadrati ko'paytmasining yig'indisiga teng: (3-rasm)

$$J_z = J_c + md^2$$

Sistemada jismlarning harakat miqdorlari momentlarining yig'indisi (summasi) o'zgarmas miqdordir (ilgarilama harakat uchun $m_1v_1 + m_2v_2 + \dots + m_nv_n = \text{const}$ bo'lgani kabi).

$$J_1\omega_1 + J_2\omega_2 + \dots + J_n\omega_n = \text{const} \quad (4.6)$$

Agar jism bitta bo'lsa, u holda $J\omega = \text{const}$. (Misol: o'z o'qi atrofida aylanayotgan konkichi). Aylanayotgan jismning kinetik energiyasi teng:

$$W_k = \frac{J\omega^2}{2} \quad (4.7)$$

Aylanish kinetik energiyasining hisobiga bajarilgan ish:

$$A = \frac{J\omega_0^2}{2} - \frac{J\omega^2}{2} \quad (4.8)$$

Agar jism ham aylanib, ham to'g'ri yurib harakatlansa, uning kinetik energiyasi W_k teng.

$$W_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2} \quad (4.9)$$

Ilgarilama harakat bilan aylanma harakat o'rtaida katta o'xshashliklar (anoloiyalar) bor. Ularni quyidagi keltirilgan tablitsadan ko'rish mumkin:

Ilgarilama harakat	Aylanma harakat
Vaqt	t
Chiziqli yo'l	S
Chiziqli tezlik	v
Chiziqli tezlanish	a
Kuch	F
Massa	m
Kuch impulsi	$F \cdot \Delta t$
Harakat miqdori	mv
	Vaqt
	t
	Burchakli yo'l
	φ
	Burchak tezlik
	ω
	Burchak tezlanish
	ε
	Kuch momenti
	M
	Inertsiya momenti
	J
	Kuchning impuls momenti
	$M \cdot \Delta t$
	Harakat miqdorining momenti
	$J\omega$

Nazorat savollari

1. Absolyut qattiq jism deb nimaga aytildi?
2. Kuch momenti va inertsiya momenti qanday birliklarda ulchanadi?
3. Qattiq jism inertsiya markazi harakatini tushuntiring?
4. Aylanma harakat qanday sodir bo'ladi?]
5. Inertsiya momenti qanday kattalik?
6. Kuch momentining fizik mazmunini tushuntiring?
7. Impuls momentining yunalishi qanday aniqlanadi?
8. Kuch momentining yunalishi qanday usul bilan aniqlanadi?
9. Impuls momentining saqlanish qonuni qanday sharoitda bajariladi?

5-mavzu. Tebranma harakat Mehanik to'lqinlar. Akustika

(2)

Reja:

- 1.To'lqin turlari. To'lqin jarayonlari. To'lqin tenglamasi. To'lqin interferentsiyasi.
- 2.Turg'un to'lqinlar. To'lqin tezligi. Tovush to'lqinlarining tarqalishi.
- 3.Tovush intensivligi, chastotasi, balandligi va tembri.
- 4.Dopler effekti. Ultra tovushlar. Garmonik tebranma xarakatlari.
- 5.Tebranma xarakatlarning energiyasi va xususiy chastotasi.
- 6.Tebranma xarakatlarni qo'shish. So'nuvchan va majburiy tebranishlar. Rezonans.

Tayanch iboralar: tebranma harakat, Dopler effekti, so'nuvchan va majburiy tebranishlar, to'lqin, tovush, intensivlik, chastotas, balandlik.

Agar jism yoki sistemanı xarakterlovchi kattalik vaqtning davriy funksiyasi sifatida takrorlanib o'zgarsa – bu jarayonni **tebranma harakat**, sistemaning o'zini esa **ostsillyator** deb yuritiladi. Eng sodda tebranma harakat –bu bir uchiga yuqosilgan prujinali sistemadir.

hosil bo'lish tabiat bo'yicha tebranishlar quyidagi turlarga bo'linadi:

1)Erkin yoki xususiy tebranishlar. Ostsillyator dastlabki ta'sir tufayli harakatga keltirilgach, keyin u o'zining ichki potentsiali hisobiga erkin tebranishlarni davom ettiradi.

2)Majburiy tebranishlar – tashqi davriy ta'sir tufayli sodir bo'ladi.

3)Parametrik tebranishlar – ostsillyator parametraridan birining doimiy o'zgarib turishi hisobiga vujudga keladi.

4)Avtotebranishlar – bu doimiy ta'minlovchi manbalardan yetarlicha energiya olish imkoniyatiga ega bo'lgan sistemalardagi tebranishlardir.

Agar biror fizik kattalik vaqt bo'yicha sinus yoki kosinus qonuniga muvofiq tarzda o'zgarsa – mazkur jarayonni **garmonik tebranish** deb aytildi. Uning **differentsial tenglamasi** quyidagi umumiy ko'rinishga ega:

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

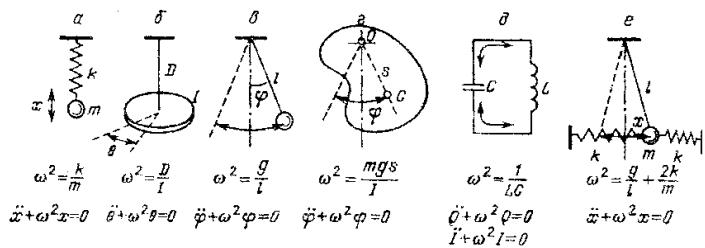
bunda $x(t)$ - turli garmonik ostsillyatorlardagi mos kattalikning muvozanatdan chetlanish xarakteristikasi, ω_0 - siklik yoki doiraviy chastota bo'lib, u ostsilliyatorning xarakteristikasi bilan bog'liq holda ifodalanadi (1-rasm):

Turli ossillator namunalari:

- a) prujinali mayatnik, b) buralma mayatnik, v) matematik (oddij) mayatnik, g) fizik mayatnik, d) tebranishkonturi, e) kombinatsiyalashgan mayatnik.

Prujinaga osilgan sharchaga tashqi kuch bilan ta'sir etsak, uni garmonik harakatga keltirish mumkin (1-rasm). hosil bo'luvchi elastiklik kuchi – **Guk qonuni** bilan aniqlanadi:

1-rasm



$$F_{el} = -k x$$

k - elastiklik koeffitsienti yoki prujina bikrliyi

x - siljish yoki absolyut deformatsiyasi

Tezlanish esa Nyutonning 2- qonuniga muvofiq bo'ladi:

$$F = ma$$

bunda m - tebranayotgan sharchanining massasi

Nyutonning 3-qonuniga binoan:

$$ma = -k x \quad \text{yoki} \quad a = -\frac{k}{m} x$$

Agar $a = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x}$ ekanligini e'tiborga olib, $\frac{k}{m} = \omega_0^2$ belgilash kirtsak,

yuqoridagi tenglama quyidagi ko'rinishga keladi [1]:

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

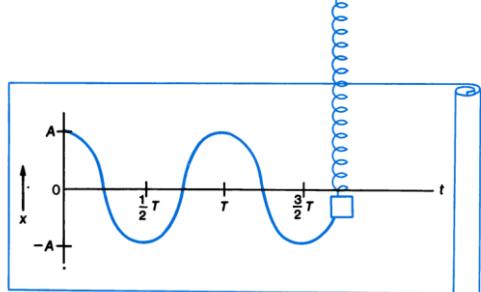
Bu garmonik tebranishning differentsiyal tenglamasi hisoblanadi. Uning umumiyligi holdagi yechimini aniqlaymiz:

$$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

bunda A – tebranish amplitudasi bo'lib, t – vaqt bo'yicha o'zgarayotgan kattalikning

maksimal qiymatini ko'rsatadi. $\omega_0 t + \varphi$ – tebranish fazasi, uning tarkibidagi φ

- esa boshlang'ich faza bo'lib hisoblanadi. ω_0 – ostsilyatorning xususiy doiraviy



chastotasi bo'lib, uning qiymati mazkur sistemaning xususiy xossalari bilan aniqlanadi:

$$|\cos(\omega_0 t + \varphi)| \leq 1$$

bo'lgani uchun $|x| \leq A$ shart bajariladi.

Garmonik tebranayotgan tizimning istalgan ma'lum bir holati **tebranish davri** deb ataluvchi, har T vaqtidan so'ng takrorlanib turadi. Bunda tebranish fazasi 2π miqdoriga oshadi.

$$\omega_0(t+T) + \varphi = (\omega_0 t + \varphi) + 2\pi$$

$$\text{bundan esa } T = \frac{2\pi}{\omega_0}$$

Tebranish davriga teskari bo'lgan kattalikni yoki boshqacha aytganda vaqt birligi ichidagi tebranishlar sonini – **tebranish chastotasi** deb ataladi.

$$\nu = \frac{1}{T} \text{ yoki } \omega_0 = 2\pi\nu$$

Chastota birligi – gerts (Gts).

Agar 1 s vaqt davomida davriy jarayonda bitta sikl sodir bo'lsa – uning chastotasi 1 Gerts deb olinadi.

Yuqoridagilarni e'tiborga olsak:

$$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi) = A \cos(2\pi\nu t + \varphi) = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$$

bunda x - o'zgaruvchan kattalikning t vaqtga mos keluvchi oniy qiymati [2].

Garmonik tebranma harakatda tezlik va tezlanish

Agar $x(t)$ garmonik tebranayotgan ostsillyator koordinatasi bo'lsa, unda tezlik va tezlanish ham vaqt bo'yicha garmonik qonun bilan o'zgaradi:

$$v(t) = x(t) = A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0) = A\omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0 + \frac{\pi}{2})$$

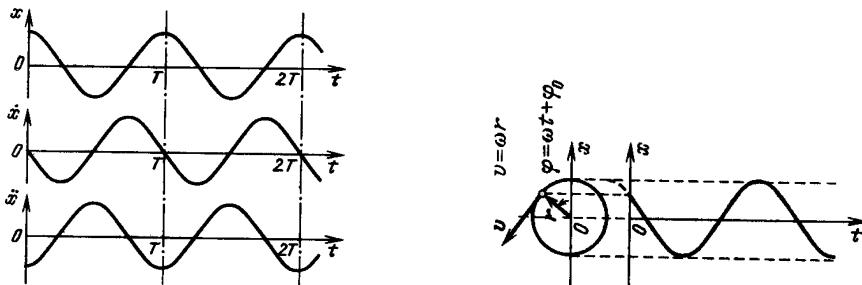
$$a(t) = x(t) = -A\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = A\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi_0 + \pi)$$

bunda: $\vartheta_{\max} = \vartheta_0 = A\omega_0$, $a_{\max} = A\omega_0^2$

Tezlikning mos o'zgarishi koordinata o'zgarishlariga nisbatan $\frac{\pi}{2}$ faza

(yoki chorak davr) oldin sodir bo'ladi.

Tezlanishning o'zgarishi esa faza jihatdan koordinata o'zgarishlariga nisbatan teskari bo'ladi (2-rasm):



2-rasm

Kuzatilayotgan harakatda amplituda va boshlang'ich fazaning son qiymati tebranishlar qay tarzda hosil qilinganligiga bog'liq bo'ladi:

1) Agar ostsillyator muvozanat vaziyatidan x_0 miqdorga chiqarilib, qo'yib yuborilgan bo'lsa:

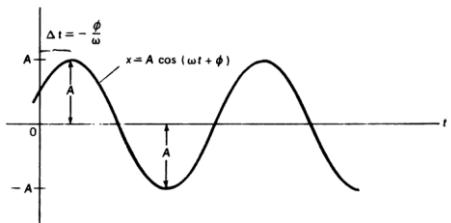
$$x(0)=x_0 \text{ va } \dot{x}(0)=0; \quad A=x_0 \text{ va } \varphi_0=0 \\ x(t)=x_0 \cos \omega t$$

2) Agar u muvozanat vaziyatidan boshlang'ich tezlik bilan (ya'ni, siltab) chiqarilsa:

$$x(0)=0 \text{ va } \dot{x}(0)=\vartheta_0; \quad A=\vartheta_0/\omega \text{ va } \varphi_0=\pi/2 \\ x(t)=\vartheta_0 \omega \sin \omega t$$

Ikkala holni umumlashtirib, quyidagini hosil qilamiz:

$$x(0)=x_0 \text{ va } x(0)=\vartheta_0 \\ A=\sqrt{x_0^2+(\vartheta_0/\omega)^2}, \quad \operatorname{tg} \varphi_0=\vartheta_0/(\omega x_0)$$



Tebranuvchi moddiy nuqtaning o'z muvozanat holatidan siljishi.

$$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

formula bilan aniqlanadi.

Uning tezligi shu siljishdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosila, tezlanishi esa tezlikdan vaqt bo'yicha olingan hosiladan topiladi:

3-rasm

$$v = \dot{x} = A \omega \sin(\omega_0 t + \varphi) = A \omega \cos(\omega_0 t + \varphi + \frac{\pi}{2})$$

$$a = \ddot{x} = -A \omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi) = A \omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi + \pi)$$

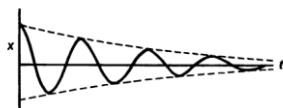
bunda $\vartheta(\max) = \vartheta_0 = A \omega_0$, $a(\max) = A \omega_0^2$

Demak, garmonik tebranma harakat qilayotgan jismning tezlanishi siljish masofasiga to'g'ri proporsional bo'lib, u siljishga nisbatan teskari, ya'ni doimo muvozanat tomonga yo'nalgan bo'lar ekan.

So'nuvchi tebranishlar

Real mexanik tebranishlar so'nuvchi tebranishlardir. Tebranishlarning so'nishi tebranuvchi moddiy nuqta yoki sistemaning tebranish davomida energiya yo'qotishi bilan bog'liq.

Tebranma harakat sodir bo'layotgan sistema energiyasining vaqt o'tishi bilan kamayib borish hodisasiga **so'nuvchi tebranish** deb ataladi. Qovushqoq muhitda tebranayotgan real sistemalar o'zining mexanik energiyasini ishqalanish kuchlariga qarshi ish bajarish uchun sarflashga majbur bo'lishi oqibatida tebranish amplitudasi kamayib, so'nuvchi tebranish hosil bo'ladi.



4-rasm

So'nuvchi tebranishlar qonuni tebranuvchi sistema xossalari asosida aniqlanadi. Chiziqli sistemalar uchun erkin so'nuvchi tebranishlarning differentialsial tenglamasi quyidagicha ko'rinishga ega [3]:

$$\ddot{x} + 2\beta \dot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

bunda x – kuzatilayotgan fizik jarayonni tavsiflab o'zgaruvchi kattalik, β - so'nish koeffitsienti, ω_0 – mazkur sistema tebranishlarining xususiy siklik chastotasi. $\omega_0^2 > \beta^2$ holda so'nish jadalligi past bo'ladi.

Yuqoridagi tenglamaning yechimini aniqlaymiz:

$$x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0) = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

bunda:

$$A = A_0 e^{-\beta t} = A_0 e^{-t/\tau}$$

A - so'nuvchi tebranish amplitudasi, A_0 - boshlang'ich amplituda, ω - so'nuvchi tebranish siklik chastotasi:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{\beta^2}{\omega_0^2}} \approx \omega_0 - \frac{\beta^2}{2\omega_0}$$

$\tau = 1/\beta$ - **relaksatsiya vaqtি** bo'lib, u tebranish amplitudasini $e=2,718 \dots$ marta kamayishi uchun zarur bo'lgan vaqtini ko'rsatadi.

harakatning so'nishi natijasida tebranishning davriyligi buziladi. Shuning uchun so'nuvchi tebranishlar davri tushunchasi shartli ma'noda ishlataladi:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}$$

Aytilganlardan bir nechta muhim xulosalar kelib chiqadi:

1) So'nuvchi tebranishlar chastotasi xususiy tebranishlar chastotasiga nisbatan kichik, tebranish davri esa mos holda katta bo'ladi:

$$\omega < \omega_0, T > T_0$$

2) Kuzatilayotgan harakat chastotasi amplitudaga bog'liq emasligi uchun u tebranish jarayonida o'zgarmaydi.

$$\omega \neq \omega(A, t) \quad \text{ya'ni} \quad \omega = \text{const}$$

Davrga teng vaqt oralatib, ketma-ket keluvchi bir xil ishorali qo'shni amplitudalarining qiymatlari mos holda geometrik progressiya qonuni bilan kamayadi (3-rasm):

$$\frac{A(t)}{A(t+T)} = e^{\beta T} = \text{const}$$

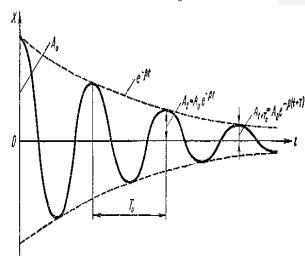
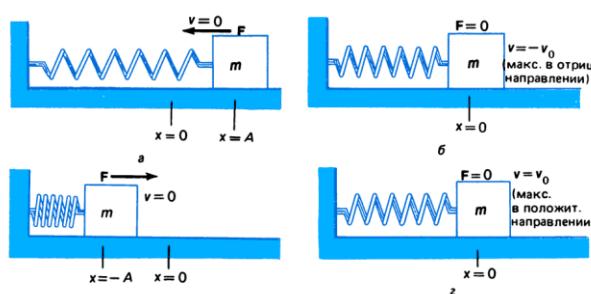
So'nish dekrementi deb yuritiluvchi ushbu nisbatning natural logarifmasini topamiz:

$$\lambda = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta T = \frac{T}{\tau} = \frac{1}{N}$$

Bu munosabat **so'nishning logarifmik dekrementi** deb ataladi. Bundagi N -amplituda e marta kamayguncha o'tadigan vaqt ichidagi tebranishlar soni.

Asllik – tebranuvchi sistemaning jihatdan xarakterlovchi kattalik bo'lib, u sistemaning o'zida jamlangan energiya zahirasini asrash qobiliyatini ifodalaydi:

$$Q = \frac{\pi}{\lambda} = \pi N = \frac{\pi}{\beta T_0} = \frac{\omega_0}{2\beta}$$



5-rasm

Asllik- sistemaning relaksatsiya vaqtida davomidagi tebranishlar soniga proportional bo'ladi.

So'nuvchi xususiy tebranishlarning energiyasi quyidagi qonun bilan o'zgaradi:

$$E(t) = E_0 e^{-2\beta t} = E_0 e^{-t/\tau}$$

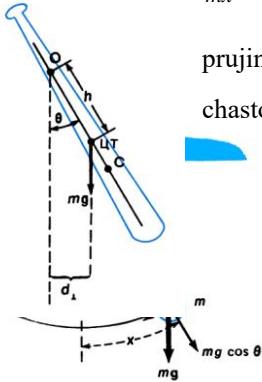
bunda $\tau_e = 1/2\beta = \tau/2$ – energiyaning relaksatsiya vaqtida. E_0 – sistema boshlang'ich energiyasining qiymati.

MAYATNIKLAR

Garmonik ostsillyatorning tebranish – davriy harakatni ifodalashda muhim ahamiyatga ega. U klassik va kvant fizikasining ko'pgina masalalarini yechishda model vazifasini o'taydi. Mayatniklar garmonik ostsillyatorlarga yorqin misol bo'la oladi.

1. Prujinali mayatnik – absolyut elastik prujinaga osilgan m massali yukdan iborat bo'lib, u elastiklik kuchi ostida garmonik harakat qiladi. Yuqorida

ko'rib o'tilganidek mayatnikning harakat tenglamasi:
 $m\ddot{x} = -kx$ yoki $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$ dan iborat bo'ladi. Bundan esa



prujinali mayatnik $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ davr va $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ siklik chastotali garmonik tebranish hosil qilishi kelib chiqadi. Bu formulalar, Guk qonuni o'rini bo'ladigan chegaradagi elastik tebranishlar uchun o'rini.

2. Fizik mayatnik – bu osmaning og'irlilik (massa) markazidan o'tmaydigan, harakatsiz gorizontal o'q atrofida og'irlilik kuchi ta'siri ostida tebranuvchi qattik jismidir. (6-rasm)

Agar mayatnik muvozanat vaziyatidan α – burchakka burilsa, unda qattiq jism aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasiga ko'ra

6-rasm

qaytaruvchi kuchning momentini quyidagicha yozish mumkin.

$$M = j\varepsilon = j\ddot{\alpha} = Fl = -mgl \sin \alpha \approx -mgl\alpha$$

Bunda j – mayatnikning O nuqtadan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momenti l – mayatnik osilgan nuqta va mayatnik og'irlilik (massa) markazi orasidagi masofa.

$F = -mg \sin \alpha \approx -mg\alpha$ qaytaruvchi kuch. Minus ishora F va α yo'naliishlari doimo qarama - qarshi bo'lishini anglatadi. α etaricha kichik miqdor bo'lgani uchun $\sin \alpha \approx \alpha$ deb olinadi.

$$j\ddot{\alpha} + mgl\alpha = 0$$

$$\text{yoki } \ddot{\alpha} + \frac{mgl}{J} = 0$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{mgl}{J}}$$

ekanligini e'tiborga olsak, $\ddot{\alpha} + \omega_0^2 \alpha = 0$

Uning yechimi esa $\alpha = \alpha_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$ bundan esa: $T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{j}{(mgl)}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

bunda $L=J/(ml)$ – fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi hisoblanadi. Osilish nuqtasidan keltirilgan uzunlikka teng masofada OS o'qning davomida yotuvchi o'nuqtani tebranish markazi deyiladi. Shteyner teoremasini qo'llab quyidagini olamiz [10-11].

$$L = \frac{j}{ml} = \frac{jc + ml^2}{ml} = l + \frac{jc}{ml} > l$$

ya'ni $00'$ doimo OS dan kattadir. Osilish nuqtasi O va tebranish markazi $0'$ o'zarlo al mashinuv xossasiga ega bo'ladi. Fizik mayatnikning bu ikkala nuqtadan o'tuvchi o'qlar atrofidagi tebranish davrlari bir xil bo'ladi.

3. Matematik mayatnik – bu vaznsiz, cho'zilmaydigan ipga osilgan m massali moddiy nuqtadan iborat ideallashtirilgan sistema bo'lib, u og'irlilik kuchi ostida tebranma harakat qiladi.

Matematik mayatnikning inertsiya momenti: $j = ml^2$

Bunda l – mayatnikning uzunligi.

Matematik mayatnikni – butun massasi og’irlik markazida to’plangan fizik

$$\text{mayatnik deb qarash mumkin. Shu sababli uning tebranish davri: } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Agar fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi L , matematik mayatnikning uzunligi l ga teng bo’lsa, unda ularning tebranish davrlari bir xil bo’lar ekan.

Garmonik tebranma harakat energiyasi

Tebranuvchan harakatdagi m massali moddiy nuqtaning tezligi, kinetik va potentsial energiyasi vaqt bo'yicha o'zgarib turadi.

Moddiy nuqtaning elementar potentsial energiyasi nuqtani muvozanat vaziyatidan dx masofaga siljishga majbur qiluvchi tebratuvchi kuchning bajargan ishi bilan aniqlanadi.

$$Wn = A \int_0^x dA = \int_0^x F dx$$

$$F = -kx \text{ bo'lganligi sababli: } Wn = \int_0^x F dx = \frac{kx^2}{2}$$

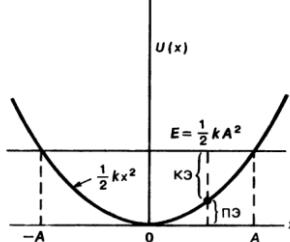
Garmonik tebranma harakat uchun $a = -\omega^2 x$ bo'lgani uchun Nyutonning II qonuniga ko'ra: $F = -\omega^2 mx$ uni $F = -kx$ taqqoslab: $k = \omega^2 m$ ekanligiga amin bo'lamiz [2].

Agar $x = a \sin(\omega t + \varphi)$ deb olinsa; unda quyidagi tenglamani hosil qilamiz.

$$Wn = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$$

Moddiy nuqtaning tebranish tezligi $\vartheta^2 = \omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$ bo'lgani uchun uning kinetik energiyasi: $Wk = \frac{m \vartheta^2}{2} = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$ formula bilan ifodalanadi. Nuqta garmonik tebranma harakatining to’liq energiyasi esa: $W = Wn + Wk = \frac{m \omega^2 A^2}{2}$ ga teng bo’lar ekan.

Demak, garmonik tebranma harakat qiluvchi jismning to’liq energiyasi – tebranish amplitudasi kvadratiga to’g’ri proportsional bo’lib, u tebranish jarayonida o’zgarmaydi, faqat potentsial va kinetik energiyalari bir – biriga aylanib turadi.



7-rasm

Majburiy tebranma harakat. Rezonans hodisasi

Tashqi davriy sinusoidal kuch ta’siri ostida, ma’lum bir vaqtidan so’ng sistemada so’nmaydigan va chastotasi tashqi kuch chastotasiga teng bo’lувчи **majburiy tebranish** hosil bo’ladi.

Ichki ishqalanish mavjud bo'lgan muhitdagi ostsillyator majburiy tebranishlarining differentsiyal tenglamasini tuzamiz:

$$x + 2\beta \dot{x} + \omega_0^2 x = f_0 \cos \omega t$$

bunda $f_0=F_0/m$, m – sistema massasi, F_0 const – davriy majburlovchi kuch.

Sistemada paydo bo'lgan tebranishlar uchun yuqoridagi tenglamaning yechimini izlaymiz:

$$x = A \cos(\omega t - \varphi)$$

bunda A sistema majburiy tebranishlarning amplitudasi bo'lib, uning son qiymati majburlovchi kuchning chastotasi ω va so'nish koeffitsienti β ga bog'liq bo'ladi:

$$A(\omega) = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}}$$

φ – esa ostsillyator va majburlovchi kuch tebranishlari orasidagi fazalar siljishi:

$$\varphi = \arctg \frac{2\beta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

Ishqalanish kuchi tufayli ostsillyator tebranishlari faza jihatdan tashqi kuch tebranishlaridan ortda qoladi.

Majburlovchi kuch siklik chastotasining sistema xususiy siklik chastotasiga teng bo'lib qolganida ($\omega \approx \omega_0$), so'nmaydigan majburiy tebranishlar amplitudasining keskin oshib ketish hodisasi **rezonans** deb aytildi.

$$\omega_{(rez)} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2} \quad \text{va} \quad A_{(rez)} = \frac{f_0}{2\beta\omega_0}$$

haqiqatdan ham $\beta < \omega_0$ holda tebranish amplitudasi maksimal qiymatga intiladi. Bunda har bir rezonans egri chizig'i turli so'nish koeffitsientiga mos keladi.

Shuningdek:

1) Rezonans chastotasi so'nish mavjud bo'lgan sistema xususiy tebranish chastotasidan doimo kichik bo'ladi.

2) $\beta \geq \omega_0 / \sqrt{2}$ holda rezonans butunlay yo'qoladi.

3) So'nish kattaligi qanday bo'lishidan qat'iy nazar $\omega = \omega_0$ hol uchun fazalar farqi $\varphi = (\pi/2) rad. = 90^\circ$ ga teng.

Juda katta amplitudali tebranishlar paydo bo'lishining oldini olish uchun quyidagilarni bajarish lozim:

- 1) Imkonli boricha davriy ta'sir qiluvchi kuchni bartaraf qilmoq;
- 2) Xususiy chastota bilan majburlovchi kuch chastotasi orasidagi farqni kattalishtirishga erishmoq;
- 3) Chastotaning faqat bir tebranish davridan katta bo'limgan vaqt davomidagina rezonans qiymatida turishiga yo'l qo'ymoq.

Sinov savollari:

1. Erkin tebranishni ta'riflang.

Ichki ishqalanish mavjud bo'lgan muhitdagi ostsillyator majburiy tebranishlarining differentsiyal tenglamasini tuzamiz:

$$x + 2\beta \dot{x} + \omega_0^2 x = f_0 \cos \omega t$$

bunda $f_0=F_0/m$, m – sistema massasi, F_0 const – davriy majburlovchi kuch.

Sistemada paydo bo'lgan tebranishlar uchun yuqoridagi tenglamaning yechimini izlaymiz:

$$x = A \cos(\omega t - \varphi)$$

bunda A sistema majburiy tebranishlarning amplitudasi bo'lib, uning son qiymati majburlovchi kuchning chastotasi ω va so'nish koeffitsienti β ga bog'liq bo'ladi:

$$A(\omega) = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}}$$

φ – esa ostsillyator va majburlovchi kuch tebranishlari orasidagi fazalar siljishi:

$$\varphi = \arctg \frac{2\beta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

Ishqalanish kuchi tufayli ostsillyator tebranishlari faza jihatdan tashqi kuch tebranishlaridan ortda qoladi.

Majburlovchi kuch siklik chastotasining sistema xususiy siklik chastotasiga teng bo'lib qolganida ($\omega \approx \omega_0$), so'nmaydigan majburiy tebranishlar amplitudasining keskin oshib ketish hodisasi **rezonans** deb aytildi.

$$\omega_{(rez)} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2} \quad \text{va} \quad A_{(rez)} = \frac{f_0}{2\beta\omega_0}$$

haqiqatdan ham $\beta < \omega_0$ holda tebranish amplitudasi maksimal qiyatga intiladi. Bunda har bir rezonans egri chizig'i turli so'nish koeffitsientiga mos keladi.

Shuningdek:

1) Rezonans chastotasi so'nish mavjud bo'lgan sistema xususiy tebranish chastotasidan doimo kichik bo'ladi.

2) $\beta \geq \omega_0 / \sqrt{2}$ holda rezonans butunlay yo'qoladi.

3) So'nish kattaligi qanday bo'lishidan qat'iy nazar $\omega = \omega_0$ hol uchun fazalar farqi $\varphi = (\pi/2) rad. = 90^\circ$ ga teng.

Juda katta amplitudali tebranishlar paydo bo'lishining oldini olish uchun quyidagilarni bajarish lozim:

- 1) Imkonli boricha davriy ta'sir qiluvchi kuchni bartaraf qilmoq;
- 2) Xususiy chastota bilan majburlovchi kuch chastotasi orasidagi farqni kattalishtirishga erishmoq;
- 3) Chastotuning faqat bir tebranish davridan katta bo'limgan vaqt davomidagina rezonans qiyatida turishiga yo'l qo'ymoq.

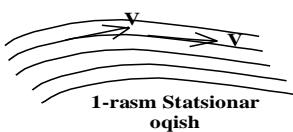
- 2.Davriy jarayonlar va garmonik tebranishni tushuntiring.
- 3.Tebranishning amplitudasi, fazasi, davri va chastotasini ta'riflang.
- 4.Garmonik tebranayotgan nuqta tezligi va tezlanishini vaqtning funksiyasi sifatidagi formulasini keltirib chiqaring.
- 5.To'g'ri chiziqli garmonik tebranishlarda amplituda va siljish fazasi, tezligi hamda tezlanishi oralaridagi bog'lanishlarni aniqlang.
- 6.So'nuvchi tebranishning differentsiyal tenglamasini va uning echilishini yozing.
- 7.So'nuvchi tebranishlar amplitudasi qanday qonun bo'yicha o'zgaradi.
So'nuvchi tebranishlarni davriy tebranish deb qarasa bo'ladimi?
- 8.Nima sababdan so'nuvchi tebranish chastotasi sistemaning xususiy tebranish chastotasidan kichik bo'lishi lozim?

6-mavzu. Suyuqliklar mexanikasi. (2)

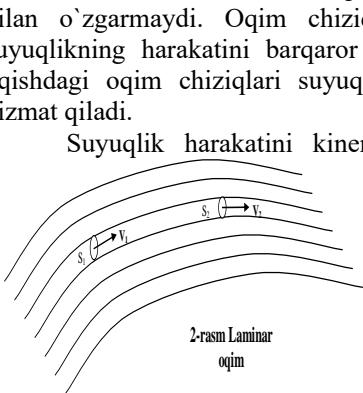
Reja:

- 1.Suyuqlik va gazlarda bosim. Atmosfera bosim.
- 2.Suyuqlik va gazlar uchun Arximed qonuni.
- 3.Suyuqlik bosimining oqim tezligiga bog'liqligi.
- 4.Suyuqliknинг uzluksiz tenglamasi. Bernulli tenglamasi.
- 5.Statistik fizika va muvozonatli xolat.
- 6.Sistemalar xolatini extimolligi.
- 7.Maksvell taqsimoti

Tayanch iboralar: Atmosfera bosim, Arximed qonuni, Bernulli tenglamasi, Maksvell taqsimoti, statistik fizika, suyuqlik oqimi, Stoks formulasi, turbulentlik.



Oqim chiziqlarining manzarasi vaqt o'tishi bilan o'zgarishi mumkin. Lekin oqim egallagan fazoning ixtiyoriy biror nuqtasidan o'tayotgan suyuqlik zarralarining tezliklari o'zgarmas bo'lsa, oqim chiziqlarining shakli va vaziyati vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi. Oqim chiziqlarining manzarasi o'zgarmaydigan holdagi suyuqliknинг harakatini barqaror yoki statsionar oqish deb ataladi. Statsionar oqishdagi oqim chiziqlari suyuqlik zarrachalarning tracktoriyasi sifatida ham hizmat qiladi.



Suyuqlik harakatini kinematik tafsiflash. Suyuqlik oqimining stasonar harakatini tekshirish uchun uni hayolan oqim naylariga ajratiladi va har bir oqim nayidagi harakat o'rganiladi. Oqim nayi deganda suyuqlik oqimining shunday hayoliy qismi tushuniladiki, uning yon sirtlari oqim chiziqlaridan tashkil topgan bo'lishi kerak). Bunday nay ichidagi suyuqlik zarrachalari undan tashqariga chiqsa olmaydi va nay

tashqarisidagi zarralar uning ichiga kira olmaydi. Odatda, oqim nayining ko`ndalang kesimi yetarlicha kichik qilib olinadiki, natijada mazkur kesimning barcha nuqtalaridan o`tayotgan suyuqlik zarralarining tezliklarini birday deb hisoblash mumkin. Oqim nayi ichidagi suyuqlik sharra deb ataladi. 2-rasmida tasvirlangan oqim nayining S_1 va S_2 kesimlaridagi suyuqlik oqimining tezliklari mos ravishda V_1 va V_2 , suyuqlikning zichliklari esa ρ_1 va ρ_2 bo`lsin.

Oqim nayining S_1 va S_2 kesimlaridan 1 s davomida statsionar ravishda oqib o`tayotgan suyuqlik massalari $m_1 = \rho_1 V_1 S_1$ va $m_2 = \rho_2 V_2 S_2$ o`zarо teng bo`lishi kerak ($m_1 \neq m_2$ bo`lgan holda suyuqlikni oqishi statsionar bo`lmaydi). 3-rasm

Shuning uchun

$$\rho_1 V_1 S_1 = \rho_2 V_2 S_2 \quad (6.1)$$

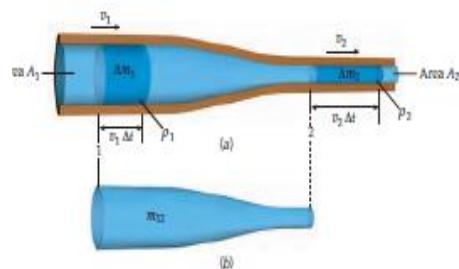
munosabat o`rinli. Siqilmas suyuqliklar uchun $\rho_1 = \rho_2$ bo`ladi. Natijada (6.1) quyidagi ko`rinishga keladi:

$$V_1 S_1 = V_2 S_2 \quad (6.2)$$

(6.1) ifoda siqiluvchan suyuqliklar uchun, (6.2) esa siqilmas suyuqliklar uchun uzilmaslik tenglamasidir (6.2) ga asosan, oqim nayi ensizroq bo`lgan sohalarda suyuqlikning oqim tezligi ortib boradi.

Demak, *siqilmas suyuqlik uchun oqim nayi ko`ndalang kesimining yuzini shu kesimdan o`tayotgan suyuqlikning oqim tezligiga ko`paytmasi mazkur oqim nayi uchun doimiy kattalikdir.*

$$S \propto = \text{const}$$



3-rasm Oqim uchlaridagi tezlik

Suyuqliklar siqiluvchanlik va ichki ishqalanish hossalariga ega. Suyuqlik harakatini o`rganish chog`ida bu hossalarning barchasini hisobga olmoqchi bo`lsak masala ancha murakkablashadi. Shu sababli suyuqlik oqimining umumiyo manzarasini tekishirayotganda ideal suyulik modelidan foydalanish ancha qulaylik tug`diradi. Ideal suyuqlik deganda yopishqoqlikka ega bo`lmagan siqilmas suyuqlik tushuniladi. Ideal suyuqlik uchun hosil qilingan xulosalarni siqiluvchanligi va yopishqoqligi kuchsiz namoyon bo`ladigan real suyuqliklarga ham qo`llash mumkin.

Ideal suyuqlikning oqim tezligi va bosimi orasidagi bog`lanishni aniqlaylik. Buning uchun ideal suyuqlik barqaror oqim ichida ko`ndalang kesimi yetarlicha kichik bo`lgan oqim nayini hayolan ajrataylik (3-rasm). Oqim nayining S_1

kesimidagi suyuqlik tezligi va bosimini mos ravishda V_1 va R_1 bilan, S_2 kesimidagilarni esa V_2 va R_2 harflari bilan belgilaylik.

S_1 va S_2 kesimlar markazlarining biror gorizontal satxidan balandliklari mos ravishda h_1 va h_2 bo`lsin. S_1 va S_2 kesimlar bilan chegaralangan oqim nayi ichidagi suyuqlik massasining Δt vaqt davomidagi to`liq energiyasining o`zgarishini aniqlaylik. SHu vaqt davomida suyuqlikning tekshirilayotgan massasi oqim nayi bo`ylab o`ng tomonga siljib qoladi va Δt vaqtning oxirida S_1 va S_2 kesimlar bilan chegaralangan xajmni egallaydi. 3-rasmdan ko`rinishicha, tekshirilayotgan suyuqlik massasining S_1 va S_2 kesimlar orasidagi m massali suyuqlik

$$W_1 = \frac{m\vartheta_1^2}{2} + mgh_1$$

to`liq energiyaga ega bo`lgan vaziyatdan S_2 va S_2' kesimlar orasidagi xajmni egallagan

$$W_2 = \frac{m\vartheta_2^2}{2} + mgh_2$$

to`liq energiyali vaziyatga o`tib qolgandek bo`ladi. Natijada tekshirilayotgan suyuqlik massasining S_1 va S_2 kesimlar bilan chegaralangan vaziyatga ko`chishi tufayli uning to`liq energiyasi

$$\Delta W = W_2 - W_1 = \left(\frac{m\vartheta_2^2}{2} + mgh_2 \right) - \left(\frac{m\vartheta_1^2}{2} + mgh_1 \right) \quad (6.3)$$

miqdoriga o`zgaradi. Energiyaning bu o`zgarishini mexanik energiyaning saqlanish qonuniga asosan, tashqi kuchlarning bajargan ishiga teng bo`lishi lozim. Mazkur holda ish bajaradigan tashqi kuchlar - oqim nayining tekshirilayotgan qismiga suyuqlik tomonidan ta`sir etuvchi bosim kuchidir. Oqim nayining yon devorlariga ta`sir etuvchi bosim kuchlari suyuqlik zarralarining harakati yo`nalishiga tik bo`lganligi uchun ular xech qanday ish bajarmaydi. SHuning uchun S_1 va S_2 kesimlar orqali ta`sir etuvchi $F_1 = R_1 S_1$ va $F_2 = R_2 S_2$ kuchlargina ish bajaradi. Δt vaqt davomida S_1 - kesimidagi suyuqlik zarralari $\Delta \ell_1 = \vartheta_1 * \Delta t$ masofaga siljiganligi tufayli F_1 kuch bajargan ishning qiymati

$$\Delta A_1 = F_1 \Delta \ell_1 = R_1 S_1 \vartheta_1 \Delta t$$

ifoda bilan aniqlanadi va bu ish musbat. R_2 - bosim kuchi suyuqlik zarralarining ko`chish yo`nalishlariga teskari bo`lganligi tufayli u bajargan ish manfiy, ya`ni

$$\Delta A_2 = -F_2 \Delta \ell_2 = -R_2 S_2 \vartheta_2 \Delta t$$

bo`ladi.

Natijada tashqi kuchlarning to`liq ishi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\Delta A = \Delta A_1 - \Delta A_2 = R_1 S_1 \vartheta_1 \Delta t - R_2 S_2 \vartheta_2 \Delta t \quad (6.4)$$

3-rasmdan ko`rinadiki, $S_1 \vartheta_1 \Delta t$ - oqim nayiga Δt vaqt davomida S_1 kesim orqali kirayotgan suyuqlik hajmi, $S_2 \vartheta_2 \Delta t$ esa S_2 kesimdan chiqayotgan suyuqlikning hajmi. Ikkinchini tomonidan, uzilmaslik tenglamasiga asosan, $S_1 \vartheta_1 = S_2 \vartheta_2$. SHuning uchun

$$S_2 \vartheta_2 \Delta t = S_2 \vartheta_2 \Delta t = \Delta V$$

Natijada (4) ni quyidagicha yoza olamiz

$$\Delta A = R_1 \Delta V - R_2 \Delta V \quad (6.5)$$

Yuqorida qayd qilganimizdek, ideal suyuqlikning statsionar oqimida $\Delta W = \Delta A$ shart bajarilishi lozim. Shunga asosan (6.3) va (6.5) ifodalarni birlashtirib quyidagi tenglamani hosil qilamiz.

$$\frac{m g_1^2}{2} + mgh_1 + P_1 \Delta V = \frac{m g_2^2}{2} + mgh_2 + P_2 \Delta V$$

Bu tenglikni ikkala tomonini ΔV ga bo'lib yuborsak va $m/\Delta V = \rho$ suyuqlik zichligi ekanligini hisobga olsak, yuqoridagi tenglama yangi ko'rinishdagi quyidagi

$$\frac{\rho g_1^2}{2} + \rho g h_1 + P_1 = \frac{\rho g_2^2}{2} + \rho g h_2 + P_2 \quad (6.6)$$

munosabat vujudga keladi. Xisoblashlarda S_1 va S_2 kesimlarni ixtiyoriy ravishda tanlagan edik. Shuning uchun (6.6) munosabat oqim nayining ixtiyoriy kesimlariga ham talluqlidir.

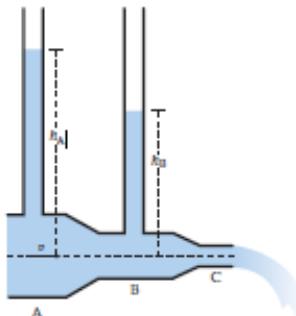
Demak, statsionar oqayotgan ideal suyuqlikning ixtiyoriy oqim chizig'i bo'ylab

$$\frac{\rho g^2}{2} + \rho g h + p = \text{const} \quad (6.7)$$

shart bajariladi. Bu ifodani Bernulli tenglamasi deb ataladi.

Bernulli tenglamasida qo'shiluvchi hadlarning fizik ma'nosi bilan tanishaylik:

1. r -harakatlanuvchi suyuqlik ichidagi bosim, statik bosim deb ataladi. (6.7) ga asosan statik bosim



4-rasm Oqim uchlaridagi bosim

$$p = \text{const} - \frac{\rho g^2}{2} - \rho g h \quad (6.8)$$

munosabat bilan aniqlanadi. Agar mazkur ifodada $g = 0$, $h = 0$ deb olsak, $r = r_0 = \text{const}$ bo'ladi. Bundan Bernulli tenglamasidagi o'zgarmasning ma'nosi kelib chiqadi: u tinch turgan suyuqlikning sanoq boshi tarzida qabul qilingan sathdagi (nolinchisi sath) bosimdir. U holda (6.8) ga asosan, oqim tezligi ortsa yoki oqim

nayini nolinchisi sathga nisbatan balandroq ko`tarilsa, statik bosimning qiymati kamayadi, degan xulosaga kelamiz.

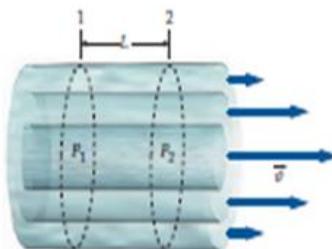
2. $\frac{\rho g^2}{2}$ - dinamik bosim. U suyuqlik ichidagi bosim suyuqliknинг harakatlanishi tufayli qandaydir miqdorga kamayishini harakterlaydi.

3. ρgh -gidravlik bosim. U oqim nayi h balandlikka ko`tarilgan taqdirda statik bosimning qanchagacha kamayishini ifodalaydi. 4- rasm

Bularni hisobga olib Bernulli tenglamasining mohiyatini quyidagicha taoriflash mumkin: ideal suyuqliknинг statsionar oqimdagи to`liq bosim - dinamik, gidravlik va statik bosimlarning yig`indisidan iborat bo`lib, uning qiymati oqim nayining barcha kesimlari uchun birday bo`ladi.

Bosimni xalqaro birliklar tizimi “SI” dagi o`lchov birligi sifatida 1 m^2 yuzaga tik ravishda ta`sir etayotgan 1 N kuchning bosimi qabul qilinib, unga Paskal P (Pa) deb nom berilgan.

Suyuqlik qatlamlarining bir-biriga nisbatan harakatlanishi jarayonida ichki ishqalanish kuchlari vujudga keladi. Bunga quyidagi tajribada ishonch hosil qilish mumkin. Ikki o`zaro paralel gorizontal plastinkalarning biri ikkinchisining tepasida joylashgan bo`lib, ular oralig`ida biror suyuqlik, masalan, suv qatlami mavjud.



5-rasm Suyuqlik oqimining uzlusizligi

Suyuqliknинг ikki qo`shni qatlamlariga oid molekulalar orasidagi o`zaro tutinish tufayli quyi qatlam yuqori qatlam tezligini kamaytiradi va aksincha, yuqori qatlam quyi qatlam tezligini oshiradi. Suyuqliknинг bir-biriga nisbatan harakatlanayotgan qatlamlari orasida vujudga kelayotgan bu kuchni ichki ishqalanish kuchi deb yuritiladi, ichki ishqalanish kuchi bilan bog`liq bo`lgan suyuqlik xossasi esa yopishqoqlik deb ataladi. (5-rasm)

Tajribalarning ko`rsatishicha, suyuqliknинг ikki qatlami orasidagi ichki ishqalanish kuchi (F) ning qiymati qatlamlarning bir-biriga tegish so`asining yuzi (S) ga va tezlik gradienti deb ataladigan kattalikka thri proportsional:

$$F = \eta S \frac{\Delta \vartheta}{\Delta x} \quad (6.9)$$

Bu ifoda Nyuton formulasi deb ataladi. Undagi tezlik gradienti suyuqlik qatlamlari tezliklarining bir qatlamdan ikkinchi qatlamga o`tganda (OX yo`nalishida) o`zgarish jadalligini xarakterlaydi. (9) dagi (η - suyuqliknинг

tabiatiga boliq bo`lib, u suyuqlikning (dinamik) yopishqoqlik koeffitsenti deb yuritiladi.

Yopishqoqlik koeffitsientining o`lchov birligini

$$\eta = \frac{F}{S \frac{\Delta g}{\Delta x}} \quad (6.10)$$

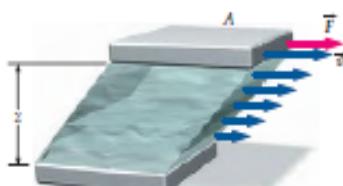
xalqaro birliklar tizimi «SI» dagi birligi sifatida shunday suyuqlikning yopishqoqligi qabul qilinishi kerakki, tezlik gradienti bo`lgan holda mazkur suyuqlikning ikki bir-biriga tegib turgan qatlami orasidagi $S = 1\text{m}^2$ sirtda 1N ga teng ichki ishqalanish kuchi vujudga keladi. Bu birlik paskal - sekund ($\text{Pa} \cdot \text{s}$) deb ataladi. Haqiqatan, (10) da F , S , v, x larning o`rniga ularning xalqaro birliklar tizimi «SI» dagi birliklarini qo`yib $[\eta] = \frac{N}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}} = \frac{H}{\text{m}^2} = \text{Pa} \cdot \text{s}$ ni xosil qilamiz.

Adabiyotlarda yopishqoqlikning puaz (P) deb ataladigan lekin foydalanilmaydigan o`lchov birligi ham uchraydi: $1\text{Puaz} = 0,1\text{Pa} \cdot \text{s}$.

Suyuqliklarning yopishqoqligi temperaturaga teskari proportsional ravishda o`zgaradi. Buning sababi T - temperatura ortishi bilan suyuqlik molekulalari orasidagi o`zarlo ta`sirning susayishidadir.

Stoks formulasi. Gidrodinamik betayinlik.Turbulentlik.

Suyuqlik oqishining turlari haqida fikr yuritaylik. Buning uchun yana bir marta suyuqlikning qatlamsimon oqishi qanday vujudga kelishi bilan tanishaylik.



6-rasm Laminar oqim

Tajribalarining ko`rsatishicha, laminar oqish sodir bo`layotgan suyuqlik qatlamlarining tezliklari nay o`qidan uzoqlashgan sari parabolik qonun asosida o`zgarib boradi. Ingichka kapilyar quvrlardagi suyuqlikning laminar oqishini frantsuz fizik va fiziolog olimi J.Puazeyle (1799 - 1869) tekshirgan. R - radiusli va (l uzunlikdagi) kapilyar quvrni olamiz. Suyuqlik ichida qalinligi dr va r radiusbilan chegaralangan qatlamni fikran ajratib olamiz (6- rasm).

Bu qatlamga ichki tomondan ichki ishqalanish kuchi ta`sir etadi.

$$F = -\eta \frac{d\vartheta}{dr} S = -\eta 2\pi r \ell \frac{d\vartheta}{dr}$$

Berilgan suyuqlikning oqimi uchun ichki ishqalanish kuchi silindirning chekkalaridagi bosimlar farqiga proportional bo`ladi:

$$-\eta 2\pi r \ell \frac{d\vartheta}{dr} = \Delta p \pi r^2 \quad (6.11)$$

Bundan ko`rinadiki trubada suyuqlik zarrachalarning tezligi parabolik qonun asosida o`zgarib boradi, parabolaning cho`qqisi (eng katta qiymati) quvrning o`qiga to`g`ri keladi.

t vaqt ichida trubadan oqib chiqayotgan suyuqlikning hajmi:

$$V = \int_0^R g t 2\pi r dz = \frac{2\pi \Delta P t}{4\eta \ell} \int_0^R r(R^2 - r^2) dr = \frac{\pi \Delta P t}{2\eta \ell} \left[\frac{r^2 R^2}{2} - \frac{r^4}{4} \right]_0^R = \frac{\pi R^4 \Delta P t}{8\eta \ell} \quad (6.12)$$

Bundan suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsenti

$$\eta = \frac{\pi R^4 \Delta P t}{8 g \ell} \quad (6.12) \quad \text{ifoda bilan xarakterlanadi.}$$

Suvning naydagи oqish tezligini oshirib borsak, tezlikning biror qiymatidan (kritik qiymat) boshlab rangli suyuqlik sharrasi nay kesimi bo`ylab yoyila boshlaydi. Oqimning qatlamsimonligi buzilib, suyuqlikning aralashishi sodir bo`ladi. Suyuqlikning bunday xarakatlanishini turbulent oqish deb ataladi. Turbulent oqishi jarayonida suyuqlik zarralarining tezliklari xaotik ravishda o`zgarib turadi. Shuning uchun nay kesimining u yoki bu nuqtasidagi suyuqlik zarringsing o`rtacha tezligi haqida mulohaza yuritish mumkin. Suyuqlikning aralashishi tufayli nay kesimining deyarli barcha qismida zarralar bir xil o`rtacha tezliklar bilan harakatlanadi. Faqat nay devorlariga bevosita yaqin qatlamdagina o`rtacha tezlik boshqa qatlamdagiga nisbatan kichik bo`ladi. Bundan laminar oqishda suyuqlikning yopishqoqligi nay kesimining barcha qismida, turbulent oqishda esa faqat nay kesimining devorlariga juda yaqin qismida nomoyon bo`ladi degan xulosa kelib chiqadi.

Demak, nay orqali oqayotgan suyuqlik tezligining biror kritik qiymatidan boshlab oqish turbulentlik xarakteriga ega bo`la boshlaydi. Tekshirishlar natijasida suyuqlik oqishining xarakteri Reynolds soni (Re) deb ataladigan

$$Re = \frac{\rho \theta \ell}{\eta} \quad (6.13)$$

O`lchamsiz kattalikka bolg`iqligi aniqlangan.

(6.13) dagi:

ρ - suyuqlik zichligi,

θ - nay kesimi bhyicha suyuqlik oqishining o`rtacha tezligi,

η - suyuqlikning yopishqoqligi, ℓ - nay kesimining hlchami.

(13) dagi (η/ρ) va (larning nisbatini kinematik yopishqoqlik deb ataldigan

$v = \eta/\rho$ kattalik bilan almashtirsak, quyidagi ko`rinishga keladi:

$$Re = \theta * \ell / v \quad (6.14)$$



7-rasm Laminar oqim

Kinematik yopishqoqlik (m^2/s) birligi bilan o`lchanadi. $1 m^2/s$ - zichligi $1 kg/m^3$ va dinamik yopishqoqligi $1 Pa$'s bo`lgan suyuqlikning kinematik yopishqoqligidir. Tajribalarning ko`rsatishicha, oddiy sharoitlarda silindrishmon naylar orqali suyuqlikning oqimi laminar xarakterga ega bo`lishi uchun $Re < 2300$, turbulent oqim namoyon bo`lishi uchun esa $Re > 2300$ bo`lishi lozim.

Qattiq jism va suyuqlikning o`zaro ta`sirlashishida vujudga keluvchi kuchlar qo`zalmas suyuqlik ichida qattiq jism xarakatlanganda ham yoki suyuqlik xarakatlanib qattiq jism esa qo`zalmas bo`lganda ham, bir xil bo`ladi.

Qattiq jism suyuqlikda harakatlanish jarayonida qarshilikka uchraydi. Suyuqlik tomonidan jismga ta`sir etuvchi kuch, umumiyl holda, harakat yo`nalishi bilan biror burchak hosil qiladi. Tajribalarning ko`rsatishicha, bu kuch ikki kuchning yig`indisidan iborat (7-rasm):

1) harakatga qarshilik ko`rsatuvchi kuch suyuqlik oqishi bo`ylab yo`nalgan, uni ro`baro` (peshona) qarshilik kuchi (F_r) deb ataladi.

2) Suyuqlikning oqimga perpendikulyar ravishda ta`sir etadigan kuch, uni ko`taruvchi kuch (F_k) deb ataladi.

Suyuqlik va jismning, bir-biriga nisbatan tezligi unchalik katta bo`lmagan xollarda harakatga ko`rsatiladigan qarshilik kuchi suyuqlikning yopishqoqligi bilan bog`liq. Agar suyuqlik yopishqoqligi, jismning shakli va o`lchamlari hamda jismning suyuqlik oqishi yo`nalishiga nisbatan joylashishini hisobga oluvchi C_x koeffitsientidan foydalansak¹

$$F_{ish} = C_x \cdot v \quad (16)$$

munosabat o`rinli bo`ladi. 6-rasm.

Reynolds sonining qiymati birga yaqin bo`lganda chegaraviy qatlam qalinligi jism o`lchami bilan taqqoslanadigan darajada, $Re < 1$ da esa chegaraviy qatlam oqimning deyarli barcha sohasini egallaydi. Bunday hol uchun r radiusli sharsimon jismning harakatiga suyuqlik tomonidan ko`rsatiladigan qarshilik kuchi ishqalanish kuchidan iborat bo`ladi va u ifoda bilan aniqlanadi.

$$F_{ishq} = 6\pi\eta vr \quad (17)$$

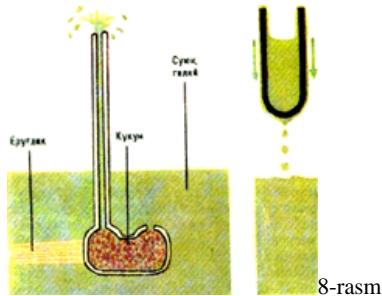
(17 ni Stoks ((1819 - 1903) ingliz fizik olimi) formulasi deb ataladi.

Oqish tezligining ancha katta qiyatlarida, masalan, $Re = 104$ bo`lganda, chegaraviy qatlamning qalinligi jism o`lchamining 0,01 ulushidan ham kichik bo`ladi. Mazkur holda jismni o`rab turgan yupqa chegaraviy qatlam suyuqlikning umumiyl oqimidan keskin ajralib turadi. Tajribalarning ko`rsatishicha, suyuqlik va jismning bir-biriga nisbatan harakat tezligini orttirib borsak, biror paytda manzara o`zgaradi (rasm – 5). Jismning orqa tomonida uyurmalar vujudga kelib, ular vaqt-vaqt bilan uziladi. Oqim bu uyurmalarini olib ketishi tufayli uyurmalaridan iborat yo`l hosil bo`ladi. Jismdan ancha uzoqlikda uyurmalar yo`qolib, yana oqish qatlamsimon shaklini tiklaydi. G`alayonlanmagan suyuqlikni bosimini P deb belgilasak, jismning orqa tomonida vujudga kelayotgan uyurmalar sohasidagi bosim $P_B < P$.

O`ta oquvchanlik

Kvant suyuqliklarning bu xossasi – ishqalanishsiz oqishidir. Buni birinchi marta 1938 yilda fizik olim P. L. Kapitsa suyuq gelyida aniqlagan. 2,17 K dan past temperaturada gelyining yopishqoqligi nolga aylanadi va u juda ingichka kapillyarlardan erkin oqadi. O`ta oquvchanlik hodisasisini 1941 yilda fizik olim L. D. Landau nazariy tushuntirdi. Suyuq gelyi atomlari yagona kvant sistemani tashkil qiladi, uning energiya va impulsini faqat birdaniga sakrash bilan - chekli

kattalik qadar o'zgartirish mumkin. Shuning uchun muayyan tezlikkacha suyuq geliy to'siqlarni pisand qilmasdan ishqalanishsiz oqadi -o'ta oquvchanlik xossasiga ega bo'ladi.



8-rasm

30-rasm.Suyuqliklarda hosil bo'ladigan

Suyuq geliyda bosim
guyo ikki

ko`p mo'jizalar bor. U suyuqlikdan iborat bo`lib, bu suyuqliklar bir-biriga hech qanday xalaqt bermasdan mustaqil oqishi mumkin. Bir suyuqlik o'ta oquvchan, u yopishqoqlikka ega emas, ikkinchisi normal suyuqlik. Normal tashkil etuvchining nisbiy miqdori temperaturaga bog`liq absolyut nol temperaturada butun geliy o'ta oquvchan bo'ladi, kritik 2,17 K temperaturada esa bitta normal suyuqlik qoladi. Ingichka kapillyarlar orqali faqat o'ta oquvchan tashkil etuvchi oqadi. Normal tashkil etuvchining oqa boshlashi uchun geliyda temperaturalar farqini hosil qilish yetarli ekan.

Biz geliyning biror joyini isitdik, deb faraz qilaylik. Bu holda u joyda normal tashkil etuvchi zichligi ortadi. Shuning uchun o'ta oquvchan suyuqlik isitilgan joyga intiladi, normal suyuqlik esa (kontsentratsiyalarni tenglash va temperaturaning hamma joyda bir xil bo`lishini tiklash uchun) teskari yo`nalishda oqa boshlaydi. Juda chiroqli bir tajriba shunga asoslangan. Pastki uchi kengroq bo`lgan va qora kukun joylangan kapillyar naycha suyuq geliyga botiriladi. Yoruqlik bilan yoritganda kukun isiydi, normal tashkil etuvchi vannaga oqib tushadi, o'ta oquvchan geliy esa teskari yo`nalishga intiladi va naychaning ochiq uchidan fontan (30 sm gacha balandlikda) bo`lib otolib chiqadi.

O'ta oquvchanlik tufayli hatto tutashmagan idishlardagi geliyning sathlari hamma vaqt tenglashadi. Buning yuz berishiga sabab shuki, idishning sirtini yopishqoqliksiz harakat qiladigan geliyning juda yupqa (qalinligi 100 atom qatlam chamasida) pardasi qoplayardi. Natijada, agar geliy solingan probirkani suyuqlik sathidan yuqori ko`tarilsa, u holda geliyning hammasi probirkadan albatta oqib tushadi. O'ta oquvchanlik kollektiv effektdir. Geliy atomlari butun (nol) springa ega va shuning uchun bir xil holatlarda to`planadi. Natijada har bir zarraning kvant xossalari kuchayadi. Yarim butun spinli zarralardan tarkib topgan sistemalarda, masalan, elektronlar, neytronlar yoki protonlar sistemalarida Pauli printsipi ta'sir qiladi, u aksincha zarralarning bir xil holatlarda bo`lishini man qiladi. Bunday sistemalarda odatda o'ta oquvchanlik kuzatilmaydi. Ammo bu holda ham zarralarni butun springa ega bo`lgan va o'ta oquvchan holatga o`tadigan juftlarga birlashtirish mumkin. Masalan, metallda erkin elektronlarni juftlash elektron

suyuqlikni o`ta oquvchanlik holatiga o`tishiga olib keladi. Natijada elektr tok yo`qotishsiz oshishi mumkin. Gelyi He³ izotopining atomlari uch zarra (ikki proton va bir neytron) dan tuzilgan, u atomning umumiy spinini yarimbutun, shuning uchun oddiy sharoitda He³ normal suyuqlik bo`ladi va faqat Kelvin gradusining mingdan bir ulushi atrofidagi juda past temperaturalarda atomlarning juftlashishi va o`ta oquvchan holatiga o`tish yuz beradi.

Statistik fizik elementlari

Statistik fizika va muvozonatli xolat

Makroskopik sistemalar xossalarni molekulyar-kinetik tasavvurlar asosida va matematik statistik usullar bilan uraganuvchi nazariy fizika bulimi statistik fizika deb ataladi. Termodinamik sistemalarning xolatlari termodinamik parametrlar-sistema xolatini tavsiflovchi xamma fizik kattaliklar qiymatlari bilan aniqlanadi. Agar termodinamik parametrlardan biri boshqa qiymatga ega bo`lsa, bunda sistemaning xolati xil bo`ladi. Agar xolat vaqt buyicha o`zgarmasa statsionar xolat deyiladi. Statsionar xolatdagi sistemani muvozonat xolatdagi sistema deyiladi. Asosiy termodinamik parametrlar bosim, xarorat va xajmdir. Termodinamikada sistema xolatlari kattaliklarini ichki va tashkiga ajratiladi. Sistemaga ta`sir etayotgan tashki jismalar koordinatasiga bog`liq bulgan parametrlar tashki deyiladi. Masalan, gazni xajmi tashki jism-idish devorlariga bog`liq bulgani uchun tashki kattalik xisoblanadi. Jism tashkil topgan zarrachalar tezliklariga bog`liq bulgan kattaliklar ichki kattaliklar deyiladi. masalan, bosim va sistema energiyasi. Statistik fizika muvozonat xolatdagi sistemalarni kurib chiqadi. Statistik fizikamning asosiy vazifasi sistemalarni atom tuzilishi nuqtai nazaridan xossalarni urganishdan iborat. Statistik fizikada kvant mexaniqasida urganiladigan aloxida atom, molekula elementlar zarrachalar xossalari va qonunlari asos qilib olinadi.

Kup sonli zarrachalardan tashkil topgan sistemalar xolatini statistik qonuniyatlar bilan angiklanadi. Buning uchun fizik kattaliklarni urtacha qiymati olinadi. Aloxida zarralar xarakatini tavsiflaydigan qonuniyat (dinamik qonuniyatlar) lar bilan statistik qonuniyatlar orasidagi boglanish shundan iboratki, statistik fizika urganadigan makroskopik sistemalar xossalari aloxida zarralar xarakat qonunlariga bog`liq.

Sistemalar xolatini extimolligi

Turli sistemalar xolati u yoki bu extimollik bilan aniqlanadi. w_i xolatni i extimolligi, bu xolat bo`lishi mumkin bulgan t_i vaqtini, sistemani kuzatish tula vaqtga nisbatini chegarasiga aytildi.

$$\omega_i = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{t_i}{T}$$

Agar biror M fizik kattalik xolat funktsiyasi bo`lsa va M_i qiymatlarni olsa, u vaqtida sistema i xolatda deyiladi. Sistema i xolati extimolligi, M fizik kattalik M_i qiymat olish extimolligi bilan ustma-ust tushadi. Agar M kattalikni tula o`lchashlar soni N bo`lsa, M kattalikni M_i qiymat olgandagi o`lchashlar soni N_i ga teng bo`lsa, unda $\omega_i = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N_i}{N}$. Sistema xolatini uzluksiz uzgarishida, kattaliklar oralig`ini

xisobga olinadi. M kattalikni M dan $M=dM$ oralikda olishi mumkin bulgan qiymatlari extimolligi

$$d\omega(M) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{dt_m}{T}$$

Bu yerda dt_m - sistemani M dan $M=dM$ oralikda ub xolatlarda bo`lishi vaqt.

dM intervalda dt_m va $d\omega_M$ kattaliklar quyidagi kattaliklarga proportsional bo`ladi.

$$d\omega(M) = \delta(M)dM$$

bu yerda $\sigma(M)$ - extimolliklar zichligi yoki extimolliklar taksimot funktsiyasi deyiladi. Xolatlar extimolligini meyorlash sharti: Diskret xolatlarda $\sum_i \omega_i = 1$

Xolatlarning uzluksiz uzgarishida $\int d\omega(M) = \int \delta(M)dM = 1$.

M -kattalikni statistik urtacha qiymati $\bar{M} = \sum_i M \omega_i$ Agar M kattalik uzluksiz uzgarsa $\bar{M} = \int M d\omega(M) = \int M \delta(M)dM$

Bu yerda integrallash sistema xolatini xamma xolatlari buyicha olinadi. masalan, bir atomli gaz molekulasingin urtacha kinetik energiyasi:

$$\bar{E}_K = \int_0^{\infty} E_K f(E_K) dE_K = \frac{2}{\sqrt{\pi}(KT)^{3/2}} \int_0^{\infty} E_K e^{-\frac{E_K}{kT}} \sqrt{E_K} dE_K = \frac{3}{2} kT$$

Gibbs taksimoti

Atrofdagi jismlar bilan ta`sirlashmaydigan va o`zgarmas energiyaga ega bulgan yopik makroskopik sistemalar turli xolatlarning taksimoti Gibbsning mikrokanonik taksimoti deb ataladi. Bunday sistema uygotilgan bo`ladi: energiyaning xar bir qiymatiga xolatlarning turli qiymatlari to`g`ri keladi. Berilgan xolatning $\delta(E)$ uygotish darajasi ye energiyaga ega bulgan xolatlar soni deb ataladi. Mikrokanonik taksimot bir xil energiyaga ega bulgan turli xolatlarning teng extimoliyatiga asoslangan. Ma`lum energiya bilan istalgan xolatda uzok vaqt bo`ladigan makraskopik sistemalarni ergodik sistemalar deyiladi. Bunday sistemalarda makroskopik sistema biror vaqt ichida ye energiyaga ega bulgan xolatda bo`lsa, vaqt o`tishi bilan shunday energiyali xar qanday xolatiga uz-uzidan utadi va ulardan xar birida bir xil uzok bula oladi.

Sistemaning $\omega(E_i)$ xolati extimolligi Gibbsning mikrokanonik taksimotida ifodalanadi:

$$\omega(E_i) = C \delta(E_i)$$

Proportsionallik koefitsienti C me`yorlash shartidan aniqlanadi:

$$\sum_i \omega(E_i) = 1$$

Makroskopik sistemalarning biror kismi bulgan kvaziyopik sistemalarning turli xolatlarini taksimot extimolligi Gibbsning kanonik taksimoti deyiladi. Yopik sistemaning boshqa kismlaridan urtacha xususiy energiyasi katta bulgan kismi kvazi yopik sistema deyiladi.

Masalan, ideal gazning xar bir molekulasi juda past xaroratlarda kvazi yopik sistemalarni xosil kiladi. Uning xususiy kinetik energiyasi o`zaro ta`sir energiyasidan katta bo`ladi. Sistemalar xolati extimolligi fakat energiyaga bog'liq. Gibbsning kvant kanonik taksimotiga asososan:

$$\omega(E_i) = \frac{\ell^{-\frac{E_i}{Q}} \delta(E_i)}{\sum_i \ell^{-\frac{E_i}{Q}} \delta(E_i)}$$

Bu yerda $\omega(E_i)$ - kvaziyopik sistemani ye_i energiyali xolatda bulish extimolligi, $b(E_i)$ - uygonish darajasi, $=$ - kanonik taksimot moduli yoki statistik xarorat

$$Z = \sum_i \ell^{-\frac{E_i}{Q}} \delta(E_i)$$

bo`lib,u energetik o`lchovlarda ifodalanadi. ==KT - statistik yigindi

Maksvell-Bol tsman taksimoti

Maksvell-Bol tsman taksimoti yoki qonuni gaz molekulasini maydon potentsiali bulmagan koor-dinata va tezliklar buyicha taksimlanishini ifodalaydi. Bu taksimotning kuprok ishla-tiladigan formulasi:a)

$$dn_v = \frac{4n_0}{\sqrt{\pi} v_s^3} e^{-\frac{1}{v_s^2} \left(v^2 + \frac{2E_\pi}{m} \right)} v^2 dv$$

Bu yerda v_e - molekulaning eng katta extimollik tezligi, dn_u - xajm birligi ichidagi molekulalar soni, E_n - molekula potentsial energiyasi $n_0-E_n=0$ nuqtadagi xajm birligi ichidagi molekulalar soni

$$dw = const \frac{1}{(2\pi n KT)^{3/2}} e^{-\frac{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}{2mkT}} dP_x dP_y dP_z * e^{-\frac{E_a(x,y,z)}{KT}} d_x d_y d_z$$

Bu yerda dw - molekulalarning fazoviy xajmda koordinata va impul sning bulish extimolligi. Masalan, Gravatatsion maydondagi Bol tsman taksimotini kuraylik.

$$dn(x, y, z) = const e^{-\frac{mgh}{KT}} dx dy dz$$

Tortishish maydoni m massali molekulalarning potentsial energiyasi: $E_n=mgh$, bu yerda h -balandlik va g -erkin tushish tezlanishi. Xar bir balandlikda xarorat bilan aniqlanadigan molekulalarning tezliklar buyicha Maksvell taksimoti mavjud.Maksvell taksimotini impul slar buyicha integrallassak $dx.du.dz$ xajmdagi molekulalar sonini beradi:

Gaz zichligi $\sigma = \frac{dn(x, y, z)}{d_x d_y d_z} m$ balandliklar buyicha eksponentsiyal qonun

asosida kamayadi. $\sigma = const \cdot e^{-\frac{mgh}{KT}}$ Bu ifodadagi o`zgarmas (const) $h=0$

bulganda, shartidan aniqlanadi. Shunday qilib, $\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{mgh}{KT}}$ (barometrik formula). Gaz zichligi $h = \frac{KT}{mg}$ balandlikda h - marta kamayadi. Bu h ni gravitatsion maydonda Bol tsman taksimoti uzunligining tavsifi deyiladi

Nazorat savollari.

- 1.Akustika nimani o`rganadi?
- 2.Tovush deganda nimani tushunasiz?
3. Tovush manbalari necha xil bo`ladi?
4. Tovushning qanday ob`yektiv va sub`yektiv xarakteristikalar bo`ladi?

6. Ultratovush va infratovush qanday xususiyatlarga ega?
7. Yopishqoqlik kuchi qanday sodir bo`ladi?
8. Yopishqoqlik koeffitsientiga ta`rif bering.
9. Nyuton formulasini tushuntirib bering.

7-mavzu. Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy qonunlari va tenglamalari. (2)

Reja:

1. Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy qoidalari.
2. Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy tenglamalari.
3. Gaz molekulalarining issiqlik xarakati tezligi va energiyasi bo'yicha Maksvell taqsimoti.
4. Barometrik formula. Boltsman taqsimoti.

Tayanch iboralar:Maksvell taqsimoti, Barometrik formula, Boltsman taqsimoti, Termodinamik sistema, Molekulyar-kinetik nazariya, Diffuziya, Braun harakati Ideal gaz, Molekularning o`rtacha kvadratik tezligi.

Makroskopik sistemalar xossalarni molekulyar-kinetik tasavvurlar asosida va matematik statistik usullar bilan o'rganuvchi nazariy fizika bo'limi statistik fizika deb ataladi. Termodinamik sistemalarning xolatlari termodinamik parametrlar-sistema xolatini tavsiflovchi xamma fizik kattaliklar qiymatlari bilan aniqlanadi. Agar termodinamik parametrlardan biri boshqa qiymatga ega bo'lsa, bunda sistemaning xolati xar xil bo'ladi. Agar xolat vaqt bo'yicha o'zgarmasa statsionar xolat deyiladi. Statsionar xolatdagi sistemani muvozonat xolatdagi sistema deyiladi. Asosiy termodinamik parametrlar bosim, xarorat va xajmdir. Termodinamikada sistema xolatlari kattaliklarini ichki va tashqiga ajratiladi. Sistemaga ta'sir etayotgan tashqi jismlar koordinatasiga bog'liq bo'lgan parametrlar tashqi deyiladi. Masalan, gazni xajmi tashki jism-idish devorlariga bog'liq bo'lgani uchun tashqi kattalik xisoblanadi. Jism tashkil topgan zarrachalar tezliklariga bog'liq bo'lgan kattaliklar ichki kattaliklar deyiladi. Masalan, bosim va sistema energiyasi. Statistik fizika muvozonat xolatdagi sistemalarni ko'rib chikadi. Statistik fizikaning asosiy vazifasi sistemalarni atom tuzilishi nuqtai nazaridan xossalarni o'rganishdan iborat. Statistik fizikada kvant mexanikasida o'rganiladigan aloxida atom, molekula elementar zarrachalar xossalari va qonunlari asos qilib olinadi.

Ko'p sonli zarrachalardan tashkil topgan sistemalar xolatini statistik qonuniyatlar bilan angıqlanadi. Buning uchun fizik kattaliklarni o'rtacha qiymati olinadi. Aloxida zarralar xarakatini tavsiflaydigan qonuniyat (dinamik qonuniyatlar) lar bilan statistik qonuniyatlar orasidagi bog'lanish shundan iboratki, statistik fizika o'rganadigan makroskopik sistemalar xossalari aloxida zarralar xarakat qonunlariga bog'liq.

Molekulyar-kinetik nazariya modda holatining eng sodda holi bo'lgan gaz holatini talqin qilishda katta yuto'qlarga erishdi. Bu nazariya soddalashtiruvchi bir

qator farazlar kiritilgan sharoitdagи o'zining eng elementar ko'rinishida ham gaz holatining asosiy xossalarni va gazlarda bo'ladijan hodisalarni sifat jihatidan emas, balki miqdor jihatidan ham izoxlab bera oladi.

Biz yechmoqchi bo'lган birinchi masala gazning idish devorlariga beradigan bosimining kattaligini hisoblash masalasiidir. Bu masalaning yechilishi absolyut temperaturaning fizik tabiatini yechib beradi. Masalani yechish uchun gazlarning eng sodda molekulyar-kinetik modelidan foydalanamiz. U quyidagichadir:

1. Gaz molekulalari olisdan bir-biriga ta'sir ko'rsatmaydi, va ular tartibsiz xaotik harakatda bo'ladi;

2. Gaz molekulasingin o'lchami juda kichik, shuning uchun gaz molekulalarining xususiy hajmi idishda egallangan hajmidan juda kichik va ular shar shaklida. Molekulalarning o'lchamlari:

Moddalar uzlusiz harakatda bo'lган atom va malekulalardan tuzilgan degan fikri soslangan moda tuzilishi haqidagi nazariyaga molekulalar-kinetik nazariya deyiladi. (MKN)

MKN uchta qoidaga asoslangan:

1. Modda zarralaridan tuzilgan:

2. Bu zarralar tartibsiz harakat qiladi:

3. Zarralar o'zaro ta'sirlashadi:

MKN asoslarini XUJ asarda M.V.Lamansov Aniq bayon qilib berdi va tajribada tasdikladi.

Molekulalar-kinetik nazariya (MKN) to'g'rilagini Braun harakati, diffuziya va boshqa hodisalar to'la tasdiqlaydi. Broun harakati deb, suyuqlik yoki gazla muallaq hlatdagi qattiq va erimaydigan zarrachalarning uzlusiz xaotik harakatiga aytildi.

Diffuziya deb, bir biri bilan chegaralash ikki moda molekulalarining xaotik harakati natijasida o'xaro aralashib ketish xodisasiga aytildi.

Gazlarda diffuziya hodisasini tajribada birinchi bo'lib avstryalik fizik Loshmidat kuzatgan. Diffuziya xodisisi tabiatda va tehnikada katta ro'l o'ynaydi.

Tehnikala diffuziya har xil modalarni masalan, lavlagidan qandni, ximiya sanoatida xilma-xil moddalarni, tabbiy uran rudasidan yadro yoqilg'isi « $_{92}U^{235}$ iz topishni ajratib olishda va shu kabilardan foydalanadi».

MKN uchta qonunning asoslarida.

Bu Braun harakati qonunlaridir, ya'ni:

1. Braun harakati tashqi sabablarga bog'liq bo'lmasdan, to'xtovsiz sodir bo'lib turadi.

2. Braun xarakatining inteksivligi zarralarining o'lchamiga va shakliga bog'liq bo'lib, zarra materialiga bog'liq emas Braun harakati zarralarning o'lchami 1 mM (10^{-3} M) bo'lganda kuzatiladi.

3. Suyuqlik temperaturasi ko'tarishi bilan Braun harakatini inteksivligi ortadi.

Molekulalar (atomlar) massasi va moddasi miqdori quyidagi tartibda aniqlashi mumkin. Atom va molekulalarning nisbiy masalasi m_0 -berilgan molekula (yoki atom) massasi.

$$M_H = \frac{m_0}{\frac{1}{12}m_{oc}},$$

$\frac{1}{12}m_{oc}$ -uglerod molekulasi (yoki atom) massasini qismi.

Bunda: $m_o = \frac{1}{12}M_H \cdot m_{oc}$ bunda m_o -xisoblanayotga molekulaning massasi.

Masalan: Kaliy ($_{19}K^{33}$) ning atom massasi ga teng: Gелий ($_{2}He^4$) atomining massasi 4 ga teng.

Moda miqdori (v) deb, jisimdagи atomlar soni N ning 0,012 kg masalasi uglerodda mavjud bo'lgan atomlar soni Na ga bo'yiga nisbasiga aytildi: $v = \frac{N}{Na}$, (1mol) 0,012 kg ugleroddagi atomlar soniga teng bo'lgan molekulalar soni. Molyar massa (*) Bilan belgilanadi va $M = \frac{m}{v} \left(\frac{\text{kg}}{\text{mol}} \right)$ dan hisoblanadi.

Molyar massa deb, 1 mol moda miqdoriga mos kelgan massaga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytildi: ya`ni $m_0 m_o N$ uchun $* = m_o Na$ bo'ladi. Mol ta`rifiga binoan, har qanday moddaning bir mol miqdoridagi molekula yoki atomlar soni bir xil buladi.

Bu songa Avogadro soni deb, ataladi, ya`ni.

$$Na = \frac{M_c}{m_{oc}} = \frac{M_c}{m_o}, Na = \frac{M_c}{m_{oc}} = \frac{0,012 \text{ kg/mol}}{m_{oc}} \text{ ni}$$

E'tiborga olsak.

$$M = m_o Na = \frac{1}{12}M_H \cdot m_{oc} \cdot \frac{0,012 \text{ kg/mol}}{m_{oc}} = M_H \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$$

$$Na = \frac{M_c}{m_{oc}} = 6,023 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$$

Moddalardagi molekular soni:

$$N = \gamma Na = \frac{m}{M} Na$$

Avagadro qonuni quyidagicha ta'riflanadi: «Bu xil temperatura va bir xil bosimdagи istalgan gazlarning teng hajmlaridagi molekulalar soni bir xil bo'ladi».

Normal sharoitda, ya`ni $t=0$ °C, Atm 1 atom 1 mol gazning hajmi, ya`ni molyar hajmi: $V_M = 22,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}} = 22,4 \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{mol}}$ bo'ladi. Shuningdek, molekulalar kontsentratsiya:

$$n = \frac{Na}{V_M} = \frac{6,023 \cdot 10^{23}}{22,4 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{1}{\frac{\text{m}^3}{\text{mol}}} = 2,69 \cdot 10^{25} \frac{1}{\text{m}^3} \text{ bo'ldi.}$$

Bunda Lashmid soni deyiladi.

vqs: d (S-qatlam yuzi, d-qatlam qalinligi) yordamida molekulalarning o'lchamlarini aniqlah mumkin.

Zaytun moyi molekulalarning o'lchami quyidagiga teng.

$$V = 1\text{mm}^3, S = 0,6\text{m}^3,$$

$$d = \frac{V}{S} = \frac{0,001\text{sm}^3}{6000\text{sm}^3} \approx 1,7 \cdot 10^{-7} \text{sm}.$$

Massasi 1% ya'ni xajmi 1cm^3 bo'lgan suv tomchisida tahminan qancha molekulalar borligini hisoblaymiz. Suv molekulaasining diametrik $D = 3 \cdot 10^{-8} \text{sm}$ ni egallasa 1cm^3 da sm

$$V = 3 \cdot 10^{-8} \text{sm}^3$$

$$N = \frac{1\text{sm}^3}{(3 \cdot 10^{-8})^3 \text{sm}^3} \approx 3,7 \cdot 10^{22} \text{ ta molekula bo'ladi.}$$

Demak, atomning o'lchami: $D = 10^{-8} \text{sm} = 10^{-10} \text{m}, S_{\text{uv}}$

$$\text{molekulasining massasi: } m_0(H_2O) = \frac{12}{3,7 \cdot 10^{22}} \approx 2,7 \cdot 10^{-23} \text{e bo'ladi}$$

Molekulaalrning o'lchamlari va massasi.

Molekulalarning chiziqli kattaligi $10^{-8}\text{-}10^{-10} \text{ m}$ bo'ladi. Alovida molekulalarning massalari juda kichik bo`lib, maxsus asbob-massa -spektrometrlar yordamida aniqlanadi. masalan. suv molekulasining massasi $3 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ atrofida. Xalqaro kelishuvlarga asosan etalon, ya'ni birlik atom massasi m_0 sifatida uglerod ^{12}C izotopi massasining 1\12 qismi qabul qilingan

$$mo = \frac{1}{12} m_{0C} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{kg}$$

Modda miqdori

Modda miqdori-moddagji molekulalar sonining 0,012 uglerodda qancha molekulalar bo`lsa, shuncha molekulalari bo`lgan modda miqdoridir. Uning SI dagi birligi $v=1\text{mol}$. 1 mol-0,012 kg uglerodda qancha molekulalar bo`lsa, shuncha molekulaalri bo`lgan modda miqdoridir.

Avagadro soni va Avagadro qonuni.

Istalgan moddaning 1 molida bir xil sondagi molekulalar mayuddir. Bu son Avagadro doimiysi deyiladi. 0,012 kg uglerodda N_A ta molekula bor:

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$$

ya'ni istalgan moddaning bir molida $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$ ta molekula mavjud.

Bir xil temperatura va bir xil bosimda istalgan gazning bir moli bir xil hajjni egallaydi. Normal sharoitda bu hajm

$$N_o = 22,41 \cdot 10^{-3} \text{m}^3/\text{molga teng}.$$

Normal sharoit.

Normal sharoit: bosim normal atmosfera bosimi $p=101325 \text{ Pa}=760 \text{ mm.sim.ust.va}$ temperatura $T=273,15 \text{ K}$ yoki $t=0^\circ\text{C}$ bo`lgan sharoit.

Molekulyar massa. Molekulyar massa bir mol moddaning massasi kabi aniqlanib, molekula massasining Avagadro soniga ko`paytmasi kabi aniqlanadi.

$$M = m_{\text{mol}} \cdot N_A$$

Ideal gaz molekulyar – kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi

$$P = \frac{1}{3} n m_0 \langle \vartheta_{\text{ke}} \rangle^2 = \frac{2}{3} n \langle \varepsilon_0 \rangle$$

bunda m_0 – bir dona molekulaning massasi

$\langle \vartheta_{\text{ke}} \rangle$ - o`rtacha molekulalarning kvadratik tezligi.

$\langle \varepsilon_0 \rangle$ - molekula ilgarilanma harakatining o`rtacha kinetik energiyasi

$$E = N \langle \varepsilon_0 \rangle = N \cdot m_0 \langle \vartheta_{\text{ke}} \rangle^2 / 2 = N \cdot 3/2 K T = \frac{3}{2} R T$$

$$E = \frac{3}{2} R T$$

Maksvell taqsimoti

$$dN(\vartheta) = N 4 \pi \left(\frac{m_0}{2 \pi k T} \right)^{\frac{3}{2}} \vartheta^2 e^{- \frac{m_0 \vartheta^2}{2 k T}} d\vartheta$$

$f(\vartheta) = 4 \pi \left(\frac{m_0}{2 \pi k T} \right)^{\frac{3}{2}} \vartheta^2 e^{- \frac{m_0 \vartheta^2}{2 k T}}$ - molekulalarning tezliklar bo`yicha taqsimlanish funksiyasi deyiladi.

$$\vartheta \text{ o`rniga } \varepsilon = \frac{m_0 \vartheta^2}{2} \text{ dan } \vartheta = \sqrt{\frac{2 \varepsilon_0}{m_0}} \quad \text{qo`ysak:}$$

$$dN(\varepsilon) = \frac{2N}{\sqrt{\pi}} (\kappa T)^{-\frac{3}{2}} \varepsilon^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{\varepsilon}{\kappa T}} d\varepsilon$$

$$dN(\varepsilon) = N f(\varepsilon) d\varepsilon$$

1) Molekularning o`rtacha kvadratik tezligi:

$$\langle \vartheta_{\text{ke}} \rangle = 1,7 \sqrt{\frac{RT}{\mu}}$$

2) Molekularning o`rtacha arifmetik tezligi:

$$\langle \vartheta \rangle = 1,6 \sqrt{\frac{RT}{\mu}}$$

$$3) \text{ Ehtimol eng katta tezligi } \vartheta_3 = 1,4 \sqrt{\frac{RT}{\mu}}$$

8-mavzu. Gaz molekullalarining o'rtacha to'qnashish soni va o'rtacha erkin yugirish yo'lli. Ideal gaz ichki energiyasi.. (2)

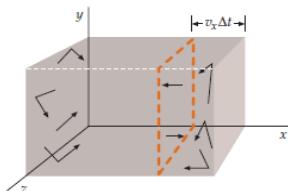
Reja:

- 1.Ideal gaz qonunlari.
- 2.Izoyerayonlar.
- 3.Ideal gaz xolat tenglamasi.
- 4.Ichki energiya o'zgarishi.
- 5.Termodinamik ish. Issiqlik miqdori.
- 6.Termodinamika qonunlari.

Tayanch iboralar:Maksvell taqsimoti, Barometrik formula, Boltzman taqsimoti, Termodinamik sistema, Molekulayr-kinetik nazariya, Diffuziya, Braun harakati Ideal gaz, Molekularning o'rtacha kvadratik tezligi.

Gazning idish devorlariga beradigan bosimi molekulalarning xaotik harakati bilan bog'liq va ularning uzlusiz ravishda devorga urilib turishining natijasidir. Molekulalarning devorga urilish kuchi, albatta, uning tezligiga (yoki kinetik energiyasiga) bog'liq. Shuning uchun gazning bosim molekulalarning ilgarilama harakati o'rtacha kinetik energiyasi (E) ga bog'liq bulishi kerak:

$$P = \varphi(\bar{E}) \quad (8.1)$$



1-rasm Malekulalar harakati

Ana shu munosabat ideal gazning kinetik nazariyasida chiqariladi. Va u kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi deb ataladi. Bu tenglamani 1850 yillarda nemis fizigi Klauzius topgan. Klauzius tenglamasini keltirib chiqarishdan oldin molekulalarni moddiy nuqta deb qarashga kelishib olamiz. Ideal gazda bosim katta bo'lmaydi, shuning uchun molekulalar o'rtasidagi masofa molekulalarning diametriga qaraganda ancha katta bo'ladi. Shuning uchun ular o'rtasidagi tortishish va itarishish kuchlarini hisobga olmasa ham bo'ladi. Lekin ular to'qnashganda (o'zaro yoki devor bilan) absolyut elastik sharlarga o'xshab to'qnashadi, deb hisoblaymiz.

Bunday to'qnashuvda tezliklarning yo'nalishi o'zgaradi, qiymati esa o'zgarmaydi. Molekulalarning urtasidagi masofa katta bo'lganligi ular asosan devor bilan to'qnashadilar. Ana shunday talablarga javob beradigan gaz ideal gaz deyiladi. Demak, ideal gaz molekulalari elastik moddiy nuqta kabi bo'lib, ular orasida tortishish kuchlari bo'lmaydi.

Faraz qilaylik, tomonlari a ga teng kubda n molekuladan iborat ideal gaz joylashgan, har bir molekulaning massasi m . Dekart koordinatalar sistemi kub

markaziga joylashtiramiz. Shunda molekulalar xaotik ravishda harakat qilayotganligi uchun ularning $\frac{1}{3}$ qismi y o'qi, $\frac{1}{3}$ qismi z o'qi bo'ylab harakat qiladi. Demak, har bir o'qqa parallel, \pm yo'nalishda $n' = \frac{1}{3}n$ ta molekula harakatlanadi.

Shu molekulalarning v tezlik o'ng devorga qarab ketayotganlarining harakatlarini kuzatamiz. Molekula devorga urilganda Δf kuch bilan Δt vaqt ichida ta'sir ko'rsatsin. Unda molekulaning devoriga berilgan kuch impulsi teng bo'ladi $\Delta f \Delta t$ ga. Bu esa o'z navbatida teng:

$$\Delta f \Delta t = mv - (-mv) = 2mv \quad (8.2)$$

Δf juda qisqa vaqt davom etadi. Shuning molekulasi 1 sekund ichida devorga ko'rsatgan ta'sir kuchining o'rtacha qiymati $\bar{\Delta f}$, Δf dan ancha kichik bo'ladi.

Albatta o'rtacha $\bar{\Delta f}$ kuchning impulsi devorga 1 sekund ichida ta'sir qiluvchi Δf kuchlar impulslarining yig'indisiga teng bo'ladi.

$$\bar{\Delta f} \cdot 1syk = \Delta f \cdot \Delta t \cdot k$$

k-molekulaning 1 sekund ichida o'ng devorga urilishlar soni. Ma'nosi bo'yicha k soni molekulaning 1 sekundda bosib o'tgan yo'lining $2a$ ga bo'linganligiga teng. $2a$ -molekulaning devorga ikki marta ketma-ket urilishlar o'rtaida bosib o'tgan yo'li. 1 sekund ichida molekula v ga teng uzunlikni bosib o'tadi., shuning uchun $k = \frac{v}{2a}$, u holda;

$$\bar{\Delta f} = \Delta f \Delta t \frac{v}{2a} = 2mv \frac{v}{2a} = \frac{mv^2}{a} \quad (8.3)$$

Bu ifoda bitta molekula uchun yozildi, lekin o'ng devorga n' ta molekula kelib uriladi. Shuning uchun o'ng devorga ta'sir qilayotgan to'la kuch n' ta molekulalarning ta'sir kuchlarining yig'indisiga teng bo'ladi:

$$f = \sum_i^{n'} \bar{\Delta f} = \sum_i^{n'} \frac{mv_i^2}{a} = \frac{m}{a} \sum_i^{n'} v_i^2 \quad (8.4)$$

bu erda $v_i = v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ - molekulalar tezliklari. Bu ifodaning o'ng tarafini n' ga ko'paytiramiz va bulamiz:

$$f = \frac{m}{a} n' \frac{1}{n'} \sum_i^{n'} v_i^2 \quad (8.11)$$

hosil bo'lган $\frac{1}{n'} \sum_i^{n'} v_i^2$ ifoda ta'rif bo'yicha o'rtacha kvadratik tezlik U ning kvadratini bildiradi:

$$U = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_{n'}^2}{n'}} - o'rtacha kvadratik tezlik.$$

Demak, ; $f = \frac{mn'u^2}{a}$; f ni a^2 ga bo'lamiz va n' ning o'rniga $\frac{1}{3}n$ ni qo'yamiz: $\frac{f}{a^2} = \frac{mu^2}{a^3} \cdot \frac{1}{3}n$ $a^2 = S$ -o'ng devor yuzi va $a^3 = V$ -kub hajmi bo'lganligini hisobga olsak hosil bo'ladi:

$$\frac{f}{S} = \frac{1}{3} \frac{mnu^2}{V} \quad (8.12)$$

Lekin $\frac{f}{S} = P$ -gazning devorga bosimi, $\frac{n}{V} = n_0$ -molekulalar zichligi.

Shuning uchun:

$$P = \frac{1}{3} mn_0 u^2 = \frac{2}{3} n_0 \frac{mu^2}{2} \quad (8.13)$$

Lekin, $\frac{mu^2}{2} = \bar{E}$ -molekulaning o'rtacha kinetik energiyasidir.

Demak:

$$P = \frac{2}{3} n_0 \bar{E} \quad (8.14)$$

Bu ifoda ideal gaz kinetik nazariyasining asosiy tenglamarasidir: gazning bosimi molekulalarning ilgarilama harakati o'rtacha kinetik energiyasiga proporsional ekan. Asosiy tenglamani bir mol gazning hajmi V_μ ga ko'paytiramiz:

$$PV_\mu = \frac{2}{3} n_0 \bar{E} V_\mu \quad (8.15)$$

$n_0 V_\mu = N_A$ -Avogadro soni bo'lganligi uchun:

$$PV_\mu = \frac{2}{3} N_A \bar{E} \quad (8.16)$$

Lekin Mendeleev-Klapeyron tenglamasi bo'yicha:

$$PV_\mu = RT$$

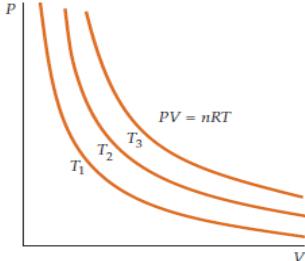
$$\text{Shuning uchun} \quad \frac{2}{3} N_A \bar{E} = RT \quad \text{va} \quad \bar{E} = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} T = \frac{3}{2} kT$$

$$k = \frac{R}{N_A} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{grad} \text{ - Boltsman doimiysi}$$

$$\text{Demak, } P = n_0 k T \quad (8.17)$$

ekan. Bu -asosiy tenglamaning boshqacha ko`rinishidir.

Berilgan massali gazni holatini harakterlash uchun bosim P , hajm va temperatura kabi parametrlardan foydalilanadi. Agar gazning holati o'zgarmasa bu parametrлarning hammasi yoki bir qismi o'zgaradi. O'zgarmas temperaturada hajmning o'zgarishi bilan gazning bosimi o'zgarsa, bunday jarayonga izotermik jarayon deb ataladi. O'zgarmas bosimda temperatura ta'sirida hajm o'zgarsa. Bunday jarayonga izobarik jarayon deb ataladi.



2-rasm Temperaturaning grafigi

O'zgarmas hajmda temperatura ta'sirida bosim o'zgarsa, bunday jarayonga izoxorik jarayon deyiladi. Ideal gazning holat tenglamasini o'rganishdan oldin, molekulyar-kinetik nazariya yaratilguncha topilgan bir necha gaz qonunlarini o'rganib chiqamiz.

Boyl-Mariott qonuni. Izotermik gaz jarayonlarini o'rganib turib ingliz olimi Boyl (1662-y.) va frantsuz olimi Mariott (1667-y.) quyidagi gaz qonunini yaratdilar: gazning berilgan massasi uchun o'zgarmas temperaturada gazning bosmi hajmiga teskari propartsionaldir.

$$PV = \text{const} \quad (8.1)$$

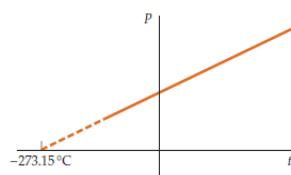
Gey-Lyussak qonunlari:

- a) Gazning berilgan massasi uchun o'zgarmas bosimda uning hajmi temperaturaga proprotsional ravishda o'zgaradi (8.2-rasm):

$$V = V_0(1 + \alpha t) \quad (8.2)$$

V_0 -gazning 0°C dagi hajmi, α -gazning hajmiy kengayish koefitsienti, $\alpha = \frac{1}{273} \text{ cm}^3 \text{Pa}^{-1} \text{K}^{-1}$.

b) gazning berilgan massasi uchun uning bosimi o'zgarmas hajmda temperaturaga proprotsional ravishda o'zgaradi (3-rasm):



4-rasm Absalyut temperaturaning grafigi

$$P = P_0(1 + \gamma t) \quad (8.3)$$

P_0 -gazning P_0 0°C dagi bosimi, γ -bosimning termik koefitsienti,

$$\gamma = \alpha = \frac{1}{273^{\circ}\text{C}}.$$

Absolyut temperatura va Selsiy shkalasi o'rtaida quyidagi munosabat mavjud: $T = t + 273,15^{\circ}\text{C}$

Dalton qonuni. 1801 yilda ingliz fizigi va ximigi Dalton gaz aralashmasining bosimi bilan shu aralashmadagi gazlarning partsial bosimlari

urtasidagi munosabatni topdi: P_i gaz aralashmasining bosimi P shu aralashmadagi gazlar partsial bosimlarining yig'indisiga teng.

$$P = P_1 + P_2 + \cdots + P_n + \sum_i^n P_i \quad (8.4)$$

Avogadro qonuni. 1811 yilda italyan olim Avogadro kuyidagi qonunni yaratdi: bir xil temperatura va bosimda harqanday gazning 1 kilomoli bixil hajmni egallaydi².

Normal sharoitda bu hajm $22,42 \frac{m^3}{kmol}$ yoki $22,42 \cdot 10^3 \frac{litr}{kmol}$ ni tashkil etadi.

Ideal gazning holat tenglamasini Klapeyron (1834y) va Mendeleevlar (1875y) yaratgan. Avval bu tenglamani Klapeyron

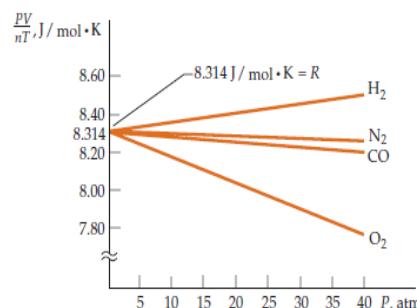
$$\frac{PV}{T} = B = const \quad (8.5)$$

ko'rinishda berdi. Bu erda P gazning bosimi, V -uning hajmi, T -temperaturasi, V esa o'zgarmas parametr. Lekin tenglamani bir kamchiligi bor edi. Undagi o'zgarmas parametr har xil gaz uchun har xil qiymatga ega edi. Ana shu kamchilikni yo'qotish uchun Mendeleev bu tenglamaga o'zgartirishlar kiritdi va har qanday ideal gaz uchun ishlaydigan shaklda yozdi:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \quad (8.6)$$

Bu erda m -ideal gazning massasi, μ -1 kilomol gazning massasi, R -universal gaz doimiysi (-rasm). Uning kiymati:

$$R = \frac{1,013 \cdot 10^5 \cdot 22,42}{273} \approx 8,32 \cdot 10^3 \frac{J}{grad \cdot kmol} \text{ ga teng.}$$



5-rasm Uneversal gaz doimiysi

Keyinchalik (8.6) formula Klapeyron-Mendeleev degan nom oldi

Bu modeldan gazning har bir molekulasi hamma vaqt erkin harakatda va ba'zan boshqa molekulalar bilan yoki idish devorlari bilan elastik ravishda to'qnashib turadi. Bu model biz bilamizki, ideal gaz modelidir. Yana shuni e'tiborga olamizki gaz molekulalari tartibsiz xaotik harakatda bo'lganidan ular barcha yo'naliishlar bo'yicha bir xil ehtimollik bilan harakat qiladilar. Bunday fikrga kelishimizga yana bir sabab, gaz idish devorlariga hamma joyda bir xil

bosim ko'rsatadi. Agar bordi-yu, molekulaning biror yo'naliish bo'yicha harakati ustunlik kilganda unda gaz devorining shu yo'naliishi tomonida yotgan qismiga ko'proq bosim ko'rsatar edi.

Molekulaning tezligi juda xilma-xil bo'lishi mumkin. Ular to'qnashganda, massalari bir xil bo'lgan ikkita shar o'zaro elastik markaziy to'qnashgani kabi, tezliklari almashadi. Birining tezligi oshsa, boshqasini kamayadi. CHunki to'qnashguncha bo'lgan umumiy kinetik energiya, to'qnashgandan keyingi umumiy kinetik energiyaga teng bo'lishi kerak. Qo'yilgan masalani yechishni soddalashtirish uchun molekulalar harakatining xarakteriga aloqador bo'lgan ba'zi soddalashtiruvchi farazlarni kiritamiz:

1. Molekulalar faqat o'zaro perpendikulyar bo'lgan uchta yo'naliishda harakatlanadi. Agar gazda N dona molekula bo'lsa, har bir yo'naliishda $N/3$ ta molekula ishtirok etadi. Agar yo'naliishi qarama-qarshi tomonini hisobga olsak, har bir yo'naliish bo'yicha $N/6$ ta molekula harakat qiladi. Bunday farazga asosan bizni qiziqtirayotgan yo'naliishda (masalan, idish devorining mazkur dS elementiga o'tkazilgan normal bo'ylab) molekulalarning $1/6$ qismi harakat qiladi, deb hisoblaymiz.

2. Hamma molekulalarning tezligi V deb hisoblaymiz. 1-soddalashtirish oxirgi natijaga ta'sir etmaydi. Buni ko'rsatish mumkin.

Idish devoriga kelib urilganda molekula devoriga kuch dp impuls beradi, bu impulsning son qiymati, molekula miqdorining o'zgarishiga teng. Devor sirtining har bir dS elementini ko'p miqdordagi molekulalar doimiy ravishda bombardimon qilib turadi. Buning natijasida dS element dt vaqt ichida dS ga normal bo'yicha yo'naligan dp yig'indi impuls oladi. Mexanikadan ma'lumki,

$$F = P * S$$

$$S \text{ ga ta'sir etuvchi kuchga, } P = \frac{F}{S}, \text{ esa, bosimga tengdir. Bu elementar}$$

tushunchalardan foydalanib idish devoriga urilayotgan molekulalarning usha idish devoriga beradigan bosimini hisoblasak, quyidagi ifodani hoslil qilamiz.

$$R = \frac{1}{3} nmv^2,$$

Gaz molekulasining ilgarilama harakati kinetik energiyasini hisobga olib (3.3) dan

$$P = \frac{2}{3} nE_{kin}$$

ga ega bo'lamiz. Bir atomli ideal gaz molekulasining ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi uchun shunday ifoda mavjud:

$$E_{kin} = \frac{3}{2} k T$$

bu yerda k —Bolsman doimiysi, $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

Shunisi qiziqliki, E_{kin} faqat temperaturaga bog'liq bo'lib, molekulaning massasiga bog'liq emas. (8.5) dan ko'rindiki, temperaturaning absolyut shkalasi (Bolsman shkalasi) bevosita fizik ma'noga ega bo'lib qoladi. Absolyut 0° temperaturada molekulaning ilgarilama harakati butunlay to'xtab holadi. Lekin bu temperaturada molekula va atomlar ichidagi harakat to'xtamaydi. Agar

tekshirayotgan gaz bir turli emas, balki har xil gaz aralashmasi bo'lsa, P_1 , P_2 , P_3 va hokazo bu bosimlar *parsial bosimlar* deyiladi.

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n.$$

Dalton qonunining ifodasisidir, ya'ni *ideal gazlarda parsial bosimlarning yig'indisi butun gaz aralashmasining bosimiga tengdir.*

Molekulalarning harakat kinetik energiyasi, umuman aytganda ularning ilgarilama harakat kinetik energiyalaridangina iborat emas. U molekulalarning aylanish va tebranish kinetik energiyalarining yig'indisidan iborat bo'lshi ham mumkin. Molekulalarnig barcha tur harakatlariga to'g'ri keladigan energiyani hisoblash uchun *erkinlik darajasi* degan tushunchani kiritish kerak bo'ladi. Jismning fazodagi vaziyatini aniqlash uchun zarur bo'lgan erkli koordinatalarning soniga jismning *erkinlik darajasi* deyiladi. Masalan, moddiy nuqtaning erkinlik darajasi 3 ga teng. Gazning har bir molekulasi ma'lum erkinlik darajasiga ega bo'lib, uning ilgarilama harakatiga 3 ta erkinlik darajasi to'g'ri keladi. Gazlar molekulyar-kinetik nazariyasining asosida molekulalar harakatining butunlay tartibsziligi to'g'risidagi faraz yotadi: molekulalarning harakatidagi bunday tartibszilik faqat ilgarilama harakatdagina emas, balki barcha tur harakatlariga (aylanma, tebranma) ham xosdir. Harakat turlarining barchasi teng qiyatlidir. SHu sababli molekulalarning har bir erkinlik darajasiga o'rtacha bir xil miqdorda energiya to'g'ri keladi, deyish tabiidir. Bu holat energiyaning erkinlik darajalari bo'yicha birday (tekis) taqsimlanishi qonuni nomi bilan yuritiladi. Bunda bitta erkinlik darajasi ($i=1$) ga to'g'ri kelgan o'rtacha energiya

$$E_{kin0} = \frac{1}{2} kT.$$

bo'ladi. Gaz molekulasining erkinlik darajasi $i = i_{ayl} + i_{teb}$ ga teng. Tebranma harakatda ham kinetik, ham potensial energiya bo'ladi.

SHuning uchun

1 atomli molekulada $i = 3$.

2 atomli molekula (qattiq bog'lam) $i = 5$, tebranish yo'q .

3 atomli molekula (elastik bog'lam) $i = 7$, tebranish bor.

3 va undan ortik (qattiq bog'lam) $i = 6$, tebranish yo'q.

Bir atomli molekulaning harakati faqat ilgarilanma harakatdan iborat bo'ladi. Lekin ikki va undan ortiq atomlardan tashkil topgan molekulalar ilgari lanma harakatdan tashkari aylanma harakatda ham ishtirok etishlari mumkin, shuningdek ular tarkibidagi atomlar esa yana tebranma harakatda ham ishtirok etishlari mumkin. Shuning uchun molekulaning to'la energiyasi ilgarilanma, aylanma va tebranma harakat energiyalarining yig'indisidan iborat.

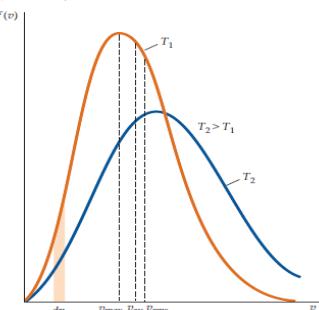
To'la energiyani hisoblash uchun erkinlik darajasi tushunchasi bilan tanishib chiqaylik. Jismning fazodagi vaziyatini to'la ravishda ifodalash uchun zarur bo'lgan erkli koordinatalar soniga shu jismning erkinlik darajasi deyiladi. Moddiy nuqtaning erkinlik darajasi uchga teng ekan. Har qanday atom yoki bir atomli molekula moddiy nuqta deb qaralishi mumkin. Agar molekula bir - biri bilan elastik tarzda bog'langan N ta atomdan tashkil topgan bo'lsa, molekulaning berilgan vaqtida fazodagi vaziyatini to'la aniqlash uchun $3N$ ta erkin koordinata zarur bo'ladi. Ya'ni, bunday molekulaning erkinlik darajasi $3N$ ga teng. Lekin shu

molekuladagi istalgan ikki atom orasidagi masofa aniq qiymatga ega bo'lib, u vaqt o'tishi bilan o'zgarmasa, molekulaning erkinlik darajasi $3N$ dan bitta kam bo'ladi. Bunday masofa bir nechta bo'lsa, $3N$ shunday masofalar soniga kam bo'ladi.

Ikki atomli molekula erkinlik darajasi. Ikkala atom orasidagi masofa vaqt o'tishi bilan o'zgarmasa, bunday molekulaning erkinlik darajasi $3N - 1 = 3 \cdot 2 - 1 = 5$ ga va aksincha, atomlar bir-biri bilan elastik ravishda boglangan bo'lsa, yani masofa vaqt o'tishi bilan o'zgarib tursa, 6 ga teng bo'lishi kerak.

Molekula inertsiya markazining fazodasi 36-rasm Bir atomli gazning harakati bilan aniqlanadi. Atomlar orasidagi masofa fazodagi vaziyatini aniqlash uchun zarur bo'lgan koordinatalar x, y, z va α, β, γ lardan iborat buladi va bunday molekulaning erkinlik darajasi 5 ga teng. 8 - rasm

Shunday qilib bir atomli molekulaning erkinlik darajasi 3 ga teng, ikki atomli molekula erkinlik darajasi 5 ga yoki 6 ga teng va xokazo. Demak ilgarilanma harakat erkinlik darajasi hamma vaqt 3 ga teng, aylanma va tebranma harakat erkinlik darajalari kuzatilayotgan molekulaning xarakteriga qarab turli qiymatlarga ega bo'lishi mumkin. Molekulaning erkinlik darajasi i ni ilgarilanma, aylanma va tebranma harakatlar erkinlik darajalarining yig'indisidan iborat deb qarash mumkin:



6-rasm Energiya bo'yicha

$$i = i_{us} + i_{aui} + i_{me6}$$

Ilgarilanma harakat erkinlik darajasi eng ekanligini etiborga olib, ilgarilanma harakatning har bir erkinlik $\frac{1}{2}kT$ energiya to'g'ri keladi degan xulosaga ega bo'lamiz. Umuman, ilgarilanma, aylanma va tebranma harakatning birortasi ikkinchisidan ustun ravishda ajralib turmaydi.

Statistik fizikaning muhim qonunlaridan biri - energiyaning erkinlik darajasi bo'yicha bir xilda taqsimlanish qonuni ilgarilanma, aylanma va tebranma harakatning har bir erkinlik darajasiga o'rtacha $\frac{1}{2}kT$ kinetik energiya to'g'ri kelishini ko'rsatadi. Demak, erkinlik darajasi i ga teng bo'lgan molekulaning o'rtacha kinetik energiyasi ifoda orqali aniqlanadi.

$$\varepsilon = \frac{i}{2}kT$$

Lekin i ni aniqlashda quyidagilarga etibor berilishi kerak. Molekula ilgarilanma yoki aylanma harakatda qatnashayotgan bo'lsa, u faqat kinetik energiyaga ega buladi. Molekuladagi atomlar tebranma harakatda ham qatnashayotgan bo'lsa, tebranma harakat ham kinetik energiyaga, ham potentsial energiyaga ega bo'ladi va bu kinetik energiyaning o'rtacha qiymati potentsial energiyaning o'rtacha qiymati bilan bir xil buladi. Shuning uchun tebranma harakatning har bir erkinlik darajasiga $2 \cdot \frac{1}{2} kT$ energiya to'g'ri keladi.

Yuqoridagi munosabatdan foylanaib, berilgan ideal gazning ichki energiyasini aniqlash mumkin. Misol uchun bir mol ideal gazning ichki energiyasi quyidagiga teng:

$$U_M = N_A \langle \varepsilon \rangle = \frac{i}{2} kTN_A = \frac{i}{2} RT$$

Ya'ni, ideal gazning ichki energiyasi shy gazni tashkil etuvchi molekulalarning erkinlik darajasiga va gazning haroratiga bog'liq

Gaz molekulalarining tezligi son jihatidan va yo'nalish bo'yicha ularning bir-biri bilan to'knashuvi natijasida, doimo o'zgarib turadi. Tezlikning barcha yo'nalishlari teng ehtimolli bo'lgani uchun, molekulalar har bir yo'nalish bo'yicha teng taqsimlanadi; har qanday orientirlangan $d\theta$ fazoviy burchak ichida har bir paytda o'rta hisobda bir xil dN sondagi molekulalarning harakat yo'nalishi yotadi. Tezliklarning son qiymatiga kelsak tezlikning 0 dan ∞ bo'lgan qiymatlari bir xil ehtimollik bilan uchramaydi. CHunki to'knashuvlarda molekulalarning tezligi tasodifiy ravishda o'zgaradi. Agar hamma molekulalar bitta molekula bilan to'qnashib unga energiya bersalar ham, bu molekulaning tezligi chekli qiymatga ega bo'ladi (∞ bo'lmaydi). Bu protsess ehtimolligi kichikdir, ya'ni *o'rtacha tezlikdan* katta bo'lgan tezliklar ehtimoli kichikdir. Agar to'knashuvdagi 1 ta molekula to'xtab koladigan protsess bor desak, u protsess ehtimoli ham kichikdir, demak $v > 0$ bo'lganda ham, $v > > \infty$ bo'lganda ham shunday tezlikli molekulalar uchrash ehtimoli 0 ga intiladi.

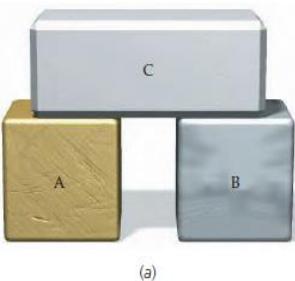
Aytilganlardan xulosa qilib, molekulalarning tezliklari asosan eng katta ehtimolli biror qiymatga yaqin bo'ladi deyish mumkin. Gaz molekulalarining tezliklari bo'yicha taqsimlanishini nazariy yo'l bilan Maksvell topgan bo'lib, uning

$$\text{ko'rinishi } dn = \frac{4}{\sqrt{\pi}} n v_0^2 e^{-v^2} dv_0,$$

Termodinamika so'zi ikkita yunon so'zidan tashkil topgan: «terme» – «issiqlik» va «dinamik» – «kuch». Termodinamika issiqlik mashinalari: bug' qozonlari, ichki yonuv dvigatellari va b. da yuz beruvchi protsesslar haqidagi, ya'ni issiqlikning mexanik harakatga, ishga aylanishi haqidagi fan sifatida vujudga keldi. Hozirgacha uning bo'limlaridan biri shu masalalarni (faqat u reaktiv dvigatellar nazariyasini ham, yadro reaktorlarini va b. ko'plab narsalarni ham) o'rganadi. O'z taraqqiyoti jarayonida termodinamika g'oyat kengaydi va fundamental fizika fani xarakterini oldi. Hozirda amalda materiyaning energiya ajratish yoki yutish, ish bajarish, moddaning ko'chishi va sh. k. bilan bog'liq bo'lgan har qanday o'zgarish protsesslari uning tadqiqot manbai hisoblanadi. Termodinamika kengayish va siqilish, isish va sovish, erish va qotish, bug'lanish

va kondensatsiya, ximiyaviy reaksiyalar, issiqlik nurlanish va b. protsesslarni o'rganadi. Bu barcha protsesslar bo'yicha u uchta asosiy savolga javob beradi:

1) Berilgan sharoitlarda shu protsess yuz berishi mumkinmi?



7-rasm Termodinamikaning nolinchi qonuni

2) Agar protsess yuz berishi mumkin bo'lsa, u qaysi yo'nalishda (albatta, bu holda ham berilgan sharoitlarda) sodir bo'ladi?

3) Protsess nima bilan tugaydi?

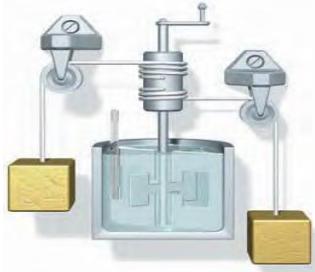
Bu oxirgi, endi vaqtga bog'liq bo'lmaydiganadolat termodinamikada issiqlik muvozanati holati deb ataladi. Termodinamika bu savollarga uning asosiy mazmunini tashkil etgan nolinchi va uchta qonun yordamida javob beradi.

Termodinamikaning nolinchi qonuni. Agar A va B sistema C sistema bulan muvozanatda bo`lsa, u holda A va B sistemalar ham o`zaro termodinamik muvozanatda bo`ladi. 38-rasm

Termodinamikaning b i r i n ch i q o n u n i g a ko'ra, har qanday jism U ichki energiyaga ega bo'lib, agar jism A ishni bajarsa, bu energiya kamayishi, agar jismga Q issiqlik berilsa, energiya ortishi mumkin:

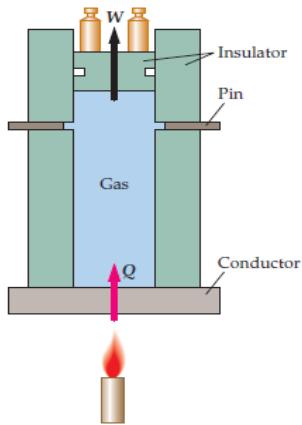
Termodinamikaning birinchi qonuni – bu energyaning saqlanish qonuni.

Undan, xususan, agar jismning ichki energiyasi doimiy bo'lsa hamda issiqlik olmasa va bermasa, bu holda u ish bajara olmaydi: $A = 0$. Binobarin, hech narsadan ish hosil qilib bo'lmaydi yoki ishni hech narsaga aylantirib bo'lmaydi. Hech narsadan ish hosil qiluvchi qurilma yoki mashinaga birinchi tur abadiy dvigatel deyiladi. Termodinamikaning birinchi qonuni birinchi tur abadiy dvigatelni rad qiladi.



8-rasm Termodinamikaning birinchi qonuni

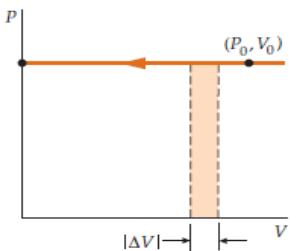
Bu qonunning o'rnatilishi asosan 1842 yillarda birinchi bo'lib issiqlik va ishning bir-biriga aylanishi mumkinligi g'oyasiga kelgan nemis vrachi Y. Mayerning, 1843 yilda birinchi bo'lib issiqlikning mexanik ekvivalentini hisoblab topgan



9-rasm Issiqlik harakati

Ingliz fizigi J. Jouling (9-rasm) hamda 1847 yilda birinchi qonunni ta'riflagan va uning energiyaning saqlanish qonuni sifatida umumiy ma'nosini anglagan nemis olimi G. Gelmgoltsning nomlari bilan bog'liq.

Termodinamika energiyalarning issiqlik harakati tufayli yuz beradigan bir - biriga aylanishidagi miqdoriy qonuniyatlarini o'rganadi. U ikki fundamental (asosiy) qonunga asoslangan. Birinchi qonun energiyaning bir - biriga aylanishadigi miqdoriy va sifat tomonlarini belgilaydi. Ikkinci qonun bu jarayonlarning yo'nalishini belgilaydi. Termodinamik muvozanatda sistema holati PVT - uchta parametr orqali belgilanadi va $f(TPV)=0$ tenglamani holat tenglamasi deb ataladi. Ideal gaz uchun bu Mendeleyev - Klapeyron tenglamasidir: $PV - \frac{m}{\mu} RT = 0$ (1) 9-rasm



10-rasm Bosimning hajmga bog'liqligi

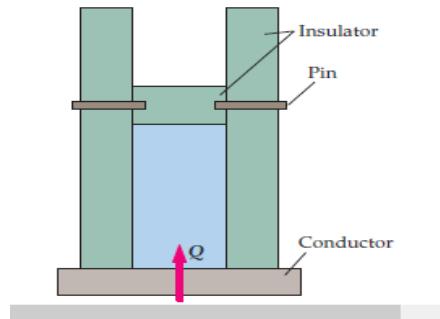
Sistemaning (P_1, V_1, T_1) holatdan (P_2, V_2, T_2) holatga o'tishi termodinamik protsess deb ataladi (1-rasm). Holat diagrammasida sistemaning holati $(P_i V_i)$ tochka bilan belgilanadi, protsess esa - egri chiziq bilan. Sistemaning 1 holatdan 2 holatga o'tish qaytar o'tish (jarayoni) deb ataladi, agar sistemaning 2 holatdan 1 holatga o'tish uchun boshqa proses mavjud bo'lsa va u sistema teskari yo'nalishda birinchi yo'nalishning hamma holatlaridan o'tib 1 holatga o'tib olsa va na sistemada va na tashqi atrofda hech qanday o'zgarishlar qolmasa. Aks holda protsess qaytmas deb ataladi. Umuman olganda tabiatda qaytar protsesslar bo'lmaydi.

Qaytar protsess - bu idealizatsiya qilingan protsessdir. Faraz qilamiz, ichki energiyasi U_1 bo'lgan sistemaga Q energiya beriladi va uning ichki energiyasi U_2 , bo'lib qoldi va A ish bajaradi. $\text{va } A > 0$ - agar ish tashqi kuchlarga qarshi bajarilsa (10-rasm).

$$Q = (U_2 - U_1 + A = \Delta U + A)$$

Demak, sistemaga berilgan energiya ichki energiyani o'zgartirishga va sistemaning bajargan ishiga sarf bo'ladi. Bu termodinamikaning birinchi qonuni va energiyaning saqlanish va bir - biriga aylanishi qonuning ifodasidir:

$$Q = \Delta U + A \quad (8.7)$$



11-rasm Issiqlikdan kengayish

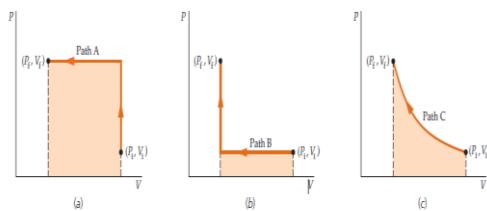
Agar sistema davriy ravishda avvalgi holatiga qaytib kelaversa $\Delta U = 0$ bo'ladi. $Q = A$

Demak sistema olgan energiyasidan ko'p ish bajarao maydi. Aks holda biz abadiy dvigatelga ega bo'lar edik. Demak termodinamikaning birinchi qonuni adabiy dvigatelning bo'lishi mumkin emas, deydi.

Termodinamik ish. Elementar ish (hajm o'zgarganda) $P\Delta V$ ga teng. Hajm V_1 dan V_2 ga o'zgarganda hamma ish $P\Delta V$ lar yig'indisiga teng (11-rasm).

$$A = \sum_i P_i \Delta V_i \rightarrow \int_{V_1}^{V_2} P dV \text{ deyish mumkin } P = \frac{RT}{V} \quad (11.4) \text{ - bir mol uchun. Turli}$$

jarayonlar uchun bajarilgan ish grafikda quyidagi rasmlarda berilgan yuzalar orqali aniqlanadi (12-rasm).



12-rasm Bosimning hajmga bog'likligi grafigi

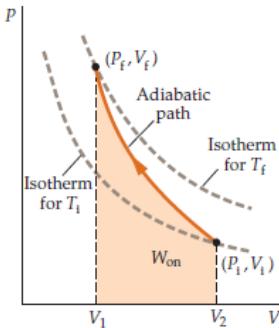
Sistemada hajm o`zgarmasa u holda tashqaridan berilgan issiqlik miqdori uning ichki energiyasini o`zgartirishga sarflanadi. (12-rasm)

$$\text{Izotermik ish uchun } A = \int_{V_1}^{V_2} \frac{RT}{V} dV = RT(\ln V_2 - \ln V_1), \text{ yoki } A = RT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (11.5)$$

$$\text{Izobarik ish uchun } A = \int_{V_1}^{V_2} P dV = P \int dV = P(V_2 - V_1). \quad (8.8)$$

Yana adiabatik ish bor. Bunda sistema bilan tashqari orasida issiqlik energiyasini uzatish bo'lmaydi. Bunda $Q = 0$ bo'lgani uchun $dA = -dU$. Demak, ish ichki energiya hisobiga bajariladi. Adiabatik siqilishda ichki energiya oshadi va $dU > 0$ bo'ladi, lekin $dA < 0$ bo'ladi, chunki ishni tashqi kuchlar bajaradi. Devorlarni issiqlik o'tmaydigan silindr bir kilomol gazzagini adiabatik protsessni ko'rib chiqamiz. Bu gazning ichki energiyasi:

$$U = C_V T \quad (8.9)$$



13-rasm Izojarayonlar

C_V - mol issiqlik sig'imi va $dU = C_V dT$, $dA = -dU$ bo'lgani uchun

$$PdV = -C_V dT, \text{ lekin } P = \frac{RT}{V} \text{ bo'lgani uchun}$$

$$\frac{RT}{V} dV = -C_V dT \rightarrow \frac{R}{C_V} \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = - \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T}$$

$$\frac{R}{C_V} (\ln V_2 - \ln V_1) = \ln T_1 - \ln T_2, \text{ yoki } \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\frac{R}{C_V}} = \ln \frac{T_1}{T_2}; \quad \frac{R}{C_V} = \frac{C_P - C_V}{C_V} = \gamma - 1$$

$$\text{bo'lgani uchun } \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma-1} = \frac{T_1}{T_2}, \text{ yoki } T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \text{ yoki } TV^{\gamma-1} = \text{const} - \text{Pusson}$$

qonuni.

Demak, gaz adiabatik kengaysa u sovuydi, toraysa - isiydi. Adiabatik protsessda sistema devorlari absolyut issiqlik o'tkazmaydi. Izotermik protsessda devorlar absolyut ravishda o'tkazish kerak. Lekin tabiatda absolyut teploizolyatorlar va teploprvodniklar bo'lmaydi. Shuning uchun adiabatik protsess qilish uchun protsessni tez bajarish kerak, issiqlik almashinuvni bo'imasligi uchun. Masalan, dizelda yoqilg'I adiabatik siqiladi, qizib yonib ketadi.

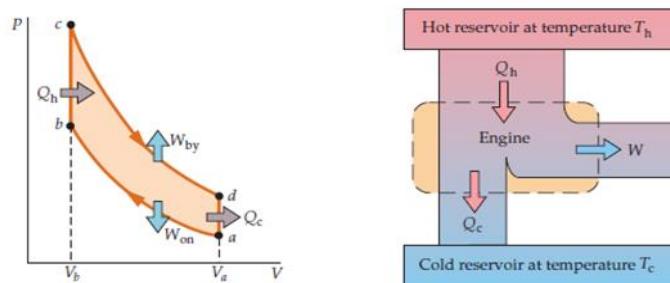
Puasson qonuniga qaytamiz. Unda T ning o'rninga $T = \frac{PV}{R}$ ni qo'ysak

$PV^\gamma = \text{const}$ hosil bo'ladi. Adiabatik kengayishda bosim nafaqat hajmnning oshishi hisobiga kamayadi, u temperaturaning kamayishi hisobiga ham kamayadi. Adiabatik protsessda $dA = -C_V dT$ va bajarilgan ish $A = C_V(T_1 - T_2)$. *Karno sikli*. Agar sistemaning holati o'zgarib u qator holatlardan o'tib yana o'zining avvalgi holatiga qaytib kelsa, bunday jarayon aylanma jarayon deb ataladi. Bunday jarayon grafikda berk chiziq bilan ifodalanadi (13-rasm). Kegayishda bajarilgan ish A_1 barobar *dalbs* figuraning ichiga olgan yuzaga va musbat hisoblanadi. Gazning siqilishida bajargan ish *figuraning ichiga olgan yuziga teng* va u manfiy hisoblanadi. Natijada aylanma jarayonda bajarilgan ish quyidagi ifodaga teng:

$$A = A_1 - A_2 \quad (8.10) \quad 13\text{-rasm}$$

Agar aylanma jarayon soat strelkasi bo'ylab yuz bersa bajarilgan ish 0 dan katta bo'ladi, teskari bo'lsa ish 0 dan kichik bo'ladi. Agar sikl paytida ish bajarilsa va bu sikl davriy ravishda qaytarilib t ursa bunday sistema mashina deb ataladi.

1824 yilda Frantsuz injeneri Sadi Carnot ideal issiqlik mashinasining ishini ko'rib chiqadi. Bu mashina porshenli silindr ichidagi bir kilomol ideal gazdan, isitgichdan va sovutgichdan iborat. Bu sistema davriy ravishda ikki izotermik jarayondan va ikki adiabatik jarayondan iborat. Ana shu to'rt davriy jarayonni ko'rib chiqamiz (14-rasm).



14-rasm Temperaturaning aylanish jarayoni

1. Gaz sifilgan va bosimi P_1 ga, temperaturasi T_1 ga teng. I isitgich bilan kontaktda Q_1 energiya oladi va $Q_1 = A_1$ ga teng izotermik ish bajaradi.

2. d-a uchaskada adiabatik kengayishda A' ga teng ishni o'zining ichki energiyasi hisobiga bajaradi. Bunda silindrning tagida izolyator bo'ladi va tashqi muhit bilan energiya almashilmaydi, gaz sovidi.

3. a-b uchaskada tashqi kuchlar A_2 ga teng izotermik ish bajaradi, T_2 temperaturada sovutgichga Q_2 ga teng issiqlik beradi.

4. b-c uchaskada tashqi kuchlar A'' ga teng ish bajaradi, bunda gazning ichki energiyasi oshadi ($T_2 \rightarrow T_1$).

Provordida gazning ichki enegiyasining o'zgarishi $\Delta U = 0$. Demak gazning oлган issiqlik miqdori $Q_1 - Q_2$ sikl mobaynida bajarilgan ishga teng:

$$Q_1 - Q_2 = A_1 + A' - A_2 - A''$$

Adiabatik protsessda bajarilgan ish $A = Cv(T_1 - T_2)$ bo'lgani uchun $A' = A''$ ($(T_1 \rightarrow T_2)$ va $(T_2 \rightarrow T_1)$ - intervallar bir hil). Shuning uchun

$$Q_1 - Q_2 = A_1 - A_2 = A$$

A - bajarilgan umumiy (foyдали) ish, u shtrixlangan yuzaga teng. Ish soat strelkasi bo'yicha bo'lgani uchun u musbatdir.

Savol beramiz: Isitgichdan olingen issiqlik Q_1 ni hammasini, sovutgichga Q_2 ni bermasdan, ishga aylantirish mumkinmi?

Boshqacha aytganda Q_1 ning hammasini ishga aylantirish mumkinmi?

Ko'rinish turibdiki, sovutgich bo'lmasa $c \rightarrow b \rightarrow d$ yana $d \rightarrow b \rightarrow c$ bo'yicha orqaga qaytadi va shtrixlangan yuza no'lga teng bo'ladi, boshqacha aytganda foydali ish ham no'lga teng bo'ladi. Demak, ish bajarishi uchun albatta

Q_1 ning bir qismini sovutgichga berish shart ekan. Qisqasi, isitgichdan olingan issiqlik miqdorini hech qanday uslub bilan hammasini ishga aylantirib bo'lmaydi, bir qism issiqlik sovutgichga berilishi kerak. Bu - termodinamikaning ikkinchi qonunidir. Issiqlik mashinasining ish printspi 14-rasmda ko'rsatilgan.

Olingan issiqlik miqdorining hammasini ishga aylantiradigan mashina abadiy mashina (dvigatel) deb ataladi. Termodinamikaning ikkinchi qonuni yana abadiy dvigatelning bo'lishi mumkin emas, deb ham aytsa bo'ladi.

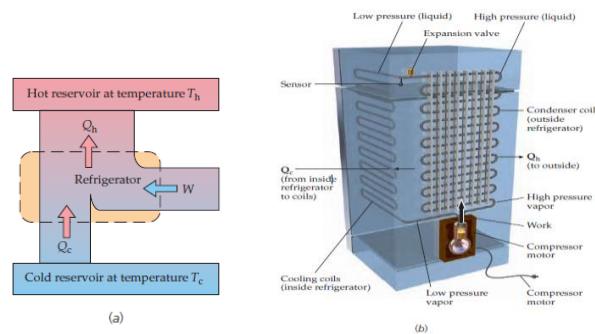
Ideal issiqlik mashinasining F.I.K. quyidagiga teng.

$$\eta = \frac{A}{A_1} = \frac{A_1 - A_2}{A_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Boshqacha aytganda $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} < 1$ dir.

Sovutgich. Teskari Karko sikli - sovutgichdir. Tashqi kuchlar ishi A orqali gaz Q_2 sovutgichdan issiqlik miqdorini olib Q_1 qismini isitgichga beradi. Natijada xooldnik (sovutgich) paydo bo'ladi (15 rasm).

Protsesslarning yo'naliшини avvaldan aytib berish imkonini t e r m o d i n a m i k a ikkinchi qonuning asosiy mazmunini tashkil etadi. Nemis fizigi R. Klauzius protsessning bir tomonlama kechishiga olib keluvchi cheklashni tahlil qilib S funksiyani kiritdi va uni entropiya deb atadi. Klauzius ta'rifida (1865) termodinamikaning ikkinchi qonuni shunday ifodalanadi:



15- rasm Sovutgichlar

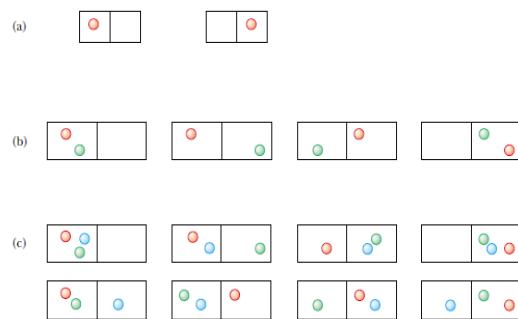
«O'zgarmas energiyaga ega sistemalarda o'z-o'zicha kechadigan protsesslarda entropiya hamisha o'sib boradi». Shunday qilib, agar $S_a > S_B$ bo'lsa, sistema, o'z-o'zicha A sharoitdan B sharoitga o'tadi. Aks holda: $S_a < S_B$ teskari protsess o'z-o'zicha kechadi. Entropianing qizish, sovish, erish, bug'lanish, ximiyaviy reaksiyalar va shu kabilar bilan bog'liq bo'lgan turli protsesslarda o'zgarishini hisoblashning umumiy usullari mavjud. Hisoblashning bu usullari, retseptlari termodinamikaning ajralmas qismini tashkil etadi va ularning hammasi u yoki bu tajriba natijalaridan foydalanishga asoslanadi.

Masalan, entropiyaning erishda o'zgarishi ni hisoblash uchun e r i sh issiqligi ni erish temperaturasi ga bo'lish kerak. Suvning entropiyasi muzning entropiyasidan katta.

Avstriya fizigi L. Bolsman entropiyaning fizik ma'nosini va uning izolyatsiyalangan sistemalarda (o'zgarmas energiyaga ega sistemalar shunday ataladi) o'sib borishi sabablarini aytib berdi. Bolsman fikriga ko'ra, entropiya sistemadagi tartibsizlik o'lchovidir. To'liq tartib entropiyaning minimum qiymatiga to'g'ri keladi; har qanday tartibsizlik uni o'stiradi. Shunday qilib, entropiya o'shining fizik ma'nosini quyidagicha: zarralar to'plami tashqi ta'sirlarni sinamay (izolyatsiyalangan sistema) o'z-o'zicha qolish imkoniyati yaratilsa, bu zarralar tartibsizligi juda yuqori bo'lgan holatga o'tadi. Maksimal entropiya to'liq tartibsizlikka mos keladi.

O'zimizdan so'raylik: atomlar qayerda tartibli joylashadi – kristall panjarasida atomlar malum vaziyatni (tugunlarni) egallagan kristall kattiq jismdami yoki atomning malum, mustahkam holati bo'lмагan suyuqlikdami? Javob aniq: qattiq jismda. Modomiki entropiya – tartibsizlik o'lchovi ekan, u suyuqlikda kristaldagiga nisbatan katta; avval aytib o'tilganidek, suv entropiyasi muz entropiyasidan kattadir. Endi zarralar holatini suv bug'ida va suvda solishtiraylik. Molekulalarning vaziyatlari unda ham, bunda ham qayd qilinmagan. Lekin uy temperaturasida va atmosfera bosimida 1 mol suv (18 g) 18 sm^3 hajmni egallaydi (svuning zichligi 1 g/sm^3), 1 mol suv bug'i esa – $22,4 \text{ l}$ ni, ya'ni 1000 marta katta hajmni egallaydi. Qayerda tartibsizlik katta bo'ladi. Albatta, bunda haqiqatan ham, bug' entropiyasi suv entropiyasidan kattadir, shuni ham aytish kerakki, uning bug'lanishdagi o'zgarishi erishdagi o'zgarishiga qaraganda 5 marta katta. Entropiyaning maksimum mezoni faqat izolyatsiyalangan jismlar uchungina to'g'ri. Aks holda barcha jismlar gaz bo'lishi kerak edi.

Agar jism atrof-muhit bilan issiqlik almashsa, u holda Gibbs fikriga ko'ra, turg'un holatga boshqa termodinamik funktsiyalarning eng kichik qiymati to'g'ri keladi. Xuddi shuning uchun erish temperaturasidan pastda qattiq holat, erish va qaynash temperaturalari oralig'ida suyuq holat bo'ladi va hokazo.



16-rasm Malekulalarning harakati

Bolsman birinchi bo'lib, «sistemaning holatlari ehtimolliklari» yoki ma'lum bir holatni amalga oshirishga yordamlashadigan usullar sonini ifodalaydigan termodinamik iborani kiritdi. Bolsman fikriga muvofiq

molekulalarning o'zaro to'qnashuvlari natijasida sistemada molekulalar tezliklari va koordinatlarining turli kombinatsiyalari vujudga kelishi mumkin, ular sistema holatini mexanik nuqtai nazardan o'zgartirmaydi (sistema energiyasi o'zgarmaydi), lekin termodinamik nuqtai nazardan sistema holati o'zgaradi. Juda ko'p zarralardan tashkil topgan har qanday sistema ehtimolligi kamroq holatdan juda ko'p usullar bilan amalga oshadigan ehtimolligi ko'proq holatga o'tadi. Masalan quyidagi 16 - rasmlarda zarrachalar soniga qarab ularning bo`lishi mumkin bo`lgan holatlari ya`ni termodinamik ehtimolliklari namoyish qilingan.

Termodinamika i k k i n ch i q o n u n i n g g'oyasi fransuz injeneri S. Karning nomi bilan bog'liq bo'lib, u 1824 yilda Karko siklini – issiqlik mashinasidagi aylanma protsessni yaratdi. Bu sikl natijasida jism ish bajarib, so'ngra shu ishning bir qismidan foydalangan holda boshlang'ich holatga qaytadi. U birinchi bo'lib issiqlik qizigan jismdan sovuqroq jismga uzatilgandagina foydali ish olish mumkinligini ko'rsatib berdi. Bunday holatni 16- rasmdagi qurilma orqali namoyish qilish mumkin.

Karko g'oyalarini rivojlantira borib, ingлиз fizigi U. Tomson 1851 yilda ikkinchi qonunni ta'rifladi: «Tabiatda birdan-bir natijasi issiqlik rezervuarining sovishi hisobiga olingan mexanik ishdan iborat protsessning bo`lishi mumkin emas». Bu ta'rif issiqlik va ishning bir-biriga aylanishlari teng qiymatli emasligini ko'rsatadi: ishni to'liq issiqlikka aylantirish (ishqalanish yo'li bilan, elektr toki bilan qizdirish va b. usullar bilan) mumkin bo`lgani holda issiqlikni to'liq ishga aylantirib bo'lmaydi. Issiqlikni bir necha marta va to'liq ishga aylantiradigan mashinaga ikkinchi tur abadiy dvigatel deyiladi.



17-rasm Issiqlikning harakati

Ikkinci qonun ikkinchi tur abadiy dvigateli rad etadi. U. Tomsondan mustaqil ravishda 1850 yilda nemis fizigi R. Klauzius ikkinchi qonunning ta'rifini berdi: «Issiqlik sovuqrok jismdan issiqroq jismga o'z-o'zicha o'tishi mumkin emas». Bu ta'rif real protsesslarning bir yoqlama ekanligini ko'rsatadi. Haqiqatan ham, termodinamikaning birinchi qonuni yuqoridaidek issiqlik o'tishini taqiqlamaydi (energiyaning saqlanish qonuni bajarilsa bas), biroq bu hech qachon sodir bo'lmaydi. Biz protsesslarning bir tomonliligiga juda ko'p boshqa misollarni keltirishimiz mumkin: gazlar idishda aralashgani holda o'zlaricha ajralmaydi

qand chaqmog'i suvda erigani holda chaqmoq tarzida qaytadan ajralmaydi; simni akkumulyatordan qizdirish mumkin, biroq (avtomobilchilarning ranjishlariga qaramay!) issiq sim yordamida akkumulyatorni zaryadlab bo'lmaydi va h.k.

Klauzius 1865 yilda o'z-o'zicha sodir bo'luvchi protsesslarning yo'nalishi haqidagi masalani yangi funksiya – entropiyani kiritish bilan yechdi hamda uning eng muhim xususiyatini aniqlab berdi: termoizolyatsiyalangan sistemalarda protsesslar o'z-o'zicha entropiyaning oshishi yo'nalishida boradi; issiqlik muvozanati holatida entropiya **maksimum** qiymatga erishadi. Bu funksiya sistemadagi tartibsizlik o'Ichovidir; binobarin, o'z-o'ziga o'tuvchi protsesslar tartibsizlikning ortishi tomoniga boradi.

Entropiyaning absolyut kattaligini hisoblash nemis fizik-ximigi V. Nernst nomi bilan bog'liq. 1906 yilda u temperatura absolyut nolga intilganda har qanday o'zgarish bilan bog'liq bo'lgan entropiya o'zgarishi ham nolga intilishini aniqladi. Keyinchalik, T → O da oddiy kristall jismlar entropiyasining absolyut qiymati ham nolga intilishi ko'rsatilgan edi. Bu termodinamikaning uchinchi qonunidir.

Ichki energiya, entropiya va b. funksiyalarni kiritayotganda termodinamika ularning tabiatи bilan qiziqmaydi hamda ularni jismlarning tuzilishi bilan, ya'ni jismlarning qanday zarralardan tuzilganligi, bu zarralar qanday xossalarga egaligi, ularning o'zaro qanday ta'sirlashishi bilan bog'lamaydi. Unda asosiy qonunlar insoniyatning ko'p asrli tajribasi umumlashmasidan iborat bo'lgan postulatlar tarzida kiritiladi. Shu sababli, ular har qanday protsesslar va har qanday moddalar: qattiq, suyuq, gazsimon, plazma, metallar, yarimo'tkazgichlar, dielektriklar va b. uchun o'rinnlidir. A. Eynshteyn quyidagicha yozgan edi: «Nazariyaning dastlabki shart-sharoitlari qanchalik sodda, u qamrab oladigan hodisalar qanchalik muhimroq xilma-xillikka ega, uning qo'llanish sohasi qanchalik keng bo'lsa, u shunchalik ta'sirchan bo'ladi. Aynan shuning uchun ham klassik termodinamika menda juda chuqr taassurot qoldiradi. U yagona umumiy fizik nazariyadir va men ishonamanki, u o'z asosiy holatlarining qo'llanilish doirasida hech qachon rad qilinmaydi».

Nazorat savollari:

- 1.Termodinamikaning ikkinchi qonunini Klauzius, Tomson tomonidan talqinlari qanday?
2. S Karnoning termodinamikaning ikkinchi qonuniga bergen g`oyasi.
- 3.Entropiya,
4. Termodinamik ehtimollik, Bolsman formulasi, entropiya va tartibsizlik,
5. termodinamikaning 3-qonuni. Nerst teoremasi qanday ta`riflanadi?
- 6.Qanday sharoitlarda qaytaruvchan jarayonlarni kuzatish mumkin.
7. Issiqlik mashinasining ishlashini tushuntiring.
8. Sovitkich mashinasining ishlash printsipini izohlang.
9. Aylanma jarayon deb qanday jarayonga aytildi.

9-mavzu. Real gazlar. (2)

Reja:

- 1.Real gazlar.
- 2.Van-der-Vaals tenglamalari.
- 3.Real gazlar ichki energiyasi.
- 4.Joul-Tomson effekti.

Tayanch iboralar: Mendeleev-Klapeyron tenglamasi, ideal gaz, Lenard-Jons, real gazlar xolat, fazaviy o'tishlar, bosim o'zgarishi, izoxorik jarayon.

Mendeleev-Klapeyron tenglamasi bilan ifodalangan ideal gazlar real gazlar xossalardan fark kiladi. Chunki ideal gazlarda molekulalar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari xisobga olinmaydi. Real gazlarni katta bosim ostida xarorati qanday bo'lishidan kat'iy nazar sikish kiyinlashadi. Tajribalar shuni kursatadiki, solishtirma issiklik sigimi, kovushoklik kabi fizikaviy kattaliklar xam real gazlarda boshqacha bo'ladi. Molekulalar orasidagi u'zaro ta'sirni xisobga olmasa xam bo'ladi.O'zaro ta'sir kuchlari-itarishish va tortishish mavjudligidan molekulalarning potentsial-energiya si paydo bo'ladi. Bu potentsial energiya Lenard-Jons formulasida ifodalanadi.

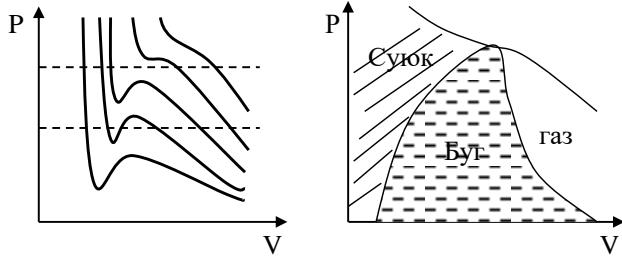
$W_p = -\frac{a_1}{r^6} + \frac{a_2}{r^{12}}$, bu yerda a_1 va a_2 lar gazning kimyoviy tabiatiga bog'liq bulgan musbat koef-fitsientdir. Real gaz molekulalari orasidagi u'zaro ta'sir kuchi: $F = -\frac{dw_U}{dr} = -\frac{a_1}{r^7} + \frac{a_2}{r^{13}}$, Bu tenglamani birinchi xadi Van-der-Val s kuchi deb ataluvchi tortishish kuchi bo`lib, ular uch xil bo`ladi: Orientatsiya, induksion va dispersion. Bu kuchlarning paydo bo`lishi elektr tabiatiga ega.

Ikkinci xad o'zaro itarishish kuchi bo`lib, kvant mexanikasida tushuntiriladi. Yuqoridagilarni xisobga olib, golland fizigi Van-Der-Vals real gazlar xolat tenglamasini yaratdi.

Xar bir real gaz molekulasi $V = \frac{1}{6}\pi d^3$ xajmga ega. Van-der-Vaal s buni xisobga oldi. $V^* = V - v$ bu yerda $v = 4N_A V$ - Van-der-Val sning xajm kushimchasi v -molekulaning kimyoviy tabiatiga bog'liq. Real gazlar molekulalari orasida u'zaro ta'sir mavjudligidan, molekulalarning idish devorlariga beradigan bosim ideal gazlarnikidan kichik bo'ladi.

$$P_{uo} = P + \frac{a}{V^2} \quad ga$$

teng bo`ladi.



1-rasm

2-rasm

a- qo'shimcha molekula kimyoviy tabiatiga bog'liq bo'lgan koeffitsient. Shunday qilib 1 mol gaz uchun Van-der Vaals tenglamasi

$$\left(P + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT$$

Istalgan m -massali gaz uchun

$$\left(P + \frac{m^2}{\mu^2} \frac{a}{V^2} \right) \left(V - \frac{m}{\mu} b \right) = \frac{m}{\mu} RT$$

Van-der-Vaal s tenglamasi Xajmga nisbatan kub tenglama bo`lib, bu tenglamani Van-der-Vaal s izotermalari orqali ifodalanadi. (1-rasm). T₁-xaroratda gaz xolatida bo`ladi. T₄- Xaroratda, AD izobara 4 izotermani uch nuqtada (AVS) kesib o'tadi, ya`ni shu xaroratda bosimning bitta qiymatiga hajmnинг uchta qiymati to`g`ri keladi. Bu moddani bir vaqtning uzida uch xil fazaviy xolatda bo`lishini ko`rsatadi. Xarorat ko`tarilishi bilan izotermadagi bukilish kamayib boradi, 2 izotermada tekislanib, K nuqtaga keladi. K nuqtasi to`g`ri keladigan xarorat kritik xarorat deyiladi. (2-rasm) T>T_k da gaz suyuklikka aylanmaydi. $T_{n20}=647K$, $T_{kne}=5K$, $T_{kn2}=33K$. Kritik xaroratda suyukliklar ning sirt tarangligi nolga aylanib suyuqlik va to`yingan bug' orasidagi farq yo'qoladi.

Fazaviy o'tishlar

Ko`p real moddalar uch xil fazada (yoki agregat xolatda): qattiq, suyuq va gaz xolatda uchraydi. Bir aggregat xolatdan ikkinchi aggregat xolatga utish fazaviy utish deyiladi.

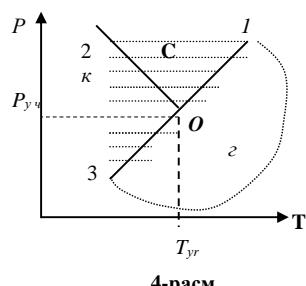
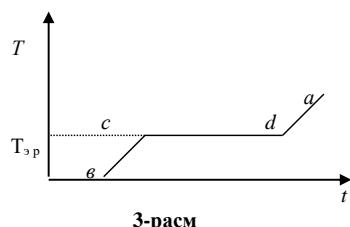
O'tishning ikki turi mavjud (bir xolatdan ikkinchi xolatga)

1. Modda xolatini tavsiflovchi parametrlar (xajm, bosim, xarorat va xakozolar) son qiymatalari uzgaradi, ammo moddaning tarkibi, tuzilishi uzgarmaydigan utishlar. Gazning kisilishi, kengayishi, isishi, kattik jismlarning tarkibi, tuzilishi va fizik xossalaringning o`zgarmasligi shunday utishlardir.

2. Modda aggregat xolatining, tarkibining, tuzilishining, fizik xossalaringning uzgarishi fazaviy utishlarga kiradi. Fazaviy utishga buglanish va kondensatsiya, erish va kotish, metallarning uta utkazuvchan bo`lib kolishi va x.k. lar kiradi.

Ba`zi fazaviy utishlarda moddaning aggregat xolatlarining uzgarishi yuzaga keladi. Masalan, kattik jism suyuq va gaz xolatiga utadi va aksincha. Bunda molekulalarning o`zaro joylashuvi, ular orasidagi masofa, issiklik xarakati uzgaradi. Biz muz-suv-bug' sistemasini olsak, bug uch faza va uch aggregat xolatga to`g`ri keladi. Boshqa fazaviy utishlarda moddaning aggregat xolatlari saqlanadi, ammo tuzilishida uzgarishlar yuzaga keladi. Natijada moddaning fizik xossalari

uzgaradi. Bunday utishlarga temir xaroratini 780° ga kutarganda ferromagnitlik xossasining yukolishi, uta utkazuvchanlik xodisasi va x.k. kiradi. Faraz qilamiz, kristall jism kizdirilish xaroratining ortishi bilan ma'lum vs - kismda kattik xolatda qoladi (3-rasm) s - nuqta kristalning erishi nuqtasiga to'g'ri keladi va xar xil kristall jism uchun xar xil qiymatga ega.



cd -uchastkada kristallga berilgan issiklik uning erishiga sarf bo`ladi- kristall strukturasi buziladi. d nuqta esa erishning tugash nuqtasi, da -suyuklikning kizish kismi bo`ladi. Ba`zi kattik jismlar suyuklikka aylanmasdan, bir yula gaz xolatiga utib ketish xodisasi mayjud bo`lib, bu jarayon sublimatsiya deyiladi. Masalan, yodni olsak, u xarorat ta`sirida to`g`ridan- to`g`ri bugga aylanma boshlaydi. Gaz xolatdan suyuklikka, suyuklikdan kattik jismga aylanish va aksincha kechayotgan fazoviy utishlarni "bosim(R)- xarorat (T) diagrammasida kuzatish mumkin (4-rasm).

Bu rasmda tuyingan bug' bosimining tashki bosimga bog`liqligini 0-1 egri chizik ko`rsatadi, bu egri chiziqning har bir nuqtasi gaz- suyuqlik chegarasida dinamik fazoviy muvozonatni ifodalaydi. 0-2 egri chizik qattiq va suyuq faza orasidagi chegarani 0-3 esa kattik va gaz fazalari orasidagi chegarani kursatadi. 0-uchlanma nuqta uch fazani bir vaqtda mayjud bo`lishini kursatadi. Xar kaysi modda uchun uzining uchlanma nuqtasi bo`ladi, ya`ni uning uchta fazasi muvozonatda bo`ladigan nuqtasi mayjud. Diagrammadan kurinib turibdiki, bosim uzgarishi bilan erishi, bugga aylanishi va sublimatsiya temperaturalari uzgaradi. Fazaviy utish natijasida moddaning xajmi xam o'zgaradi.

Fazaviy muvozanat sharoitida R,T orasidagi bog'lanish Klapeyron - Klauziusning quyidagi differentials tenglamasi bilan yoziladi.

$$\frac{dP}{dT} = \frac{q}{T\Delta V} \quad (9.1)$$

Bunda $\frac{dP}{dT}$ fazaviy muvozonat egri chizigi ustidagi xosila, fazaviy o'tish issiqligi, ΔV - fazaviy o'tishda xajmning o'zgarishi.

Real gazlarning ichki energiyasi

Ideal gazlarning ichki energiyasi asosan gaz molekulalari xarakatining kinetik energiyasidan iborat bo`lib, bir mol gaz uchun

$$U_\mu = \frac{i}{2} RT = C_v T \quad (9.2)$$

Ko'rinishda yoziladi. Bu formulada $C_v = \frac{i}{2} R$ bir mol gaz uchun izoxorik jarayonda issiklik sigimdir. Real gazlar ichki energiyasini urganishda molekulalarning u`zaro ta`siri natijasida ichki bosimi R_i ning vujudga kelishi va shu kuchlar ta`sirida potentsial energiyaning uzgarishini xisobga olish kerak. Molekulalarning u`zaro tortishish kuchi bajargan ish:

$$dA = R_i dV P_i = \frac{a}{V^2} ni xisobga olib,$$

$$dA = dU_2 = \frac{a}{V_2} dV \quad W_2 = \frac{a}{V} + c$$

Agar molekulalar bir-biridan cheksiz uzoklashsa, S=0 va

$$U_2 = -\frac{a}{v} \quad (9.3)$$

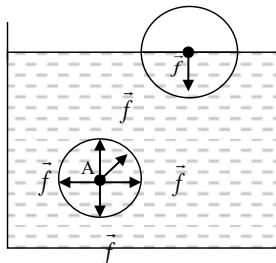
Shunday qilib, real gazlarning ichki energiyasi (2) va (3) yordamida quyidagicha yoziladi: $U = U_\mu + U_r = C_v T - \frac{a}{V}$, $U = C_v T - \frac{a}{V}$ (9.4)

Demak, real gazning ichki energiyasi gazning xaroratiga va xajmga bog`liq ekan.

Suyukliklar va kattik jisimlar orasidagi ayrim o'xshashliklar

Suyukliklar shaklan tez o'zgaruvchan bo`lib, sikilish kobiliyati gazlarga nis batan juda kichik. Suyuklik molekulalari orasidagi u`zaro ta`sir kuchi gaz molekulalarining u`zaro ta`siridan katta, shu sababli molekulalarning u`zaro ta`sir kuchi suyukliklar uchun juda muxim axamyatga ega. Suyuklik molekulalari suyuklikning sirtida va ichida xar xil potentsial energiyaga ega, shu sababli suyuklik sirtining xossalari suyuklikning ichki kismi xossalardan fark kiladi. Suyuklik ichidagi A molekula atrofidagi molekulalar bilan u`zaro ta`sir qilib, bu kuchlar o`zaro ompensatsiyalangan bo`ladi. V molekulaning suyuklik sirtidan yukori kismidagi energiya kompensatsiya kilingan bo`lib, f kuch molekulani suyuklik ichiga (pastga) tortadi, chunki bu molekulalaga ta`sir etuvchi kuchlar tula kompensatsiya kilinmagan. Demak suyuklik sirdagi barcha molekulalarga, ularni pastga, suyuklik ichkarisiga tortuvchi kuchlar ta`sir etadi.

Ya`ni, suyuklikning sirt katlami suyuklikka ma`lum bosim beradi, bu bosim molekulyar bosim deyiladi. Natijada suyuklikning sirtki katlamidagi molekulalar xajmidagi molekulalarga nisbatan ortikcha potentsial energiyaga ega bo`ladi. Bu energiya sirt energiyasi yoki erkin energiya deb ataladi.



Sirdagi suyuklik molekulalari, suyuklik ichidagi molekulalarga nisbatan ortikcha energiyaga ega bo`lib, uning sirt katlamida taranglikni xosil kiladi. Sirt taranglik kuchi:

$$F = \alpha l \quad (9.5)$$

Bunda α - sirt taranglik koeffitsienti: ℓ - suyuklik sirt chegarasi uzunlik birligi, α , N/m xisobida o`lchanib, suyuklikning tabiatiga, tarkibiga va xaroratiga bog`liq. Suyukliklarda molekulalar ichki bosimi bo`lishi real gazlar bilan suyukliklar urtasida umumiylilik borligidan dalolat beradi. Bu umumiylilik asosida molekulalarning u`zaro ta`siri yotadi. Suyukliklar bilan kattik jismlar urtasida xam umumiylilik bor, suyukliklarning kup xossalari kattik jismlar xossalariiga uxshab ketadi. Bu uxshashlik kattik jismlar eriganda yoki erigan kattik jismlar kotganda ko`proq namoyon bo`ladi.

10-MAVZU.Elektrostatika.Kulon qonuni.Elektr maydoni.(2)

Reja:

1. Elektr zaryadi. Elektr zaryadning saqlanish qonuni
2. Kulon qonuni (elektrostatikaning asosiy qonuni).
3. Elektrostatik maydon va uning kuchlanganligi. Maydonlar superpozitsiyasi
4. Vakuumda elektrostatik maydonlar uchun Gauss teoremasi.
5. Elektrostatik maydon potentsiali elektrostatik maydonda zaryadni ko`chirishda bajariladigan ish

Tayanch iboralar: elektrodinamika, elektrianish, elektrotexnika, elektr zaryadi. elektr zaryadining saqlanish qonuni, dielektriklar.

Elektrodinamikani batafsil o`rganishni boshlashdan avval, uning rivoji to`g`risida qisqacha tarixiy ma'lumotlarni keltirib o'tamiz.

Ba`zi bir asosiy elektro magnit hodisalari qadim-qadimdan ma'lum bo`lgan, masalan eramizdan avvalgi 7-asrdayoq qadimgi grek olimi Fales qaxraboni ipak matoga ishqalaganda u engil jismlarni o`ziga tortishini ko`rsatib o'tgan. 16-asr oxirida ingliz vrachi va fizigi V.Gil`bert bir qator tajribalar o`tkazib, nafaqat qaxrabo va balkim oyna, forfor va boshqa jismlarning teri xamda shunga o`xshagan yumshoq matolar bilan ishqalaganda ularda tortish xususiyati paydo bo`lishini aniqladi. U bu xodisani elektrianish deb ataladi.

Elektrostatikaning birinchi miqdoriy qonunini 1785 yilda Sh.Kulon tajriba yo`li bilan aniqladi. Oradan 1 yil o'tib, L.Gal`vani elektr toki hodisasini kashf etdi. 1799 yilda A.Vol`ta birinchi bo`lib, barqaror elektr yurituvchi kuch (E.Yu.K). manbasini yaratdi.

1820 yilda X.Ersted magnit va tok orasidagi ta`sirlashuvni kuzatdi. A.Amper esa toklarning o`zaro ta`sirlashuvini o`rganib, bu hodisani hisoblash usulini ko`rsatib berdi.

1826 yilda G.Om metall o'tkazgichdagi tok kuchi va kuchlanishni bir-biri bilan bog'lovchi qonunni aniqlab, uni nazariy jixatdan asoslab berdi.

1831 yilda M.Faradey barcha amaliy elektrotexnika va radiotexnikaning asosida yotuvchi elektromagnit induktsiya hodisasini kashf etdi. U 1833 yilda elektroliz qonunini tajribaviy usulda aniqladi. Bu qonun elektr zaryadlarining diskretligini tasdiqlashiga asos bo'ldi. 1845 yilda Faradey magnit maydonida joylashgan modda orqali yorug'lik o'tganida shu yorug'lik tebranishlari tekisligining o'zgarishini kuzatdi. Bu fakt yorug'lik va elektr o'rtafigi bog'lanishdan dalolat beradi. Faradey 19 asrning 30-50 yillaridayoq birinchi bo'lib elektr va magnit maydonlar tushunchasini kuzatdi.

1841-1842 yillarda E.X.Lents va Dj.Djoul' tokning issiqlik ta'siri qonunini aniqladilar. Faradeyning tadqiqot ishlari bazasida toklar elektrotexnikasi rivojlandi, o'zgarmas va o'zgaruvchan tok generatorlari va dvigatellari yaratildi, elektroenergiyani uzoq masofalarga uzatish imkonini beruvchi qurilma transformatorlar paydo bo'ldi.

1853 yilda Kel'ven (U.Tomson) past chastotali elektromagnit tebranishlarini olishga muvofiq bo'ldi va uning nazariyasini ishlab chiqdi.

1860-1865 yillarda Dj.Maksvell to'plangan barcha ilmiy materiallarni umumlashtirib, elektromagnit maydon nazariyasini yaratdi, elektromagnit to'lqinlar mavjudligini bashorat qildi, yorug'likning elektromagnit tabiatga ega ekanligini tasdiqladi (1873y.) va yorug'lik bosimini nazariy hisobladi.

1887-1888 yillarda G.Gerts tajribada uzun elektromagnit to'lqinlarni oldi. P.N.Lebedov yorug'likning qattiq jism va zaryadga ko'rsatadigan bosimni tajribada bevosita o'lchab, Maksvellning hisoblari to'g'ri ekanligini isbotladi.

1881 yilda nemis fizigi va fiziologi G.Gel'mgolts moddalarda elementar elektr zaryadli zarrachalar mavjud degan gipotezani ilgari suradi. Keyinchalik bu gipoteza (1897 yilda ingлиз fizigi Dj.Tomson tomonidan) elektronning va (1919 yilda ingлиз fizigi E.Rezerford tomonidan) protonning ochilishi bilan o'z isbotini topdi. 1911 yilda R.Milliken elektronning zaryadini o'lchab, - uning zaryadi diskret ekanligini isbotladi. Tashqi fotoeffekt xodisasi (G.Gerts 1888y.) va unga tegishli qonunlarning (A.G.Stoletov, 1888y., A.Eynshteyn 1905y.) kashf etilishi, shuningdek, qizdirilgan metalldan elektronning ajralib chiqishi xodisasi (T.Edison 1883y.) vakuumli elektron lampani (Dj.Fleming 1904y.) yaratishga va radioteleponiya usullarini ishlab chiqishga imkoniyat yaratdi.

1895 yilda A.S. Popov radiotelegrafiyanı kashf etdi.

XX asrning 30 – yillarida yarimo'tkazgichlarini faol o'rganish boshlandi, uning natijasi o'laroq 1948 yilda U.Shokli va boshqalar tomonidan tranzistor kashf etdi. Yarim o'tkazgichlarni amaliy o'zlashtirish zamонавиу elektronika, yuqori sifatlari televideniya va elektron xisoblash mashinalarning yaratilishiga olib keldi. Shuningdek, sanoatning turli tarmoqlari uchun misli ko'rinnagan rivojlanish imkoniyatlari ochildi.

1911 yilda K.Kamerling – Onnes tomonidan o'tkazuvchanlik xodisasi kashf etildi. 1986-1997 yillarda qarshiligi $T \approx 100K$ temperaturada xam nolga teng bo'luvchi yangi materiallar yaratildi. Uning asosida elektr energiyasini uzatuvchi

va xozirda to'plovchi qurilmalarni mukammallashtirish, yangi rusumdag'i transport vositalarini ishlab chiqish imkoniyati paydo bo'ldi.

Elektr zaryadi. Elektr zaryadining saqlanish qonuni

Hozirgi zamон fizikasi nuqtai-nazaridan elektr zaryadi *elementar zarraning fundamental xarakteristikalaridan biri bo'lib, uning elektromagnit ta'sirlashuv qobiliyatini belgilab beradi.*

Tajribalar asosida, elektr zaryadining quyidagi xossalari aniqlangan:

Elektr zaryadining ishorasi tabiat tomonidan belgilab qo'yilmagan

Tabiatda, teskari xossalari ikki xil elektr zaryadi mavjud. Ular shartli ravishda manfiy (elektron) va musbat (proton) zaryadlarga ajratilgan. Agar shishani teri bilan ishqlalansa musbat zaryad, ebonit (qahrabo)ni junga ishqlalansa manfiy zaryadlar hosil bo'ladi. Bir turdag'i zaryadlar bir-biridan qochadi, turli ishorali zaryadlar esa bir-birini tortadi.

2. Elektr zaryadi relyativistik invariant kattalikdir, u zaryad tashuvchining harakati tufayli o'zgarib qolmaydi.

Masalan, elektron qanday harakatda qatnashishidan qat'iy nazar, uning zaryadi doimo bir xilligacha qoladi.

3. *Elektr zaryadi additivlik xususiyatiga ega*, ya'ni istalgan sistemaning zaryadi shu tizimdag'i barcha zarralar zaryadlarining algebraik yig'indisiga teng.

Masalan ionning elektr zaryadi atom yadrosi zaryadi va ionlashishidan so'ng qolgan elektronlar zaryadining algebraik yig'indisiga teng.

4. *Tabiatda uchraydigan barcha elektr zaryadlarni diskret va yoki boshqacha aytganda ular elementar zaryad ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} C_l$) ga karralidirlar.* Bu elektr zaryadlarining **kvantlanganlik xossasi** deb ham yuritiladi. Elektron manfiy elementar zaryadni, proton ($m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} kg$) - musbat elementar zaryadni tashuvchilar hisoblanishadi. $Q = \pm Ne$.

5. *Istalgan berk sistemadagi elektr zaryadlarining algebraik yig'indisi, bu sistemaning ichida qanday o'zgarish bo'lishidan qat'iy nazar, o'zgarmaydi.* Bu elektr zaryadlarining saqlanish qonuni deyiladi. Bu qonun tajriba natijalarini umumlashtirish orqali kelib chiqadi. Uni ingliz fizigi M.Faradey 1843 yilda eksprimetda tasdiqladi.

Elektr zaryadining yuqorida ko'rsatib o'tilgan 1-5 bandlardagi xossalari fundamental qonunlar ekanini ta'kidlab o'tamiz. Ularni boshqa hech bir fizik qonundan keltirib chiqarib bo'lmaydi. Hozirgi kungacha tabiatda bu xossalarga qarama-qarshi keluvchi biror-bir hodisa kuzatilmagan.

Jismdag'i erkin zaryadlar kontsentratsiyasiga bog'liq holda ularni **o'tkazgichlar, dielektriklar** va yarim **o'tkazgichlarga** ajratish mumkin. **o'tkazgichlar ikki** guruhga bo'linadi:

I - turdag'i o'tkazgichlar (metallar) – ularda zaryadlar (erkin elektronlar)ning ko'chishi tufayli moddalarda kimyoviy o'zgarishlar kuzatilmaydi.

II - turdag'i o'tkazgichlar (erigan tuzlar, kislota va ishqor eritmalar) - da zaryadlar (musbat va manfiy ionlar) ning ko'chishi natijasida kimyoviy o'zgarishlar (almashinish)lar kuzatiladi.

Dielektriklar (shisha, plastmassa, qaxrabo, distillangan suv, spirt va hokazo) bu deyarli erkin zaryadlarga ega bo'lмаган jismlardir.

Yarim o'tkazgichlar (germaniy, kremniy, selen va grafit) esa orliq holatni egallaydigan jismlardir. Ularning elektr o'tkazuvchanligi sezilarli tarzda tashqi sharoit, asosan teperaturaga bog'liq bo'ladi.

Elektr zaryadi (elektr miqdori)ning birligi

$$[Q] = K_l \quad (\text{Кулон}) \quad K_l = A \cdot c$$

1 Kl—o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan 1s ichida (undan 1A tok o'tib turgani holda) oqib o'tadigan zaryad miqdoridir.

Sinov savollari:

- 1.Zaryad nimani xarakterlaydi?
- 2.Zaryadning xossalarni aytib bering?
- 3.Kulon qonuni nimadan iborat? U qanday shartlar asosida o'rini?
- 4.Elektrostatik maydon kuchlanganligi nimani xarakterlaydi. Unga ta'rif bering?
- 4.Elektrostatik maydon kuchlanganligining yo'naliishi qanday aniqlanadi?
- 5.Kuchlanganlik birliklarini keltirib chiqaring?
- 6.Kuchlanganlik chiziqlari qanday tuziladi va u nimani xarakterlaydi?
- 7.Kuchlanganlik vektor oqimi nima? Uning birligi qanday?
- 8.Maydon superpozitsiyasi printsipi nimadan iborat?
- 9.Dipol momentini tushuntiring?

11-mavzu. O'zgarmas elektr toki. (2)

Reja:

- 1.Elektr toki. Tok kuchi va uning zichligi
- 2.Tashqi kuchlar. Elektr yurituvchi kuch va kuchlanish
- 3.Om qonuni va uning integral hamda differentials ko'rinishidagi ifodasi. O'tkazgichlar qarshiligi
- 4.Tokning ishi va quvvati. Joul'-Lents qonuni
- 5.Zanjirning bir jinslimas qismi uchun Om qonuni

Tayanch iboralalar: elektr tok, konvektsiya toki, tok kuchi, o'zgarmas tok, tok zichligi.

Tartiblangan holda, yo'naliish olib harakatlanuvchi zaryadlar oqimini elektr toki deylidi. Elektr maydon ta'siri ostida o'tkazgichdagi erkin zaryadlar harakatlanib, musbatlari maydon bo'ylab, manfiylari esa teskari yo'naliishda siljiy boshlaydilar. Buni **o'tkazuvchanlik toki** deb ataymiz. O'tkazuvchanlik toki elektr maydonining ta'siri ostida hosil bo'ladi.Bu holda, o'tkazgichdagi zaryadlarning (elektrostatik) taqsimot muvozanati buziladi uning sirti va hajmi sohalari ekvipotentsial bo'lmay qoladi. O'tkazgichning ichida elektr maydoni paydo bo'ladi, uning sirtidagi maydon kuchlanganligining urinma tashkil etuvchisi esa $\vec{E} \neq 0$ bo'ladi. O'tkazgichdagi zaryad taqsimoti uning barcha nuqtalari

ekviponentsial holga kelmaguncha davom etadi. Agar tok fazodagi zaryadli makroskopik jismlarning siljishi tufayli hosil bo'lsa, uni **konvektsiya toki** deb yuritamiz.



1-rasm

Elektr tokining hosil bo'lishi va barqaror turishi uchun eng avvalo erkin siljiy oladigan zaryadli zarrachalar bo'lishi, so'ngra esa ularni energiya bilan doimiy ta'minlab turuvchi elektr maydoni mavjud bo'lishi lozim. Elektr tashuvchi zaryadli zaryadlar quyidagilardan iborat:

Metallarda erkin elektronlar;

Elektrolitlarda musbat va manfiy zaryadli ionlar;

Gazlar va plazmada ionlar va elektronlar;

Yarimo'tkazgichlarda elektronlar va tirqishlar;

Tokning yo'nalishi sifatida shartli ravishda musbat zaryadlarning harakat yo'nalishi qabul qilingan.

Elektr tokini miqdoriy jihatdan xarakterlash uchun **tok kuchi** degan skalyar fizik kattalik kiritiladi. *Baqt birligi ichida o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan oqib o'tuvchi zaryad miqdorini aniqlovchi kattalikni tok kuchi deb ataymiz.*

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Agar vaqt o'tishi bilan tokning son qiymati va yo'nalishi o'zgarmasa uni o'zgarmas **tok** deyiladi.

$$I = dQ/dt \quad \text{agar } I = \text{const bo'lsa, } I = Q/t$$

Tok kuchining o'lchov birligi $[I] = A(\text{amnep})$

O'rGANILAYOTGAN SIRTING TURLI NUQTALARIDAGI TOK YO'NALISHINI VA TOK KUCHINING SHU SIRT BO'YICHA TAQSIMLANISHINI XARAKTERLASH UCHUN TOK ZICHLOGI DEB ATALUVCHI KATTALIK KIRITILADI:

O'tkazgichning birlik ko'ndalang kesim yuzasidan o'tuvchi tok kuchining son qiymatini ko'rsatuvchi vektor fizik kattalikni tok zichlogi deyiladi.

$$\vec{j} = \frac{dI}{dS_{\perp}}, \quad I = \frac{dQ}{dt} = ne <\vartheta> S$$

Shunda, tok zichlogi:

$$\vec{j} = ne <\vartheta>$$

Bunda $<\vartheta>$ - o'tkazgichdagi zaryadlar tartibli harakatining o'rtacha arifmetik tezligi, n - tok tashuvchi zarrachalar kontsentratsiyasi; e-elementar zaryad.

Tok zichligining o'lchov birligi: $[j]=A/m^2$.

Istalagan S sirt orqali o'tuvchi tok kuchi j vektorning oqimi sifatida aniqlanadi:

$$I = \int_s j dS$$

bunda $\vec{dS} = \vec{n} dS$ (\vec{n} - dS юзага утказилган бирлик нормал вектор)

Agar S berk sirt bo'ylab, $d\vec{S}$ vektor hamma joyda tashqi \vec{n} normal bo'yicha o'tkazilgan bo'lsa; unda: $dQ = -Idt$. $\oint \vec{j} d\vec{S} = -\frac{dQ}{dt}$

Bu tenglamani **uzilmaslik tenglamasi** deyiladi. Agar tok o'zgarmas bo'lsa, zaryad $Q=const$ va $\oint \vec{j} d\vec{S} = 0$ shart bajariladi.

Tashqi kuchlar. Elektr yurituvchi kuch va kuchlanish

O'zgarmas elektr toki mavjud bo'lishi uchun zanjirda, noelektrik tabiatli kuchlar bajaradigan ish hisobiga, doimiy potentsiallar farqi hosil qilib turuvchi qurilma bo'lishi kerak. Bunday qurilma **generator** va yoki **tok manbai** deb ataladi. Tok manbai tomonidan zaryadlarga ta'sir etuvchi noelektrik tabiatli kuchlarni esa **tashqi kuchlar** deyiladi. Tashqi kuchlarning tabiatи turlicha bo'lishi mumkin:

O'zgarmas tok generatorida bu kuchlar magnit maydon va yakorning aylanish mexanik energiyalari hisobiga hosil bo'ladi;

Akkumulyator va gal'vanik elementda ximiyaviy reaktsiyalar tufayli paydo bo'ladi;

Yarimo'tkazgichli fotoelementda elektromagnit energiya (yorug'lik) hisobiga vujudga keladi.

Tashqi kuchlar tomonidan musbat birlik zaryadni ko'chirishda bajariladigan ishni aniqlovchi fizik kattalik zanjirda ta'sir qiluvchi elektr yurituvchi kuch (E.Yu.K.) deb yuritiladi.

$$\varepsilon = A/Q_0$$

Bu holda ish tok manbai energiyasining sarflanishi hisobiga bajariladi. Tashqi kuch tomonidan Q_0 zaryadga ta'sir etuvchi kuch quyidagiga teng:

$$\vec{F}_m = \vec{E}_m Q_0$$

bunda \vec{E}_m - tashqi kuchlar maydonining kuchlanganligi. Zanjirning berk qismida Q_0 zaryadni ko'chirishda bajariladigan ishni aniqlaymiz:

$$A = \oint \vec{F}_m d\vec{l} = Q_0 \oint \vec{E}_m d\vec{l}$$

yoki

$$\varepsilon = \oint \vec{E}_m d\vec{l}$$

Zanjirning chegaralangan 1-2 qismi uchun esa:

$$\varepsilon_{12} = \int_1^2 \vec{E}_T d\vec{l}$$

Q_o zaryadga tashqi kuchlardan tashqari elektrostatik maydon kuchlari ham ta'sir qiladi.

$$\begin{aligned}\vec{F}_e &= Q_o \vec{E} \\ \vec{F} &= \vec{F}_T + \vec{F}_e = Q_0 \left(\vec{E}_m + \vec{E} \right)_2 \\ \text{yoki} \\ A_{12} &= Q_0 \int_1^2 \vec{E}_m d\vec{l} + Q_0 \int_1^2 \vec{E}_m d\vec{l}\end{aligned}$$

Bundan esa quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$A_{12} = Q_0 \varepsilon_{12} + Q_o (\varphi_1 - \varphi_2)$$

Berk zanjirda elektrostatik kuchlarning bajargan ishi nolga teng. Shu sababli:

$$A_{12} = Q_o \varepsilon_{12}$$

*Zanjirning biror chegaralangan qismida birlik musbat zaryadni ko'chirishda natijaviy maydon kuchlari tomonidan bajaradigan ishni aniqlovchi skalyar fizik kattalikni zanjirning shu qismidagi **kuchlanishi** deyiladi.*

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}$$

Agar zanjirning qaralayotgan qismida $EYuK$ bo'lmasa:

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2$$

unda kuchlanish zanjirning shu qismidagi potentsiallar farqiga teng bo'ladi.

Sinov savollari:

- 1.Om qonuning differentsial ko'rinishini keltirib chiqaring
- 2.Joul'-Lents qonuning differentsial shaklni xosil qiling
- 3.Tokning solishtirma issiqlik quvvati qanday fizik ma'noni anglatadi?
- 4.Umumlashgan Om qonunini taxlil qilib bering
- 5.Tugun тицунчасини yoriting
- 6.Kirxgofning birinchi qoidasini ta'riflang, u qanday qonunga asoslanadi?
- 7.Kirxgofning ikkinchi qoidasini ta'riflang, u qanday qonunga asoslanadi?
- 8.Agar zanjirga n-dona bir xil ε E.Yu.K.li manbalar o'zaro ketma-ket ulansa natijaviy ε_n nimaga teng bo'ladi?
- 9.Agar zanjirga n-dona ε E.Yu.K. parallel tarzda ulasak ε_n qanday bo'ladi?
- 10.Kirxgof qoidalari ni ifodalovchi tenglamalar qanday tuziladi?

12- MAVZU. TURLI MUHITLARDA ELEKTR TOKI. (2)

Reja:

1.Gazlarning ionlanishi. Nomustaqlil gaz razryad.

2.Mustaqil gaz razryad va uning turlari.

3.Plazma haqida tushuncha

4.Elektronning metalldan chiqish ishi

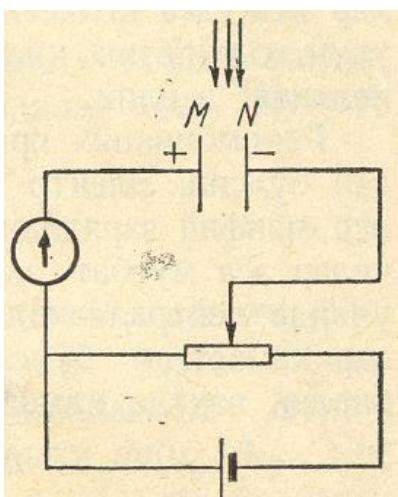
5.Termoelektron emissiya hodisasi

6.Kontakt potentsiallar farqi

7.Termoelektrik hodisalari

Tayanch iboralar: nomustaqlil gaz razryadi, gazlarning ionlashishi, nomustaqlil gaz razryadi, ionlashish ishi, mustaqil gaz razryadi, elektron emissiya, fotonli ionlanish.

Elektr tokining gazlar orqali o'tishiga **gaz razryadi** deyiladi. Normal sharoitda barcha gazlar yaxshi izolyator hisoblanishadi. Agar biror tashqi fizik ta'sir ionlagich (ultrabinafsha nurlari, rentgen nurlari, qizdirish va h.k) vositasida gazlarni ionlashtirsak, faqat shundagina ular elektr tokini o'tkazuvchi muhitga aylanadi. 1-rasmida tasvirlangan zanjir orqali elektr toki oqishini ta'minlash uchun, elektrodlar oraliq'iga zaryad tashuvchilar kiritish yoki biror usul bilan elektrodlar orasidagi gazda zaryad tashuvchilar vujudga keltirilishi kerak.



1-rasm

Ma'lumki, gazzarda elektronlarning o'z atomlari bilan o'zarlo ta'sir kuchi birmuncha katta. Elektronlarni atomdan ajratib olish uchun tashqi kuch $A = e(\varphi_i - \varphi_m)$ bilan aniqlanuvchi ishni bajarishi lozim. Yadroning atom tashqarisidagi potentsiali $\varphi_m = 0$ bo'lgani sababli tashqi kuchning bajargan ishi quyidagicha yoziladi: $A_i = e\varphi_i$. Bu ifoda **ionlashish ishini** bildiradi. Bunda φ_i -

ionlanish potentsiali. Turli gaz atomlari bir-biridan ionlashish potentsiali bilan farq qiladi. Masalan vodorod uchun $\varphi = 13,5V$, geliy uchun esa $\varphi_i = 24,5B$ ga teng.

Gaz razryadining xarakteri quyidagi faktlarga bog'liqdir:

Gaz va elektrodlarning ximiyaviy tabiatiga;

Gazning bosimi va temperaturasiga;

Elektrodlarning shakli, o'lchami va o'zaro joylashuviga;

Elektrodlar orasidagi kuchlanishga;

Tokning zichligi va quvvatiga;

*Gazdagi zaryad tashuvchilar tashqi faktorlar tufayli vujudga kelishi natijasida kuzatiladigan elektr tokini **nomustaql gaz razryad** deyiladi.* Unga boshqacha ta'rif berish ham mumkin:

*Ionlagich ta'siri to'xtagach gazdagi tokning o'tishi yo'qoladigan elektr o'tkazuvchanlikni **nomustaql gaz razryad** deb ataymiz.*

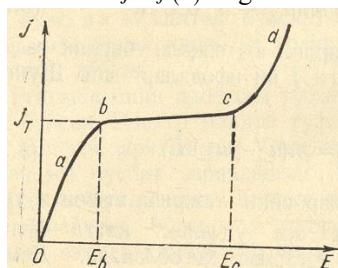
Ionlanish protsessi bilan bir qatorda gazda rekombinatsiya jarayoni ham sodir bo'ladi. Rekimbiniatsiya ionlanishga teskari jarayon bo'lib, bunda musbat va manfiy ionlarning yoki elektron va musbat ionning to'qnashuvi natijasida neytral molekulalar hosil bo'ladi. Agar M va N elektrodlarga berilgan kuchlanish etarlicha katta bo'lsa, unda ionizator ta'sirida vujudga kelayotgan ionlarning deyarli hammasi rekombinatsiyalanishga ulgurmasdanoq elektrodlarga etib oladi.

Ionizator ta'sirida gazning birlik hajmida birlik vaqtida n juft ion vujudga keladi. Bir-biridan l uzoqlikda joylashgan S yuzli ikki elektrod orasidagi hajm $S \cdot l$ ga teng bo'lGANI uchun, Δt ichida umumiy zaryad $Q = qnSl\Delta t$ bo'lgan ionlar vujudga keladi. Bu ionlarning hammasi tok tashishda qatnashadi.

To'yinish tokining zichligi quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$j = \frac{Q}{S\Delta t} = qnl$$

2-rasmda $j = f(E)$ bog'lanish diagrammasi berilgan.



2-rasm

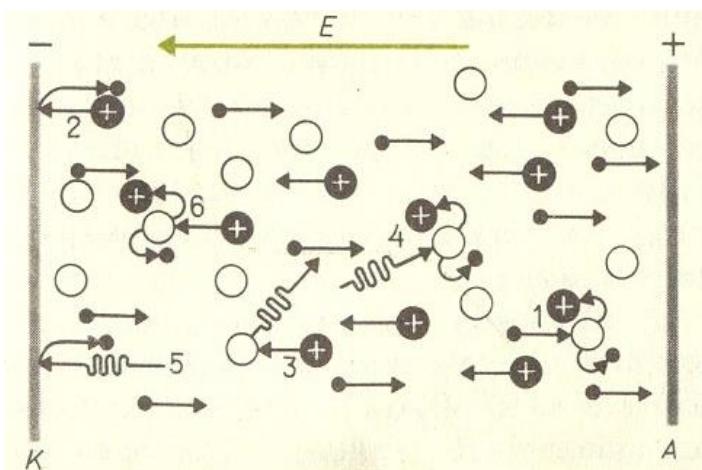
Grafikning Oa qismi kuchsiz elektr maydonga mos keladi. Bunday maydonlarda zaryad tushuvchilar kichik tezliklar bilan harakatlanib, ko'pincha elektrodlarga etib bormasdanoq, rekombinatsiyalashadi. Lekin elektr maydon kuchaygani sari ionlar tezligi ortib, tokning ortishiga sabab bo'ladi. Bu soxada j va E orasidagi bog'lanish Om qonuniga bo'ysunadi. ab qismida esa j ning E ga chiziqli bog'liqligi buziladi. Grafikning bu qismini oraliq soha yoki o'tish sohasi deyiladi. bs qismi esa to'yinish tokiga mos keladi. Maydon kuchlanganligi

$E_b \leq E \leq E_c$ bo'lganda ionizator ta'sirida vujudga kelgan ionlarning hammasi tok tashishda qatnashadi.

Lekin maydon kuchlanganligi E_s dan ortganda zarbdan ionlanish tufayli tok keskin ortadi (2-rasmdagi *sd* qism).

Mustaqil gaz razryadi va uning turlari.

Tashqi ionlagich ta'siri to'xtatilgandan so'ng ham elektr maydon mavjud bo'lgan gazli muhitda tok o'tishi davom etadigan razryad **mustaqil razryad** deyiladi. Mustaqil razryad hosil bo'lish sharti bilan tanishamiz. Yuqori kuchlanish ostidagi elektronlar katta kinetik energiyaga ega bo'lib qoladilar. Ular neytral gaz molekulalari bilan to'qnashib, uni ionlashtiradilar. CHunki kuchlanganligi E bo'lgan elektr maydoni Q zaryadli tok tashuvchi (ion yoki elektron) ga $F = Q \cdot E$ kuch bilan ta'sir etadi. Bu kuch ta'sirida tok tashuvchi ikki ketma-ket to'qnashuv orasida erkin bosib o'tilgan t yo'lida $W_k = QEt$ kinetik energiyaga erishadi. Agar bu energiya gaz molekulasining ionlanishi uchun bajarilishi lozim bo'lgan A_i ishdan katta bo'lsa, ya'ni $W_k > A_i$ shart bajarilsa, tok tashuvchining neytral molekula bilan to'qnashishi natijasida molekula ikki qismiga-erkin elektronga va musbat zaryadlangan ionga ajraladi (3-rasmdagi 1-jarayon).



3-rasm

Musbat ionlar katodga, elektronlar esa anodga tomon harakatlanadi. Ikkilamchi elektronlar gaz molekulalarini ionlashda davom etadi va buning natijasida elektron va ionlarning umumiy soni tobora oshib boradi. Bu jarayonni **zarbdan ionlashishi** deb aytildi.

Lekin tashqi ionlagich chetlashtirilgach, elektron ta'sirida sodir bo'ladigan zarbdan ionlanish-razryadni ta'minlashga kifoya qilmaydi. Razryad davom etishi uchun qaysidir jarayonlar ta'sirida gazda doimo yangi elektronlar hosil bo'lib turishi shart. 3-rasmda bu jarayonlar sxematik tarzda ko'rsatilgan.

1.Gazdagi musbat zaryadli ionlar elektr maydon ta'sirida ancha katta energiyaga erishgach, katodga urilish natijasida elektroddan elektronlar ajralib chiqadi. (2-jarayon). Buni **ikkilamchi elektron emissiya** deb ataladi.

2.Zarbdan ionlanish natijasida vujudga kelgan ion uyg'otilgan holatda bo'lishi mumkin. Bu ion uyg'otilgan holatdan asosiy holatga o'tayotganda qisqa to'lqin uzunlikda nur chiqaradi. Bunday nur energiyasi molekulaning ionlanishiga etarli bo'lib qolganda **fotoionlanish hodisasi** ro'y beradi (3-jarayon).

3.Neytral molekula fotonni yutib, ionlanib qoladi. Buning natijasida molekulaning **fotonli ionlanish** jarayoni sodir bo'ladi. (4 jarayon).

4.Bundan tashqari foton katoddan elektronni urib chiqarish oqibatida ham gaz razryadi kuzatilishi mumkin (5-jarayon).

5.Elektrodlar orasidagi kuchli elektr maydon ($E \approx 10^8$)V/m metallardan elektronlarni yilib olishi (**avtoelektron emissiya**) tufayli gaz razryadi paydo bo'ladi (6-jarayon).

1) **YOlqin razryad** kichik bosimda hosil bo'ladi. Uni, naycha ichidagi gaz bosimi 0,1 mm simob ustuniga, elektrodlarga berilgan kuchlanish esa bir necha yuz voltga teng bo'lganda kuzatish mumkin. Katodga yaqin joylashgan, nurlanish sodir bo'layotgan sohani katod qorong'i fazasi deyiladi. Razryadning qolgan (anodgacha davom etgan) qismida miltillagan nurlanish kuzatiladi. Uni nurlanuvchi anod ustuni deyiladi. Naydagi gazni o'zgartirganda nurlanishning rangi ham o'zgaradi. Masalan, neon-qizil, argon-ko'kish, geliy sariq rangdagi nurlanish beradi.Yolqin razryadning bu xususiyatlardan kunduzgi yorug'lik lampalarida, vitrinalarni yoritish va bezash maqsadlarida foydalilanildi.

2) **Uchqunli razryad**. Agar atmosfera bosimidagi gazda juda katta ($\approx 3 \cdot 10^6$)V/m kuchlanganlikli elektr maydoni hosil qilinganda, unda qisqa vaqt davom etadigan uchqunli razryadni kuzatish mumkin. *Eng ulkan uchqun razryad-yashindir.* Yashin bulutlar orasida yoki bulut bilan Er oralig'idha katta potentsiallar farqi vujudga kelishi natijasida paydo bo'ladi. Uchqun yaqinidagi gazyuqori temperaturalargacha qiziydi va keskin kengayadi. Bu esa o'z navbatida tovush to'lqinlarining vujudga kelishiga sabab bo'ladi. Yashinning uzunligi 50 km gacha, tok kuchi esa 20000 A gacha etadi. Shuning uchun ham yashin tufayli vujudga keladigan tovush, ya'ni momoqaldiroq juda kuchli bo'ladi.

3) **Yoy razryad**. Agar kuchli manbadan uchqunli razryad olib, so'ngra elektrodlar orasidagi masofani kamaytirsak razryad uzviy razryadga aylanadi. Natijada yoy razryad hosil bo'ladi. Bunda tok kuchi keskin ortib bir necha yuz amperga etadi, razryad oralig'idagi kuchlanish esa bir necha o'n vol'tga pasayadi. Bunda elektrodlarning temperaturasi (2500-4000) $^{\circ}$ s gacha ko'tariladi. Teperaturaning bu qadar ko'tarilishi metallarni payvandlashda, kuchli yorug'lik tarqatilishi esa yoy lamapalarda foydalilanildi.

4) **Tok razryad**. Nihoyatda kuchli, notekis elektr maydoni ta'siri ostida kuzatiladi. Masalan katta kuchlanishli tokga ega bo'lgan elektr toklarni o'tkazuvchi va Er dan tashkil topuvchi tizimni-kondensatorning ikki qoplamasini deb olish mumkin.Bu kondensatordagi elektr maydon notekis bo'lib, maydon kuchlanganligi sim yaqinida juda katta qiymatga erishadi. Shuning uchun bu sohada simni har tomonidan o'rabi oluvchi nurlanish tok razryad paydo bo'ladi. Tok razryad shuningdek, elektrodlarning uchlik qismlarida, kema machtalari va daraxtlarning uchlarida ham kuzatiladi.

Plazma haqida tushuncha.

Yuqori darajada ionlashgan, lekin kichik makroskopik hajmda elektroneytral (ya’ni musbat va manfiy zaryadlar soni amalda o’zaro teng) bo’lgan gaz **plazma** deb ataladi. Ionlashganlik darajasi $\alpha=1$ bo’lsa, plazma to’liq, aks holda to’liqsiz ionlashgan bo’ladi. Plazmani ikki usul bilan hosil qilish mumkin:

1. O’ta yuqori temperaturalargacha qizdirilgan gaz molekulasingning o’zaro to’qnashuvlari tufayli ionlanish sodir bo’ladi. Masalan $T>10000$ K da har qanday modda plazma holatida bo’ladi. Barcha yulduzlar, xususan quyosh ham ana shunday yuqori temperaturali plazmadan iborat.
2. Gazdan elektr tok o’tishi (elektr razryad) jarayonida ham plazma hosil bo’ladi. Lekin, bunda ionlar elektronlarning temperaturalari keskin farq qiladi. Masalan, yolqin razryadda elektronlar temperaturasi 10000 K bo’lsa, ionlar temperaturasi esa 2000 K dan ortmaydi.

Erning ionosferasidagi plazma Quyosh nurlanishi tufayli atmosferadagi gaz molekulalarining fotoionlashuvi natijasida vujudga keladi. Plazma radioto’lqinlarni qaytaradi, chunki u elektromagnit maydon bilan ta’sirlashadi.

Plazmaning eng asosiy xususiyati uning kvazineytralligidir. Plazmada katta elektr maydonlar vujudga kelmaydi. Buning sababi quyidagicha: plazmaning biror qismida ionlarning to’planib qolishi natijasida vujudga kelgan elektr maydon chiqib ketayotgan elektronlarga tormozlovchi ta’sir ko’rsatadi, so’ng ularni orqaga qaytaradi. Shu tarzda elektronlarning tebranish harakati vujudga keladi. Bu tebranishlarning chastotasi va amplitudasi quyidagicha aniqlanadi:

1. Plazma tebranishlarining chastotasi (**Lengmor chastotasi:**)

$$\omega = \sqrt{\frac{e^2 n_e}{\epsilon_0 m_e}}$$

bunda e- elektron zaryadi, m_e – uning massasi, n_e – elektronning kontsentratsiyasi.

2. Plazmada zaryadlar fazoviy ajraladigan masofaning maksimal qiymati (**Debay radiusi:**)

$$\lambda_D = \sqrt{\frac{\epsilon_0 k T_e}{e^2 n_e}}$$

Bunda k – Bolts’man doimiysi, T_e – plazmadagi elektronlarning termodinamik temperaturasi.

Debay radiusi λ_D zaryadlarning fazoviy ajralish mashtabini, plazma chastotasi ω esa zaryadlarning ajralmagani holatga qaytish davrini, ya’ni plazmaning zaryad jihatdan neytralligini tiklash davrini xarakterlaydi. Bu ikki kattalik plazmaning asosiy xarakteristikalari hisoblanadi.

Plazmadan yaqin kelajakda quyidagi yo’nalishlarda foydalanish mumkin:

- 1.Boshqaruvchi termoyadro reaktsiyalarida;
- 2.Magnitogidrodinamik generatorlarda

Sinov savollari:

- 1.Ionlanish va rekombinatsiya jarayonlarini tushuntiring?
- 2.Mustaqil va nomustaqlil gaz razryadlarning farqi nimada? Ularning mavjud bo’lish shartlarini aytib bering?
- 3.Mustaqil gaz razryadda to’yinish toki, hosil bo’la oladimi?

- 4.Mustaqil gaz razryad turlarini sanab bering. Ularning har birining o'ziga xosligi nimada?
- 5.Yashin qanday gaz razryadga mansub?
- 6.Gaz razryadning xarakteri qanday faktorlarga bog'liq?
- 7.To'yinish tokining zichligi nimalarga bog'liq?
- 8.YOy razryaddan qanday maqsadlarda foydalilanildi?
- 9.Plazma qanday hosil bo'ladi?
- 10.Plazmaning asosiy xossalari ni aytilib bering?
- 11.Yarim o'tkazgichlarning metallardan printsipial farqi nimadan iborat?
- 12.Faollashtirish energiyasi nima?
- 13.Yarim o'tkazgichlardagi elektronlarning kontsentratsiyasi nimalarga bog'liq?
- 14.Yarim o'tkazgichlar o'tkazuvchanligi deformatsiyaga qanday bog'liq?
- 15.Yarim o'tkazgichlarga misollar keltiring?
- 16.«Bo'sh» joy hosil bo'lish mazmunini tushuntiring?
- 17.Yarim o'tkazgichlarda aralashma moddaning roli qanday?
- 18.Donor va aktseptor aralashmani farqlab bering?
- 19.Yarim o'tkazgichlarning qo'llanilishi haqida tushuntirib bering?
- 20.Yarim o'tkazgichli triod yoki tranzistorning ishlash printsipini tushuntiring?
- 21.Nima sababdan elektronlarning issiqlik xarakati tufayli elektr toki xosil bo'lmaydi.
- 22.Metallar elektr o'tkazuvchanligining klassik nazariyasidan foydalaniib, Om qonunining differentsiyal ko'rinishi (shakli)ni keltirib chiqaring
- 23.Metallar elektr o'tkazuvchanligining klassik nazariyasi metallar qarshiligining temperaturaga bog'liqligini qanday tushuntiradi
- 24.Videman-Frants qonunini ta'riflang
- 25.Elektronning metaldan chiqish ishi sababini va chiqish ishini son qiymati qanday faktorlarga bog'liq bo'lismeni aytинг
- 26.Vakuumli diodning vol't - amper xarakteristikasini tushuntirib bering?
- 27.Boguslavskiy-Lengmyur qonuni nimadan iborat? Richardson-Deshman formulasini yozing?
- 28.Kontakt potentsiallar farqi hosil bo'lising sababi nimada?
- 29.Zebbek effekti nima?
- 30.Pel't'e va Tomson effektlarini ta'riflang?

13- Mavzu. Magnit maydon. Elektromagnit induktsiya hodisasi (2)

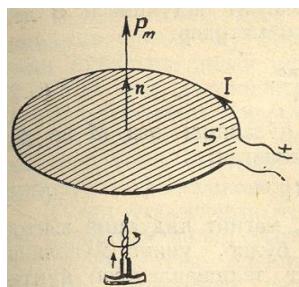
Reja:

- 1.Magnit maydon va uning xarakteristikalari
- 2.Bio – Savar – Laplas qonuni va uning magnit maydonlarini hisoblash uchun qo'llanilishi.
- 3.Amper qonuni. Parallel toklarning o'zaro ta'sirlashuvi.
- 4.Harakatdagi zaryadning magnit maydoni. Lorents kuchi.
- 5.Magnit induktsiya vektori oqimi. Magnit maydon uchun Gauss teoremasi.
- 6.Tokli o'tkazgichni magnit maydonida ko'chirishda bajariladigan ish.
- 7.Elektromagnit induktsiyasi hodisasi. Faradeyning qonuni
- 8.Magnit maydonida aylanuvchi ramka.
- 9.Konturning induktivligi. O'zinduktsiya
- 10.Ulash va uzish ekstratoklari
- 11.O'zaro induktsiya.
- 12.Magnit maydon energiyasi
- 13.Uyurmali elektr maydon.

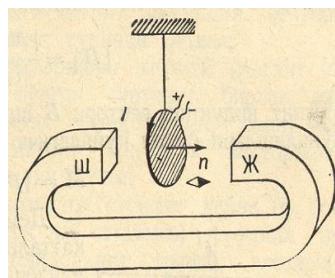
Tayanch iboralar: *Magnit maydon, Kuchning aylantiruvchi momenti, magnit induktsiya chiziqlari, Bio – Savar – Laplas qonuni. Elektromagnit induktsiyasi hodisasi, EYuK, Magnit maydonida aylanuvchi ramka, Lents qoidasi.*

Tok va doimiy magnit joylashgan fazoning bo'lagida **magnit maydoni** deb ataluvchi kuch maydoni hosil bo'ladi. Uning muhim xususiyati shundaki, u faqat shu maydonda harakatlanvchi zaryadlargagina ta'sir qiladi. Tajribalardan ma'lum bo'lishicha, magnit maydonining tokka ko'rsatadigan ta'siri o'tkazgichning shakliga, maydondagi joylashishiga va undan o'tayotgan tok kuchiga bog'liq bo'lar ekan. Shu sababli magnit maydonini o'rganish uchun geometrik o'lchamlari juda kichik bo'lgan tokli, yassi kontur (ramka) dan foydalanamiz.

Konturning fazodagi joylashuvini shu konturga o'tkazilgan normalning yo'nalishi orqali xarakterlaymiz. Uning musbat yo'nalishi (1- rasm) da ko'rsatilgan.



1-rasm



2- rasm

Berilgan nuqtadagi magnit maydon yo'nalishi sifatida, shu nuqtaga joylashtirilgan tok konturining musbat yo'nalishi olinadi (2-rasm). Shuningdek, shu nuqtadagi magnit strelkasi (ignasi) ning shimoliy qutbiga ta'sir qiluvchi kuchning yo'nalishi orqali ham aniqlanishi mumkin.

Magnit maydoni tokli konturga aylantiruvchi, juft kuch sifatida ta'sir qilib, uni ma'lum bir yo'nalish bo'yicha joylashishga majbur qiladi. **Kuchning aylantiruvchi momenti** – maydonning shu nuqtasidagi xossalariiga hamda konturning xossalariiga bog'liq bo'ladi.

$$\vec{M} = [\vec{P}_m \vec{B}]$$

bunda \vec{B} - magnit induktsiya vektori bo'lib, u magnit maydonning miqdoriy xarakteristikasi hisoblanadi, \vec{P}_m - tokli konturning magnit momenti vektori. I tok o'tayotgan yassi kontur uchun:

$$\vec{P}_m = I S \vec{n}$$

bunda S - kontur sirtini yuzasi, \vec{n} - konturning sirtiga o'tkazilgan normalning birlik vektori. P_m ning yo'nalishi musbat normal yo'nalishi bilan ustma – ust tushadi.

Magnit maydonini magnit maydon induktsiyasi xarakterlaydi:

$$B = M_{\max} / P_m$$

Magnit maydonining grafikasini esa **magnit induktsiya chiziqlari** yordamida ifodalash mumkin. Ularning har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinma shu nuqtadagi \vec{B} vektoring yo'nalishi bilan bir xil bo'ladi. Bu yo'nalish **o'ng vint qoidasi** bilan aniqlanadi. Agar vint o'qi tok yo'nalishi bo'ylab ilgarilanma harakatga keltirilsa, unda vint dastasi magnit induktsiya chiziqlari yo'nalishida aylanadi.

Magnit induktsiya chiziqlari doimo berk va tokli o'tkazgichni qamrab oluvchi tarzda joylashadi.

Makrotoklar hosil qiluvchi magnit **maydonini magnit maydon kuchlanganlik vektori** \vec{H} orqali tavsiflanadi. Bir jinsli, izotrop muhit uchun: $\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$ bunda μ_0 magnit doimiysi, μ - muhitning magnit singdiruvchanligi bo'lib, u makrotok magnit maydon \vec{H} - muhitning mikrotoklari hisobiga necha marta kuchayishini ko'rsatadi.

Bio - Savar – Laplas qonuni va uning magnit maydonlarini hisoblash uchun qo'llanilishi.

I tok o'tayotgan o'tkazgichning dl elementi, o'zidan r masofada yotuvchi ixtiyoriy nuqtasidagi $d\vec{B}$ maydon induktsiyasi **Bio – Savar – Laplas qonuniga** ko'ra quyidagicha ifodalanadi:

$$d\vec{B} = \frac{\mu \mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I[d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3}$$

bunda $d\vec{l}$ - modul bo'yicha dl - tok elementiga teng bo'luvchi va tok bilan bir xil yo'nalish oluvchi vektor. $\vec{r} = dl$ tok elementidan maydonning A nuqtasiga o'tkazilgan radius vektor bo'lib, uning moduli r ga teng.

$d\vec{B}$ vektorning yo'nalishi, $d\vec{l}$ va \vec{r} vektorlar yotadigan tekislikka perpendikulyar bo'lib, u **o'ng vint qoidasi** yordamida aniqlanadi.

$d\vec{B}$ vektorning moduli quyidagicha ifodalanadi.

$$dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Idl \sin \alpha}{r^2}$$

bunda α - $d\vec{l}$ va \vec{r} vektorlar orasidagi burchak.

Xuddi elektrostatik maydonlar singari, magnit maydoni uchun ham **superpozitsiya printsipi** o'rini:

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$$

1. To'g'ri tokning magnit maydoni (*tokli, cheksiz uzun, ingichka, to'g'ri o'tkazgichning maydoni*).

O'tkazgichning o'qidan R masofada yotuvchi istalgan A nuqtada barcha tok manbalari hosil qiladigan $d\vec{B}$ vektorlarining yo'nalishlari bir xil chizma tekisligiga perpendikulyar ya'ni bir tomonga yo'nalgan bo'ladi.

Shu sababli $d\vec{B}$ vektorlar yig'indisini ular modullarining yig'indisi bilan almashtirish mumkin.

$$r = \frac{R}{\sin \alpha}, \quad dl = \frac{rd\alpha}{\sin \alpha}$$

ekanligini e'tiborga olib, bir dona tok elementi hosil qiladigan magnit induktsiyasini aniqlaymiz:

$$d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi R} \sin \alpha d\alpha$$

To'g'ri tokning barcha tok elementlari uchun $0 \leq \alpha \leq \pi$ shart bajariladi. Shunga ko'ra:

$$B = \int dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{R} \int_0^\pi \sin \alpha d\alpha = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I}{R}$$

Shunday qilib, **to'g'ri tokning magnit maydon** induktsiyasi quyidagigia teng bo'lar ekan:

$$B = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I}{R}$$

2. 1) Tokli, doiraviy o'tkazgichning markazidagi magnit maydoni.

Bu holda ham barcha tok elementlari o'ramning markazidan normal yo'nalishiga mos keluvchi $d\vec{B}$ vektorlarini hosil qiladi (5-rasm). Shuning uchun \vec{B} vektorlarning yig'indisini ularning modullarining yig'indisi bilan almashtiriladi. O'tkazgichning barcha tok elementlari radiusi vektorga perpendikulyar va ulardan doiraning markazigacha bo'lgan masofa R ga tengligi uchun:

$$dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{R^2} dl$$

$$\text{Shunda } B = \int dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{R^2} \int_0^{2\pi} dl = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi R^2} \cdot 2\pi R = \mu\mu_0 \frac{I}{2R}$$

Demak, tokli doiraviy o'tkazgichning markazidagi magnit maydon induktsiyasi quyidagicha bo'ladi: $B = \mu\mu_0 \frac{I}{2R}$

2) Tokli doiraviy o'tkazgichning doira markazidan o'tuvchi o'qdagi magnit maydoni.

O'ramning markazidan o'ram tekisligiga perpendikulyar tarzda 00° o'qini o'tkazamiz (6-rasm) I tok o'tayotgan o'ramdagi turli dl elementlar maydonlari uchun 00° o'qining S nuqtasidagi $d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{r^3} [\vec{dl}, \vec{r}]$ vektorlarning yo'nalishlari ustma-ust tushmaydi.

Elektromagnit induktsiyasi hodisasi. Faradeyning qonuni

Ersted, elektr toki o'zini o'rab turuvchi fazoda magnit maydoni hosil qilishini aniqlagach, tadqiqotchilarda «magnit yordamida tok olish mumkinmi?» degan tabiiy savol paydo bo'ladi. Bu muhim muammoni 1831 yilda ingliz fizigi M.Faradey hal qilgan. U elektromagnit induktsiya hodisasi deb yuritiladi. Uning mohiyati quyidagicha:

Berk kontur bilan chegaralangan yuzadan o'tayotgan magnit oqimi o'zgarsa, shu konturda induktsion tok hosil bo'ladi. Quyidagi ikkita tajriba yordamida uning isbotini ko'rish mumkin.

Agar doimiy magnitni gal'venometr bilan ulangan solenoid ichiga kirlitsak va yoki undan chiqarsak gal'venometrda tok hosil bo'lganini kuzatamiz. Ikkala holdagi toklarning yo'nalishi o'zaro teskari bo'ladi. Bunda magnitning g'altakka nisbatan tezligi qancha katta bo'lsa, gal'venometr strelkasining og'ishi ham shuncha katta bo'ladi. Magnit qutblari o'zgartirilsa, faqat gal'venometr strelkasining og'ish yo'nalishi o'zgaradi, xolos (1-rasm). Shuningdek, magnitni qo'zg'almas holda qoldirib, g'altakni harakatlantirsak ham yuqoridagi effektning aynan o'zi takrorlanadi.

Bir-birining ichiga joylasha oladigan ikkita g'altak olib, ulardan birining ikki uchini gal'venometrda ulasak va ikkinchi g'altakdan esa tok o'tkazsak unga tokni ulash va uzish paytlarida gal'venometr strelkasining og'ishi kuzatiladi (1b-rasm). Shuningdek g'altakdagi tokning ortishi, kamayishi va yoki g'altaklarning bir-biriga nisbatan harakati paytida ham induktsion tok hosil bo'ladi. Bunda tokni ulash va uzish, uning o'sishi va kamayishi hamda g'altaklarning yaqinlashish va uzoqlashish paytlaridagi induktsion tokning yo'nalishi o'zaro teskari bo'lishini ta'kidlab o'tamiz.

Ko'p sonli tajribalar, induktsion tokning magnit maydon induktsiya oqimining qaysi usulda o'zgorganiga mutlaqo bog'liq bo'lmasligini ko'rsatadi.

Elektromagnit induktsiya hodisasi tufayli elektr va magnit hodisalari orasidagi bog'lanish tiklandi. Natijada yagona elektromagnit maydon nazariyasi yaratildi.

Elektromagnit induktsiya hodisasi fundamental mohiyatga ega bo'lib, uning asosiy mohiyati Faradey qonuni bilan ifodalanadi:

Qanday sabab bilan sodir bo'lishidan qat'iy nazar, berk kontur bilan chegaralangan yuza orqali o'tuvchi magnit oqimining har qanday o'zgarishi natijasida konturda induktsion EYUK (va demakki induktsion tok) hosil bo'ladi.

Uning miqdori faqat shu sirdan sizib o'tayotgan magnit oqimining o'zgarish tezligi bilangina aniqlanadi:

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$\frac{d\Phi}{dt} > 0$ da $\varepsilon_i < 0$, $\frac{d\Phi}{dt} < 0$, булганда эса $\varepsilon_i > 0$ булишини курсатади

Bu Holdagi minus ishorasi, 1833 yilda E.X.Lents tomonidan aniqlangan, induktsion tokning yo'naliшини oydinlashtirish umumiy qoidasining matematikaviy ifodasi bo'ylab xizmat qiladi. Konturda hosil bo'luvchi tok shunday yo'naladiki, uning magnit maydoni shu induktsion tokni hosil qiluvchi maydon o'zgarishini qoplash (kompensatsiyalash)ga intiladi.

Faradey qonunini energiyaning saqlanish qonunidan bevosita keltirib chiqarish ham mumkin

Bir jinsli magnit maydoniga joylashtirilgan I tokli o'tkazgichni dx masofaga siljitisida Amper kuchi A miqdorda ish bajaradi (2-rasm). $A=IdF$

Agar konturning to'la qarshiligi R bo'lsa, bajarilgan ish ajralib chiqadigan issiqlik miqdori va o'tkazgichni magnit maydon bo'ylab ko'chirishda bajaradigan ishning yig'indisidan tashkil topadi:

$$eldt = I^2 R dt + Id\Phi$$

$$I = \left(\varepsilon - \frac{d\Phi}{dt} \right) / R$$

bunda $-\frac{d\Phi}{dt} = \varepsilon_i$ – induktsion EYUK bo'lib, u Faradey qonuni hisoblanadi.

Induktsion EYUK ning o'lchov birligini aniqlaymiz:

$$\left[\frac{d\Phi}{dt} \right] = \frac{B\delta}{c} = \frac{Tl \cdot M^2}{c} = \frac{H \cdot M^2}{A \cdot Mc} = \frac{\mathcal{K}}{A \cdot c} = \frac{A \cdot Bc}{A \cdot c} = B$$

Magnit maydonda aylanuvchi ramka Generatorlarda mexanik energiya elektromagnit induktsiya hodisasidan foydalanish orqali elektr energiyasiga aylantiriladi. Uning ishslash printsipini bir jinsli magnit maydonida aylanayotgan yassi ramka misolida ko'rishimiz mumkin.

Mazkur ramka bir jinsli magnit maydoni ($B = const$) da $w = const$ burchak tezlik bilan bir tekis aylanayotgan bo'lsin. Istalgan t vaqtida S yuzali ramka ilashtirib oluvchi magnit oqimi quyidagicha bo'ladi:

$$\Phi = B_n S = BS \cos \alpha = BS \cos \varpi t$$

bunda $\alpha = \varpi t$ – ramkaning t vaqt momentidagi burilish burchagi.

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt} = BS\varpi \sin \varpi t$$

Agar $-1 \leq \sin \varpi t \leq 1$ ekanligini e'tiborga olib:

$$\varepsilon_{i \max} = BS\varpi \quad \text{yoki} \quad \varepsilon_i = \varepsilon_{\max} \sin \varpi t$$

Shunday qilib, agar bir jinsli magnit maydonida ramka tekis aylansa, unda garmonik qonun bilan o'zgaruvchi induktsion EYUK hosil bo'lar ekan.

Oxirgi formuladan ε_i ning qiymati ω , B va S kattaliklarga bog'liq bo'lishi ma'lum bo'ladi. O'zbekiston Respublikasida tokning standart chastotasi $\nu = \omega / (2\pi) = 50\text{Гц}$ qabul qilinganligi uchun faqat oxirgi ikki kattaliklarni oshirish mumkin. V ni oshirish uchun kuchli doimiy magnitlar ishlataladi yoki elektromagnitlardan ancha katta tok o'tkaziladi. Shuningdek, ba'zan elektromagnit o'zagini katta magnit singdiruvchanli materialdan tayyorlanadi. Agar bir emas, balki o'zaro ketma-ket ulangan bir necha o'ramdan iborat ramka aylansa, unda S oshadi. Mexanik energiyaning elektr energiyasiga aylanishi qaytar jarayondir. Agar magnit maydoniga joylashgan ramkadan tok o'tkazsak, unga aylantiruvchi moment ta'sir qilib ramka aylana boshlaydi. Elektrosvigatellar shu printsipda ishlab elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beradi.

Sinov savollari.

- 1.Elektrnomagnit induktsiya hodisasining mohiyati nimadan iborat? Faradey tajribalarini tahlil qilib bering?
- 2.Lents qoidasini ta'riflang va misollar bilan to'ldiring?
- 3.Magnit maydonida aylanuvchi ramkada sodir bo'ladigan jarayonni tahlil qiling.
- 4.O'zinduktsiya hodisasining mohiyati nimadan iborat? Bunda induktsiya EYUK nimaga teng bo'ladi.
- 5.O'zaro induktsiya hodisasini tushuntiring? Bu holdagi induktsiya EYUK ni hisoblang?
- 6.Relaksatsiya vaqt $\tau = \frac{L}{R}$ qanday fizik ma'no kasb etadi? Uning vaqt o'lchamiga ega ekanligini isbotlang?
- 7.Kuchaytiruvchi transformatorlarning birlamchi va ikkilamchi o'ramlaridagi toklarning nisbatini aniqlang?
- 8.Qachon o'zinduktsiya EYUK katta bo'ladi? O'zgarmas tok zanjirini ulagandami? yoki uzgandami?
- 9.Kontur induktivligining fizik ma'nosi nimadan iborat? U nimaga bog'liq?
- 10.Elektrnomagnit maydon energiya zichligi nimaga teng?

14-MAVZU. ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR VA TO'LQINLAR (2)

Reja:

1. Elektrnomagnit induktsiya hodisalarining Faradey-Maksvell talqini. Siljish toki. Uyurmaviy elektr maydon.
2. Maksvell tenglamalari tizimining integral va differentialsial ko`rinishi.
3. Elektrnomagnit to'lqinlarning tarqalish tezligi. Elektrnomagnit to'lqin tenglamasi. Energiya zichligi. Energiya oqimining zichligi.
4. Maksvell tenglamalarining Lorentts almashtirishlariga nisbatan invariantligi.

Tayanch so`z va iboralar: magnitoelektrik induktsiya, elektrnomagnit induktsiya, siljish toki, zaryadlarning sirt zichligi, o'tkazuvchanlik toki va zichligi, elektr induktsiya vektori, induktsion E.Yu.K., uyurmaviy elektr maydon, uyurmaviy tok

(*Fuko toklari*), *Maksvell nazariyasi*, *to`liq tok zichligi*, *elektromagnit to`lqin tenglamasi*, *energiya zichligi*, *energiya oqimi zichligi*, *Umov-Poynting vektori*, *Lorentts almashtirishlari*, *maxsus nisbiylik nazariyasi*, *inertsial sanoq sistemasi*, *elektromagnit maydon invariantlari*.

Magnitoelektr induktsiya elektromagnit induktsiyasiga teskari bo`lgan hodisa bo`lib, uni 1863 yilda Maksvell o`z gipotezasi orqali bayon qildi. Elektr maydonning o`zgarishi va bu o`zgarish tufayli vujudga kelayotgan magnit maydon orasidagi miqdori bo`rlanishni topish uchun Maksvell *siljish toki* deb ataladigan tushunchani kiritdi. Bu tushunchani quyidagi tajriba jarayonida o`rganamiz. Kondensatorli zanjirdan kvazistatsionar o`zgaruvchan tok oqqanda kondensator plastinkalarini birlashtiruvchi o`tkazgichlar orqali zaryad o`tadi, lekin plastinkalar oraliridagi dielektrikdan o`tmaydi. Natijada o`zgaruvchan tokning zanjir bo`ylab oqishi kondensatorning zaryadlanishi (1a-rasm) va razryadlanishidan iborat bo`ladi (1b-rasm).

Shunday qilib, o`tkazuvchanlik tokining chiziqlari kondensator plastinkalarining bir-biriga qaragan sirtlarida uzilib qoladi. Maksvell bu fikrga qarama-qarshi bo`lgan foyoni ilgari surdi. Uning fikricha har qanday o`zgaruvchan tok zanjirlari `am berk bo`ladi. Faqat zanjirning o`tkazgich bo`lmagan qismlarida, yaoni kondensator plastinkalari oralifida "siljish toki" deb ataladigan tok oqadi. Uni quyidagicha tushunamiz. Zanjirdan o`tayotgan tokning oniy qiymati I bo`lsin. Shu momentda kondensator plastinkalaridagi zaryad miqdori σ = deb, ularning sirt zichligini esa $\sigma = \frac{q}{S}$ deb belgilaylik. U holda kondensator plastinkalari ichidagi o`tkazuvchanlik toki zichligining qiymati

$$J = \frac{d\sigma}{dt} \cdot S = \frac{d}{dt} \left(\frac{q}{S} \right) = \frac{dq}{dt}. \quad (14.1)$$

Shu momentda plastinkalar oraliridagi elektr maydon kuchlanganligining qiymati

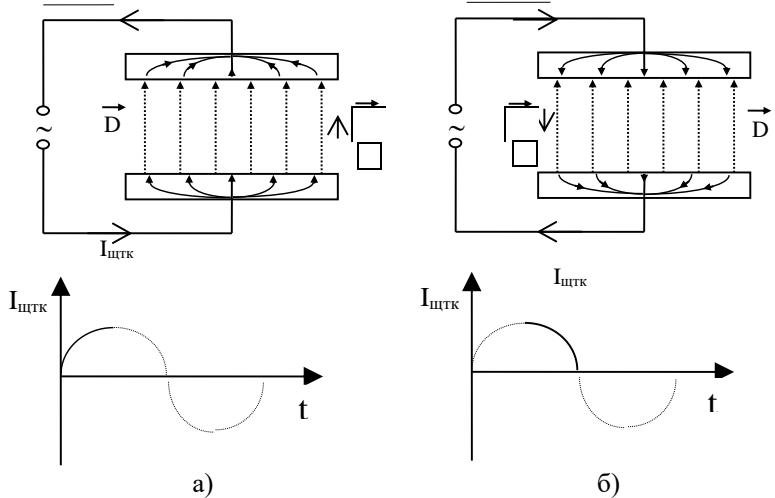
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} \text{ ga teng. Maydonning elektr induktsiyasi esa}$$

$$D = \epsilon_0 \epsilon E = \epsilon_0 \epsilon \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} = \sigma. \quad (14.2)$$

Vaqt o`tishi bilan plastinkalardagi zaryadning sirt zichligi o`zgaradi. Bu esa elektr maydon induktsiyasi qiymatining o`zgarishiga sabab bo`ladi.

$$\frac{\partial D}{\partial t} = \frac{d\sigma}{dt}. \quad (14.3)$$

Добавлено примечание ([11]):



1-rasm

Kondensator zaryadlanayotgan vaqtida (1a-rasm) plastinkalar oralig'idiagi elektr maydon kuchayib boradi. Bu vaqtida $\frac{d\vec{D}}{dt}$ vektor \vec{D} vektorga parallel bo`lib, uning yo`nalishi zanjirdagi o`tkazuvchanlik tokining yo`nalishi bilan bir xil. Aksincha, razryadlanganda (1b-rasm) elektr maydon susayib boradi. Bu holda elektr induktsiya vektorining o`zgarish tezligini ifodalovchi $\frac{d\vec{D}}{dt}$ vektor \vec{D} ga antiparallel. Lekin $\frac{d\vec{D}}{dt}$ vektoring yo`nalishi o`tkazuvchanlik tokining yo`nalishi bilan bir xil. Demak, hamma vaqt $\frac{d\vec{D}}{dt}$ ning yo`nalishi o`tkazuvchanlik tokining yo`nalishi bilan bir xil bo`ladi. (14.1) va (14.3) ifodalarni solishtirish esa $\frac{d\vec{D}}{dt}$ ning va o`tkazuvchanlik toki zichligining qiymatlari o`zaro tengligini ko`rsatadi. $\frac{dD}{dt}$ ning birligi

$$\left[\frac{dD}{dt} \right] = \frac{K'}{M^2} \frac{1}{C} = \frac{A}{M^2}$$

Demak, $\frac{dD}{dt}$ `am tok zichligining o`lchov birligida o`lchanadi. $\frac{dD}{dt}$ kattalik,

Maksvell gipotezasiga asosan *siljish tokining zichligidir*:

$$\vec{j}_{uu} = \frac{d\vec{D}}{dt} \quad (14.4)$$

Shunday qilib, o`zgaruvchan tok zanjirida o`tkazgichlardagi o`tkazuvchanlik tokining chiziqlari kondensator plastinkalari oralig'idiagi siljish tokining chiziqlariga ulanib ketadi. Siljish toki `am, xuddi o`tkazuvchanlik tokiga o`xshash fazoda

uyurmaviy magnit maydonni vujudga keltiradi. Qo`zg`almas kontur bilan chegaralangan yuz orqali o`tuvchi magnit maydonning o`zgarishi magnit induktsiya vektoridan vaqt bo`yicha olingen hosila $\frac{d\vec{B}}{dt}$ orqali harakterlanadi.

Konturda vujudga kelayotgan induktsion elektr yurituvchi kuch ham $\frac{d\vec{B}}{dt}$ orqali ifodalanishi mumkin. Kontur yuzi S dan o`tuvchi F magnit oqimi magnit maydon induktsiyasi V orqali

$$F = \int_S B_n dS$$

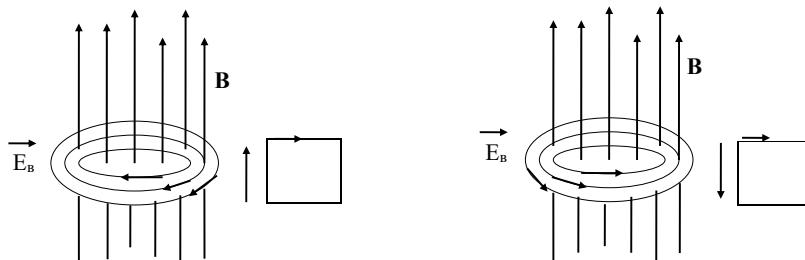
shaklda ifodalanishidan foydalanib induktsion elektr yurituvchi kuchning ifodasini quyidagicha yozamiz:

$$\mathcal{E}_{\text{ind}} = \boxed{\quad} \quad (14.5)$$

Magnit maydonning o`zgarishi natijasida fazoda induktsion elektr maydon vujudga keladi va u o`tkazgichdagi erkin elektronlarni tartibli harakatga keltiradi, degan xulosaga kelamiz. Bu maydon kuchlanganlik vektori \vec{E}_B ning berk kontur bo`yicha tsirkulyatsiyasi shu konturda vujudga kelayotgan induktsion elektr yurituvchi kuchiga teng:

$$\mathcal{E}_{\text{ind}} = \boxed{\quad} \quad (14.6)$$

Bu ifoda o`zgaruvchan magnit maydon tufayli vujudga kelayotgan elektr maydonning kuchlanganlik chiziqlari qo`zralmas zaryad elektr maydonining kuchlanganlik chiziqlaridan farqli ravishda, berk ekanligidan dalolat beradi. Boshqacha aytganda, induktsion elektr maydon, xuddi magnit maydon singari uyurmaviy xarakterga ega bo`ladi. \vec{E}_B chiziqlari $\frac{d\vec{B}}{dt}$ bilan chap vint qoidasi asosida boflangan (2-rasm).



2-rasm

Shuning uchun odatda bu maydonni *uyurmaviy elektr maydon* deyiladi. Uyurmaviy elektr maydon fazoning o`rganilayotgan qismida kontur bo`lishi yoki bo`lmaslidigan qatoiy nazar vujudga kelaveradi. Lekin bu maydonni `osil

bo`lishi uchun o`zgaruvchan magnit maydon bo`lishi shart. (14.5) va (14.6) ni taqqoslash natijasida:



(14.7)

ni hosil qilamiz.

Shunday qilib, o`zgaruvchan magnit maydoni tufayli vujudga kelgan uyurmaviy elektr maydon kuchlanganligining ixtiyoriy berk kontur bo`yicha tsirkulyatsiyasi magnit induktsiya vektorining vaqt davomida o`zgarishini xarakterlovchi $\frac{d\vec{B}}{dt}$ vektorni shu kontur chegaralangan ixtiyoriy sirt orqali oqimining teskari ishora bilan olingan qiymatiga teng bo`ladi. Fazoning uyurmaviy elektr maydon mavjud bo`lgan qismiga yaxlit o`tkazgich parchasi joylashtirilsa ham *uyurmaviy toklar* paydo bo`ladi. Bunday uyurmaviy toklar *Fuko toklari* deyiladi.

Maksvell siljish toki tushunchasini qullab elektr va magnit hodisalarining yagona nazariyasini yaratdi. *Maksvell nazariyasining* asosini to`rtta tenglama tashkil etadi.

1). *Qo`zalmas zaryad* o`z atrofidagi fazoda elektr maydonini vujudga keltiradi. Bu maydon *potentsial maydonidir*. Shuning uchun bu maydon kuchlanganlik vektori \vec{E}_q ning i`tiyoriy berk kontur bo`yicha tsirkulyatsiyasi (yaoni elektrostatik maydon kuchlarining berk yo`lda bajargan ishi) nolga teng:



(14.8)

Uyurmaviy elektr maydon kuchlanganligi \vec{E}_B vektorning ixtiyoriy berk kontur bo`yicha tsirkulyatsiyasi (13.7) ga asosan noldan farqli:

$$\oint_{\ell} E_B d\ell = - \left(\frac{dB}{dt} \right)_n dS \quad (14.9)$$

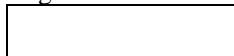
Umumiy holda elektr maydon \vec{E}_q va \vec{E}_B maydonlarning yirindisidan iborat bo`lishi mumkin, yaoni $\vec{E} = \vec{E}_q + \vec{E}_B$ deb belgilab, (14.8) va (14.9) tenglamalarni qo`sksak:



(14.10)

Maksvellning integral ko`rinishdagи *birinchi tenglamasi* kelib chiqadi. (14.10) ning chap tomonidagi integral ixtiyoriy berk kontur bo`yicha, o`ng tomondagisi esa shu kontur chegaralab turgan ixtiyoriy sirt bo`yicha olinadi.

2) har qanday elektr tok atrofida magnit maydon hosil bo`ladi. Magnit maydon kuchlanganligi vektori \square ning ihtiyyoriy berk kontur bo`yicha sirkulyatsiyasi shu kontur o`rab olgan barcha makroskopik toklarning algebrik yig`indisiga teng:



(14.11)

O'zgaruvchan elektr maydon xuddi tok kabi magnit maydoni hosil qiladi. Demak, umumiyl holda magnit maydon o'tkazuvchanlik toki \vec{j}_y va siljish toki \vec{j}_c tufayli vujudga kelgan magnit maydonlarning yig'indisidan iborat. Agar o'tkazuvchanlik toki zichligi va siljish toki zichligi $\vec{j}_r = \frac{d\vec{D}}{dt}$ larning yig'indisidan iborat *bo'lgan to`liq tok zichligi* \vec{j}_r :

$$\vec{j}_r = \vec{j}_y + \vec{j}_c = \vec{j}_y + \frac{d\vec{D}}{dt} \quad (14.12)$$

tushunchasidan foydalansak, (14.11) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$\oint_{\ell} H \cdot d\ell = \int_S \left(\vec{j}_y + \frac{d\vec{D}}{dt} \right) dS. \quad (14.13)$$

Bu ifoda *Maksvellning ikkinchi tenglamasi* deb atalib, u magnit maydon kuchlanganlik vektori \vec{H} ning ixtiyoriy berk kontur bo'yicha tsirkulyatsiyasi shu konturga tiralgan ixtiyoriy S sirt orqali o'tuvchi makroskopik va siljish toklarining algebrik yig'indisiga tengligini ko'rsatadi.

3) Elektr induktsiya vektori \vec{D} ning ixtiyoriy berk sirt orqali oqimi shu sirt ichidagi barcha erkin zaryadlarning algebraik yig'indisiga teng:

$$\boxed{\text{_____}}, \quad (14.14)$$

bunda ρ - berk sirt ichida uzluksiz ravishda joylashgan zaryadlarning `ajmiy zichligi. *Maksvellning uchinchi tenglamasi* deb ataladigan (14.14) tenglama qo`zg'almas zaryadlar tufayli vujudga kelgan potentsial elektr maydon va o'zgaruvchan magnit maydon tufayli vujudga kelgan uyurmaviy elektr maydonlar yig'indisidan tashkil topgan elektr maydon uchun ham o'rnlidir.

4) Magnit maydon qanday usul bilan vujudga keltirilganligidan qatoiy nazar magnit induktsiya chiziqlari doimo berk bo'ladi. Shuning uchun umumiyl holda

$$\boxed{\text{_____}}, \quad (14.15)$$

Bu ifoda V vektor uchun Gauss teoremasidir. Uni *Maksvellning to`rtinchi tenglamasi* deyiladi.

(14.10),(14.13),(14.14),(14.15) tenglamalar integral ko`rinishdagi Maksvell tenglamalaridir.

Vektor analizdag'i Ctoks va Gauss teoremlaridan foydalaniib *Maksvell tenglamalarini quyidagicha differentials ko`rinishda* ifodalash mumkin:

$$\text{rot } \vec{E} = - \frac{d\vec{B}}{dt} \quad (14.16)$$

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}_y + \frac{d\vec{D}}{dt}, \quad (14.17)$$

$$\text{div } \vec{D} = \rho, \quad (14.18)$$

$$\text{div } \vec{B} = 0. \quad (14.19)$$

Bu tenglamalarni yechishda ularda qatnashgan \vec{E} va \vec{D} , \vec{B} va \vec{H} kattaliklar o`rtasidagi quyidagi moddiy munosabatlardan (izotrop mu`it uchun) foydalilanadi:

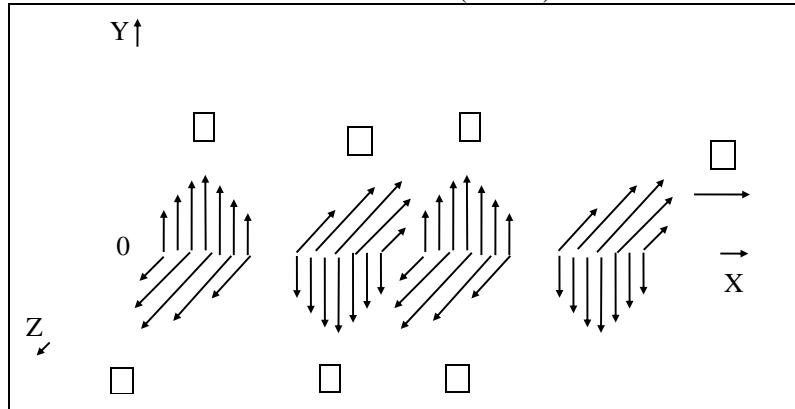
$$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}, \quad (14.20)$$

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}, \quad (14.21)$$

$$\vec{j}_y = \sigma \vec{E}, \quad (14.22)$$

bu yerda, ϵ_0 - elektr doimiy; ϵ -muxitning dielektrik singdiruvchanligi; σ - moddaning solishtirma elektr o`tkazuvchanligi.

Maksvell tenglamalari Nyuton mexanikasining qonunlari, termodinamika bosh qonunlari kabi katta ahamiyatga ega bo`lgan tabiat qonunlaridir. Maksvell nazariyasining eng muxim natijalaridan biri elektromagnit to`lqinlarining ko`ndalang to`lqinlar ekanligidir. \vec{E} va \vec{H} vektorlar o`zaro perpendikulyar bo lib, ular to`lqinning tarqalish tezligi \vec{E} ga perpendikulyar tekislikda yotadi. Elektromagnit to`lqinni ikki o`zaro perpendikulyar tekisliklarda yotuvchi sinusoidalalar shaklida tasvirlash mumkin (3-rasm).



3 - rasm

Sinusoidalardan biri elektr maydon kuchlanganlik vektori \vec{E} ning, ikkinchisi esa magnit maydon kuchlanganlik vektori \vec{H} ning tebranishlarini ifodalarydi. Elektromagnit to`lqin chastotasi aynan bir xil saqlansa ($\omega = \text{const}$), uni monoxromatik elektromagnit to`lqin deyiladi. OX o`q yo`nalishida tarqalayotgan ω chasterali elektromagnit to`lqin quyidagicha yoziladi:

$$\vec{E} = \vec{E}_m \sin(\omega t - kx + \varphi_0), \quad (14.23)$$

$$\vec{H} = \vec{H}_m \sin(\omega t - kx + \varphi_0). \quad (14.24)$$

Bunda \vec{E}_m va \vec{H}_m - mos ravishda \vec{E} va \vec{H} vektorlarning amplituda qiymatlari, $k = \omega/V = 2\pi/\lambda$ - to`lqin soni, φ_0 - koordinatasi $x=0$ nuqtadagi tebranishlarning boshlanrich fazasi.

Elektromagnit to`lqinning differentials tenglamasi quyidagicha bo`ladi:

$$\boxed{\frac{\partial^2 E_x}{\partial x^2} = -\omega^2 E_x, \quad (14.25)}$$

$$(14.26)$$

Bunda V - elektromagnit to`lqinning fazaviy tezligi.

Maksvell nazariyasiga asosan, elektromagnit to`lqinning biror muxitda tarqalish tezligi shu muxitning elektr va magnit xususiyatlariga bog'lik bo`lib, uning qiymati:

$$V = \boxed{\quad} \quad (14.27)$$

Vakuumda muxitning magnit singdiruvchanligi μ va dielektrik singdiruvchanligi ϵ birga teng va elektromagnit to`lqinlarning maksimal tarqalish tezligi:

$$C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s.} \quad (14.28)$$

Bundan foydalanib (34)ni quyidagicha yozamiz:

$$\boxed{\quad}. \quad (14.29)$$

Demak, elektromagnit to`lqinning muxitda tarqalishi tezligi vakuumdagi tezlikdan $n = \sqrt{\mu\epsilon}$ marta kichik (n - mu`itning sindirish ko`rsatkichi). Birlik `ajmdagi elektromagnit maydon energiyasi W , elektr maydon energiyasining zichligi W_e va magnit maydon energiyasining zichligi W_m yifindisidan iborat:

$$W = W_e + W_m = \epsilon_0 \epsilon E^2 / 2 + \mu_0 \mu H^2 / 2, \quad (14.30)$$

bunda $W_e = W_m$ ekanlididan (14.30) ni quyidagicha yozamiz:

$$W = 2W_e = 2W_m = \epsilon_0 \epsilon E^2 = \mu_0 \mu H^2. \quad (14.31)$$

Bundan $\boxed{\quad}$ degan xulosaga kelamiz. Bu esa (14.31) ifodani

$$W = \sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu} EH \quad (14.32)$$

ko`rinishida yozishga imkon beradi.

Agar (14.27) va (14.32) larni `adlab ko`paytirsak, birlik vaqtida birlik yuz orqali ko`chirilayotgan energiya oqimining zichligini

$$S = W \cdot V = ye \cdot N \quad (14.33)$$

ko`rinishda ifodalaymiz. Bu ifodani vektor ko`rinishida quyidagicha yozsa bo`ladi:

$$\vec{S} = [\vec{E} \quad \vec{H}] \quad (14.34)$$

Odatda S vektorni *Umov-Poynting vektori* deb ataladi.

Maksvell tenglamalarining Lorentts almashtirishlariga nisbatan invariantligi.

Murakkab matematik apparat yordamida yuqorida yozilgan Maksvell tenglamalarining *Lorentts almashtirilariga* nisbatan invariant ekanligi isbot etilgan. Demak, Maksvell tenglamalari Eynshteynning *maxsus nisbiylik printsiplini* qanoatlantiradigan ko`rinishdagi elektromagnetizm qonunlaridir. Ko`zralmas K inertsial sanoq sistemasi (ISS) ga nisbatan uning OX o`qi yo`nalishida $\boxed{\quad}$ tezlik bilan to`fri chiziqli tekis xarakatlanayotgan K' ISS ga o`tishda vakuumdagи elektromagnit maydon vektorlari uchun Lorentts almashtirishlari quyidagi ko`rinishga ega $\boxed{\quad}$:

(14.35a)

. (14.35b)

K' sistemadan K ga o'tishdagi teskari Lorentts almashtirishlari (14.35a,b) tenglamalarda shtrixlangan va shtirxlanmagan kattaliklarni mos ravishda o'rinnal mashtirishdan, shuningdek, V o'rniga -V yozishdan xosil bo'ladi. Xususan, bu tenglamalardan:

1. $\vec{E} = 0$, $\vec{D} = 0$ va $\vec{H} \neq 0$, $\vec{B} \neq 0$ shartda

$$\vec{H}' = \vec{H}, \quad \vec{D}' = \frac{1}{c^2} [\vec{V}, \vec{H}]$$

$$\vec{B}' = \vec{B}, \quad \vec{E}' = [\vec{V}, \vec{B}];$$

2. $\vec{E} \neq 0$, $\vec{D} \neq 0$ va $\vec{H} = 0$, $\vec{B} = 0$ shartda esa

$$\vec{H}' = -[\vec{V}, \vec{D}], \quad \vec{D}' = \vec{D},$$

$$\vec{B}' = -\frac{1}{c^2} [\vec{V}, \vec{E}], \quad \vec{E}' = \vec{E}$$

munosabatlar kelib chiqadi. Ko'ramizki, ISS lardan birida (masalan K da) elektr yoki magnit maydonlardan bittasining mavjud bo'lishi boshqa barcha ISS larda o'zaro perpendikulyar yo`nalgan elektr va magnit maydonlarning paydo bo`lishini taominlaydi. Aksincha, biror sistemada o'zaro ortogonal elektr va magnit maydonlarning mavjudligi boshqa barcha sistemalarda ulardan birining nolga teng bo`lishiga sabab bo'ladi. Agar biror ISS da o'zaro ortogonal bo`lmagan elektr va magnit maydonlar mavjud bo`lsa, boshqa ISS ga o'tilganda ularning kattaligi va yo`nalishi o`zgaradi. Aksincha, biror sistemada elektr maydon `am, magnit maydon `am bo`lmasa, boshqa hech qanday ISS da ularning mavjud bo`lishi mumkin emas. Bu natijalar elektromagnit maydon invariantlaridan foydalanib ham topilishi mumkin.

Elektromagnit maydon invariantlari. Elektromagnit maydon vektorlari bir ISS dan ikkinchisiga o'tilganda o`zgarsa `am ularning ma'lum kombinatsiyalari bunday almashtirishlarda o`zgarmasdan qoladi. Elektromagnit maydon vektorlaridan bir ISS dan ikkinchisiga o'tilganda o`z qiyamatini o`zgartirmaydigan qilib tuzilgan kattaliklar elektromagnit maydon invariantlari deb yuritiladi. (14.35a,b) formulalardan foydalanib, bevosita xisoblashlar asosida, quyidagi invariantlar kattaligining bir ISS dan ikkinchisiga o'tilganda o`zgarmasligini isbotlash mumkin:

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= C^2 B^2 - E^2, & I_1^\odot &= H^2 - C^2 D^2, \\ I_2 &= (\vec{B} \cdot \vec{E}), & I_2^\odot &= (\vec{H} \cdot \vec{D}), \\ I_3 &= (\vec{H} \cdot \vec{B}) - (\vec{D} \cdot \vec{E}). \end{aligned} \right\} \quad (14.36)$$

Yuqoridaagi kattaliklarni invariantligidan, maydon vektorlariga tegishli quyidagi xulosalar kelib chiqadi:

1. Agar biror sistemada $s^2V^2 > E^2$ va $\vec{B} \perp \vec{E}$ bo`lsa, shunday sistema tanlash mumkinki, unda $\vec{E}=0$, $\vec{B}\neq 0$ buladi: agar \vec{B} vektor \vec{E} ga perpendikulyar bo`lmasa, bunday sistema mavjud emas;

2. Agar biror sistemada $s^2V^2 < E^2$ va $\vec{B} \perp \vec{E}$ bo`lsa, shunday sistema tanlash mumkinki, unda $\vec{E}\neq 0$, $\vec{B}=0$ bo`ladi; agar \square vektor \square vektorga perpendikulyar bo`lmasa, bunday sistema mavjud emas;

3. Agar qandaydir ISS da faqat elektr maydon yoki magnit maydon bo`lsa, boshqa ISS larda ham elektr maydon, ham magnit maydon bo`lib, ular o`zaro perpendikulyar bo`ladi:

4. Maydon vektorlari $sV=E$, $\vec{B} \perp \vec{E}$ shartlarni qanoatlantiruvchi yassi to`lqin barcha ISS larda `am yassiligicha qoladi.

Ma`ruzaning oxirida shuni takidlash joizki, zarralar va jismalarning *zaryadi* ISSlarini tanlashga borliq emas, zaryad va tok zichliklari esa nisbiy kattaliklardir.

Mustaxkamlash uchun savollar.

1. Maksvell tenglamalari elektromagnitizmning qaysi qonunlarini ifodalaydi?
2. Siljish toki nima?
3. Maksvell tenglamalarining integral va differentsiyal shakllarini yozing.
4. Elektromagnit vektorlar uchun Lorentts almashtirishlari qanday?
5. Elektromagnit maydon invariantlarini tushuntiring

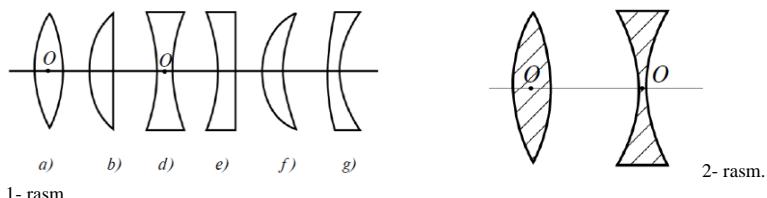
15-MAVZU. OPTIKANING ASOSIY QONUNLARI. YORUG'LIK INTERFRENTSIYASI.(2)

Reja:

- 1.Yorug`likning interferentsiyasi
2. Yupqa qatlamlardagi yorug`lik interferentsiyasi
3. Yorug`lik interferentsiyasining qo`llanishi

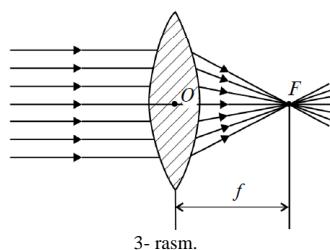
Linzalar va ularning turlari. *Linza deb, ikkita sirt bilan chegaralangan shaffof jismga aytildi.* Linzalar odatda shisha, kvars, plastmassa va shunga o`xshash materiallardan yasalgan bo`ladi. Tashqi ko`rinishiga qarab linzalar: ikkiyoqlama qavariq (1- a rasm); yassi qavariq (1- b rasm); ikkiyoqlama botiq (1- d rasm); yassi-botiq (1- e rasm); qavariq-botiq (1- f rasm); botiqqavariq (1- g rasm) linzalarga bo`linadi. Optik xususiyatlariga qarab ularni *yig'uvchi* va *sochuvchi* linzalarga ajratiladi.

Yupqa linza va uning bosh optik o`qi. Agar linzaning qalinligi, ya`ni uni chegaralab turgan sirtlar orasidagi masofa shu sirtlarning radiusidan juda kichik bo`lsa, bunday linza *yupqa linza* deyiladi. Linza sirtlarining egrilik markazidan o`tuvchi to`g`ri chiziq *linzaning bosh optik o`qi* deyiladi (2- rasm). Har bir linza uchun *linzaning optik markazi* deb ataluvchi shunday *O* nuqta mavjudki, undan o`tadigan nur sinmaydi. Ikkijoqlama qavariq va ikkiyoqlama a) b) d) e) f) g)



1- rasm.

2- rasm.



3- rasm.

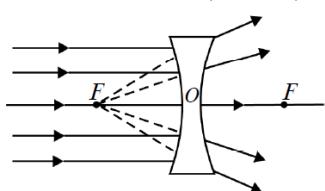
botiq linzalar uchun bu nuqta linzaning geometrik markazi bilan mos keladi.

Fokus masofasi. Linzaning optik kuchi. Endi ikkiyoqlama qavariq linzaga parallel nurlar dastasi tushayotgan holni ko‘raylik (3- rasm). Linzadan o‘tib singan nurlarning barchasi F nuqtada kesishishadi va bu nuqta *linzaning fokusi* deyiladi. Linzaning fokusi uning har ikkala tomonida, bir xil masofada joylashgan bo‘ladi.

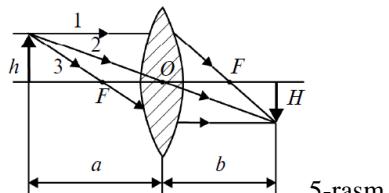
Linzaning optik markazidan fokusigacha bo‘lgan masofa ($f = OF$) *linzaning fokus masofasi* deyiladi. Fokus masofasiga teskari

$$D = \frac{1}{f} \quad (12)$$

kattalik *linzaning optik kuchi* deyiladi. Uning birligi – dioptriya (dptr). 1 dioptriya – fokus masofasi $1 \text{ dptr} = \frac{1}{m}$ ga teng bo‘lgan linzaning optik kuchi: m. Optik kuchi musbat bo‘lgan linzalar (qavariq linzalar) – *yig‘uvchi*, optik kuchi manfiy bo‘lgan linzalar (botiq linzalar) – *sochuvchi linzalar* bo‘ladi. Demak, *yig‘uvchi* linzalardan farqli ravishda sochuvchi linzalarning fokuslari mayhum bo‘ladi. Ularning fokusi linzaning bosh optik o‘qiga parallel ravishda tushib, ularda singan nurlarni teskari tomoniga davom ettirgan holda topilgan kesishish nuqtasi bilan mos keladi (4- rasm).



4- rasm.



5-rasm.

Yupqa linza formulasi. Yupqa linza formulasi – buyumdan linzagacha (a), linzadan tasvirgacha bo‘lgan (b) masofalar va linzaning fokus masofasi (f) orasidagi munosabatni ifodalaydi (5- rasm).

Yig‘uvchi linza uchun bu formula quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad (15.1)$$

Agar (15.1) ifodani e'tiborga olsak, yupqa linza formulasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = D \quad (15.2)$$

Sochuvchi linza uchun f va b masofa manfiy bo'ladi va yupqa linza formulasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = -\frac{1}{f}. \quad (15.3)$$

Linzalar yordamida tasvirlar hosil qilish. Linzalar yordamida tasvir hosil qilish quyidagi uchta nur yordamida amalga oshiriladi [3]:

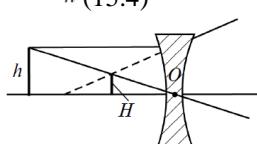
1. Linzaning bosh optik o'qiga parallel ravishda yo'nalgan va linzada singandan so'ng ikkinchi fokusidan o'tuvchi nur (5- rasmida 1 nur).

2. Linzaning optik markazidan o'tuvchi va o'z yo'nalishini o'zgartirmay saqlovchi nur (5- rasmida 2 nur).

3. Linzaning birinchi fokusidan o'tuvchi va linzada singandan so'ng uning bosh optik o'qiga parallel ravishda yo'naluvchi nur (5- rasmida 3 nur).

16- rasmida h o'lchamli jismning yig'uvchi linza yordamida hosil qilingan tasviri H ko'rsatilgan. Tasvirning chiziqli o'lchami H ning, jismning chiziqli o'lchami h ga nisbatli *linzaning chiziqli kattalashshtirishi K* deyiladi. Demak,

$$K = \frac{H}{h} \quad (15.4)$$



6-rasm.

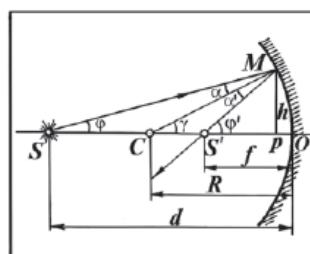
Sochuvchi linzalar yordamida tasvirlar hosil qilish yuqorida ta'kidlangan nurlarni davom ettirish bilan hosil qilinadi (6- rasm).

7- rasm

Murakkab texnik muammolarni yechish maqsadida ba'zan bir vaqtning o'zida ham yig'uvchi, ham sochuvchi linzalar majmuasidan foydalaniladi.

Sferik ko'zgu. Sferik ko'zguning formulasi Sferik ko'zgu yaxshi ishlov berib silliqlangan shar sirtining bir qismidir. Yorug'lik nuri sferik sirtning ichki va tashqi sirtidan qaytishiga qarab sferik ko'zgular mos ravishda botiq va qavariq ko'zgular deyiladi. 7- rasmida botiq sferik ko'zgu tasvirlangan.

Shar sirtining C markazi ko'zguning optik markazi, shar segmentining O uchi esa ko'zguning qutbi deyiladi. C optik markazidan o'tadigan har qanday nur



ko‘zguning optik o‘qi, sfera markazi C dan va ko‘zgu qutbi O dan o‘tadigan CO optik o‘q ko‘zguning bosh optik o‘qi deyiladi. Faqat bosh optik o‘q yaqinida va optik o‘qqa kichik burchak ostida kelayotgan nurlar markaziy nurlar yoki paraksial nurlar deb ataladi.

Yorug‘lik chiqaruvchi S nuqtadan ko‘zgugacha bo‘lgan $OS = d$ masofa, shu nuqta tasviri S' dan ko‘zgugacha bo‘lgan $OS' = f$ oraliq va sferik ko‘zgu radiusi $OC = R$ orasidagi bog‘lanishni topaylik. Ravshanki, α — tushish burchagi bo‘ladi, chunki bu burchak tushayotgan nur va shar sirtiga perpendikulyar bo‘lgan $MC = R$ radius orasida hosil bo‘ladi, α' —qaytish burchagi. Uchburchakning tashqi burchagi to‘g‘risidagi teoremaga muvofiq SMC uchburchak uchun quyidagini yozish mumkin: $\gamma = \alpha + \varphi$. Xuddi shuningdek, $S' MC$ uchburchak uchun $\varphi' = \alpha' + \gamma$ bo‘ladi. $\alpha = \alpha'$ ekanligini nazarga olib, quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$2\gamma = \varphi + \varphi'. \quad (15.5)$$

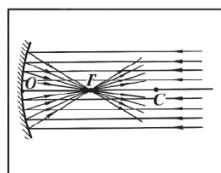
Paraksial nurlar bilan ish ko‘rilayotgani uchun bu burchaklarning hammasi juda kichik bo‘ladi va ular uchun quyidagi taqrifiy tengliklarni yozish mumkin:

$$\varphi' = \operatorname{tg} \varphi' = \frac{h}{SP} = \frac{h}{f}; \quad \varphi = \operatorname{tg} \varphi = \frac{h}{SP} = \frac{h}{d}; \quad \gamma = \operatorname{tg} \gamma = \frac{h}{CP} = \frac{h}{R} \quad (15.6)$$

Burchaklarning bu qiymatlarini (15.5) ifodaga qo‘yib, h ga qisqartirib, quyidagi formulani hosil qilamiz:

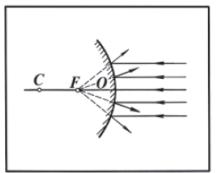
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \quad (15.7)$$

u formula S nuqtadan chiqayotgan boshqa nurlar uchun ham o‘rinlidir, shuning



uchun barcha qaytgan nurlar S' nuqtada kesishadi, ya’ni S' nuqta S nuqtaning tasviri bo‘ladi. Agar $d \rightarrow \infty$ bo‘lsa, u holda $f = \frac{R}{2}$ bo‘ladi, biroq $d \rightarrow \infty$ bo‘lganda ko‘zguga tushayotgan nurlar optik o‘qqa parallel, binobarin, bu nurlar ko‘zgudan qaytgandan keyin bu o‘qni qutbdan $\frac{R}{2}$

8- rasm.



masofadagi nuqtada kesib o‘tadi (8-rasm). Bu nuqta ko‘zguning fokusi F deyiladi. Ko‘zguning qutbidan fokusgacha bo‘lgan masofa fokus masofasi deyiladi. Ko‘zguning fokusi orqali o‘tgan va optik o‘qqa perpendikulyar bo‘lgan tekislik ko‘zguning fokal tekisligi deyiladi.

9-rasm

Fokus masofasi ham fokus singari F harfi bilan belgilanadi. Shunday qilib, sferik ko‘zguning F fokus masofasi ko‘zgu sferasi radiusining yarmiga teng. U vaqtida ko‘zguning fokus masofasi tushunchasidan foydalanib, (19) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \quad (15.8)$$

Qavariq ko‘zgu bo‘lgan holda, optik o‘qqa parallel nurlar qaytgandan keyin sochiladi, bu nurlarning davomi ko‘zguning orqa tomonida optik o‘qni bir nuqtada kesib o‘tadi. Bu nuqta ko‘zguning mavhum fokusi deyiladi (9- rasm).

(15.8) formula sferik ko‘zgu formulasi deb yuritiladi. Sferik ko‘zgu formulasi tasvir va ko‘zguning fokusi haqiqiy bo‘lgan hol uchun keltirilib chiqarildi. Agar tasvir mavhum bo‘lsa, f had, ko‘zgu fokusi mavhum bo‘lsa had oldilariga minus ishorasi qo‘yiladi. Bunda F va f kattaliklarning o‘zi musbat deb hisoblanadi. Sferik ko‘zgu formulasidan sferik ko‘zguning fokus masofasi:

$$F = \frac{f \cdot d}{f + d} \quad (15.9)$$

ekanligi kelib chiqadi.

$$D = \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \quad (15.10)$$

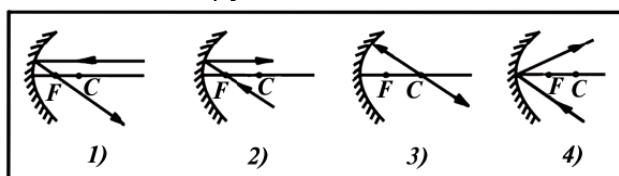
kattalik ko‘zguning optik kuchi deb ataladi va fokus masofasi metr

(m) hisobida o‘lchanganda optik kuch dioptriya (D) degan maxsus birlik bilan ifodalanadi:

$$[D] = \frac{1}{[F]} = \frac{1}{1m} = 1 D \quad (15.11)$$

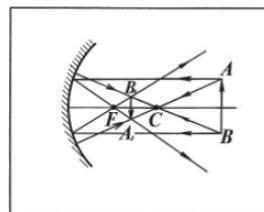
Sferik ko‘zguda tasvir yasash. Sferik ko‘zguning kattalashtirishi

Sferik ko‘zguda tasvir yasash uchun ko‘zguga tushayotgan nurlar dastasi ichidan quyidagi nurlardan foydalanish qulay (10-rasm): 1) ko‘zguning bosh optik o‘qiga parallel bo‘lgan nur ko‘zgudan qaytgandan keyin fokusdan o‘tadi; 2) fokusdan o‘tib ko‘zguga tushgan nur undan qaytgandan keyin optik o‘qqa parallel ravishda ketadi; 3) optik markazdan o‘tib ko‘zguga tushgan nur undan qaytishda dastlabki yo‘nalishida orqaga ketadi; 4) ko‘zguning qutbiga tushgan nur undan optik o‘qqa nisbatan simmetrik yo‘nalishda qaytadi. Odatda biror nuqtaning tasvirini yasash uchun shu nurlardan ixtiyoriy ikkitasini olish kifoyadir. Shu nurlardan foydalanib, sferik ko‘zguda buyumming tasvirini yasashning ba’zi hollarini ko‘rib chiqaylik:



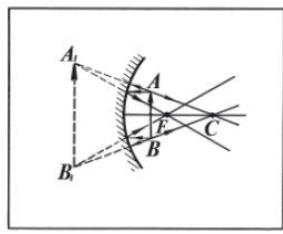
10- rasm.

(11- rasm).



- 1) AB buyum ko‘zguning optik markazi orqasida turgan, ya’ni $d > R$
bo‘lsin
- 2) 12-rasm.

Buyumning **A** va **B** chekka nuqtalarining tasvirini yasab, hosil bo‘lgan nuqtalarni to‘g‘ri chiziq bilan tutashtirsak, buyumning tasviri hosil bo‘ladi. **A** va **B** nuqtalarning tasvirini yassash uchun optik o‘qqa parallel va ko‘zgu markazi orqali o‘tayotgan nurlardan foydalanamiz. Qaytgan nurlar fokus orqali o‘tib tushayotgan nur



Bu

13-rasm

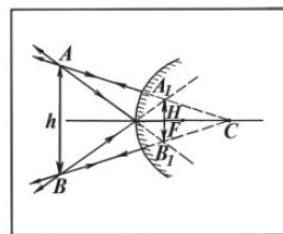
bilan kesishish nuqtalarida **A** va **B** nuqtalarning tasviri **A**₁ va **B**₁ nuqtalar hosil bo‘ladi. Bu nuqtalarni birlashtirgan **A**₁**B**₁ to‘g‘ri chiziq **AB** buyum tasviridir. Tasvir haqiqiy, teskari va kichiklashgan bo‘ladi;

2) buyum $d < F$ masofada, ya’ni fokus va ko‘zgu orasida turgan holni ko‘raylik (13-rasm). holda nurlar qaytgandan keyin

tarqaluvchi dasta tarzida ketadi. Tasvir ko‘zgu

orqasida hosil bo‘ladi; u mavhum, to‘g‘ri va kattalashgan bo‘ladi;

- 3) qavariq ko‘zguda buyumning tasviri



14-rasm.

(14- rasm) hamma vaqt mavhum, to‘g‘ri va kichiklashgan bo‘ladi.

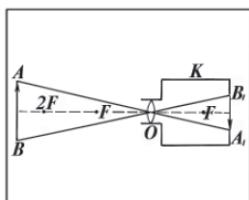
Tasvir o‘lchamining buyum o‘lchamiga nisbati ko‘zguning chiziqli kattalashtirishi deyiladi, ya’ni $k = \frac{A_1 B_1}{AB} = \frac{H}{h}$, bunda $h = AB$ buyumning o‘lchami, $H = A_1 B_1$ tasvirning o‘lchami. 14-rasmdan chiziqli kattalashtirishni tasvirdan ko‘zgugacha bo‘lgan masofaning buyumdan ko‘zgugacha bo‘lgan masofaga nisbati orqali ifodalash mumkin ekanligi ko‘rinib turibdi, ya’ni quyidagicha bo‘ladi:

$$k = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} \quad (15.12)$$

Optik asboblar.Mikroskop va teleskop.

Maxsus mexanik moslamalar vositasida ma’lum holatda o‘rnatilgan linzalar, prizmalar, ko‘zgular va shu kabilardan tashkil topgan optik tizimlar optik

asboblar deb ataladi. turli maqsadlarga mo‘ljallangan xilma-xil optik asboblar bor. Optik asboblardan biz, asosan, tasvir hosil qilishga mo‘ljallanganlari bilan tanishib chiqamiz. Ularning hammasi umumiy bosh optik o‘qqa ega bo‘lgan optik tizim (linza) lardan iborat. Bunday optik asboblarni ikki guruhgaga ajratish mumkin. Ulardan biri ekranada yoki fotoplastinkada buyumning haqiqiy tasvirini hosil qilish uchun xizmat qiladi. Fotoapparat va proyeksiyon apparat shular jumlasiga kiradi. Ikkinchi guruhi esa ko‘zni qurollantiruvchi (ko‘zga yordam berishga mo‘ljallangan) asboblar bo‘lib, ular yordamida ko‘zda buyumning mavhum tasviri hosil qilinadi. Ikkinchi guruhgaga lupa, mikroskop, teleskoplar kiradi.

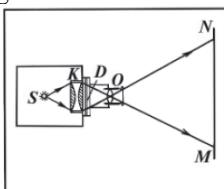


15-rasm.

Fotoapparat. Fotoapparatning asosiy qismi **O** obyektiv va yorug‘lik o‘tmaydigan K kameradan iborat bo‘lib (15- rasm), kameraning orqa devorida fotoplastinka yoki fotoplyonka joylashtirilgan bo‘ladi.

Eng oddiy obyektiv bitta yig‘uvchi linzadir. Obyektiv kameraning orqa devorida **AB** buyumning haqiqiy, kichiklashgan va teskari **A₁B₁** tasvirini hosil qiladi. Ko‘pchilik hollarda suratga olinadigan buyum linzaning ikkilangan fokus masofasidan katta masofada turadi, shuning uchun tasvir kichraygan holda bo‘ladi.

Suratga olinadigan buyum fotoapparatdan turlicha oraliqda turishi mumkin. Shunga yarasha obyektiv bilan pylonka oralig‘ini ham o‘zgartirish lozim bo‘ladi. Buning uchun kamera cho‘ziladi



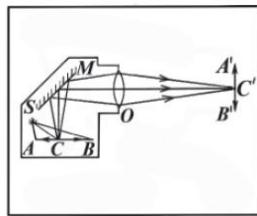
16-rasm.

yoki qisqartiriladi (bu maqsadda kameraning devorlari garmon shaklida qilinadi) yoki obyektiv vintli rezba vositasida tegishli tomonga siljitaladi.

Fotoapparatlarda yoqorida ko‘rsatilgan qismlardan tashqari suratga olish vaqtini belgilovchi zatvor, obyektivning ishlovchi qismini o‘zgartirib beruvchi diafragma, obyektivdan suratga olinayotgan buyumgacha bo‘lgan oraliq masofani aniqlovchi uzoqlik o‘lchagich (dalnomer)lar ham bor. Buyumning fotosurati aniq bo‘lishi uchun obyektiv linzalar tizimsidan tayyorlanadi.

Hozirgi vaqtda raqamli fotoapparatlar ko‘p ishlatiladi. Ular ishlatishga ancha qulay, gabariti ham ixcham. Raqamli foroapparat-larning ishlashi elektronikaga asoslangan.

Proyeksiyon apparat. Proyeksiyon apparatning vazifasi ekranda buyumning kattalashgan haqiqiy tasvirini hosil qilishdir. Bunday buyum shaffof asosga olingen rasm yoki fotosurat, diapozitiv yoki shaffof bo‘lmanan obyektlar, masalan, qog‘ozlardagi chizmalar, kitobdagisi rasmlar bo‘lishi mumkin. Shaffof obyektlarni proyeksiya-lash uchun mo‘ljallangan proyeksiyon asboblar diaskoplar (grekcha «dia»—shaffof), shaffof bo‘lmanan obyektlarni proyeksiyalash uchun mo‘ljallangan asboblar episkoplar (grekcha «epi»—shaffofmas) deb ataladi. 16-rasmda diapozitivlarni ekranga proyeksiyalash uchun mo‘ljallangan proyeksiyon apparat — diaskopning tuzilishi va unda nurning yo‘li ko‘rsatilgan. Proyeksiyon apparatning asosiy optik qismi **O** obyektiv bo‘lib, bu obyektiv bitta yig‘uvchi linza xizmatini o‘taydigan linzalar tizimsidan iborat. Obyektivning vazifasi **MN** ekranda **D** diapozitivning kattalashgan tasvirini hosil qilishdir. Obyektivni siljitchish yo‘li bilan buyumning ekrandagi tasvirining aniq bo‘lishiga erishish mumkin, bunga fokusga to‘g‘rilash deyiladi. Yorug‘lik S manba (lampa)dan **D** diapozitivga yo‘naltiriladi. O‘lchamlari, odatda, obyektiv o‘lchamlaridan katta bo‘ladigan diapozitivdan kelayotgan hamma yorug‘likni obyektivga yuborish



17- rasm.

uchun diapozitiv oldiga K kondensator qo‘yiladi. Kondensator katta o‘lchamga ega bo‘lgan qisqa fokusli linzalar tizimsidan iboratdir. Kondensator shunday o‘rnataladi, undan kelayotgan yorug‘lik obyektiv markazida yig‘iladi. Diapozitivning o‘zi obyektivning fokal tekisligi yaqiniga joylashtiriladi, shuning uchun proyeksiyon apparatning chiziqli kattalashtirishi

$$k = \frac{f}{F} \quad (15.13)$$

bo‘ladi, bunda:

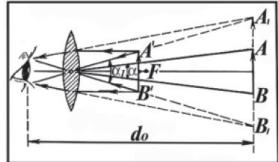
f —obyektivdan tasvirgacha bo‘lgan masofa; **F** — obyektivning fokus masofasi.

Proyeksiyon apparatda yorug‘lik manbayi sifatida elektr yoy lam-palari yoki katta quvvatlari maxsus cho‘g‘lanma proyeksiyon lampalar ishlataladi.

Episkopda nurlar yo‘lining sxemasi 17- rasmda keltirilgan. Bunday asboblarda ekranga tasviri tushiriluvchi buyum (rasm yoki chizma) yon tomonidan lampa va ko‘zgular yordami bilan kuchli yoritilib, obyektiv yordamida ekranga tushiriladi: yorug‘lik **S** manbadan **AB** buyumga yo‘naltiriladi, u buyumdan qaytib, M yassi ko‘zguga tushib, **O** obyektiv orqali ekranda buyumning **A'B'** tasvirini hosil qiladi. 17- rasmda **AB** buyumning **C** nuqtasi uchun nurlarning yo‘li ko‘rsatilgan.

Hozirgi vaqtida shaffof va shaffofmas obyekt (buyum)larning tasvirini tushirish uchun ishlataladigan mukammallahgan proyeksiyon apparatlar keng tarqalgan. Bunday asboblar epidioskop deb ataladi.

Lupa. Lupa — qisqa fokusli ikki yoqlama qavariq linzadir. Kichik buyumni sinchiklab ko‘rish uchun uni linza bilan uning fokusi orasiga shunday joylashtirish kerakki, buyumning tasviri ko‘zning eng yaxshi ko‘rish masofasida hosil bo‘lsin (normal ko‘z uchun bu masofa 25 sm ga teng). Lupaning vazifasi eng



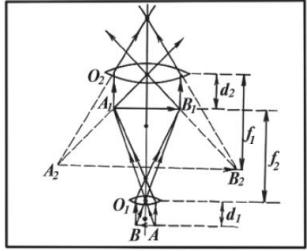
18- rasm.

yaxshi ko‘rish masofasida buyumni katta ko‘rish burchagi ostida ko‘rsatib berishdir. Buyumning chekka nuqtalaridan keladigan nur-larning ko‘zga tushish burchagi ko‘rish burchagi deyiladi (18-rasm). Eng aniq ko‘rish masofasida ($d_0 = 25 \text{ sm}$) turgan AB buyum α bur-chak ostida ko‘rinadi. Agar bu burchak juda kichik bo‘lsa, buyum detallarini farq qilish qiyin bo‘ladi. Ko‘rish burchagini kattalashtirish uchun buyumni ko‘zga yaqin bo‘lgan A'B' holatga keltirish lozim. Bu holatda buyum α burchakdan katta bo‘lgan α₁ ko‘rish burchagi ostida kuzatiladi. Lekin bu holatda ham buyum detallarini farq qila olmaslik mumkin, chunki buyum ko‘zga juda yaqin turibdi. Buyumning shu lupada hosil bo‘ladigan tasviri A₁B₁ vaziyatda bo‘ladigan qilib lupani ko‘z bilan AB buyum orasiga qo‘ysak, buyum o‘sha kattalashgan α₁ ko‘rish burchagi ostida eng yaxshi ko‘rish masofasida ko‘rinadi.

Amalda fokus masofasi $F = 1 \div 10 \text{ sm}$ bo‘lgan lupalar ishlatiladi. Lupaning kattalashtirishi, 18- rasmdan ko‘rinishicha, taqriban $k = \frac{d_0}{F}$ dir. $d = 25 \text{ sm}$ bo‘lgani uchun, odatda, ishlatiladigan lupalarning kattalashtirishi 2,5 dan 25 gacha bo‘ladi.

Mikroskop. Mikroskop yaqin joylashgan juda kichik obyektlarni ko‘rishga mo‘ljallangan. Uning optik tizimi O_1 obyektiv va O_2 okul-yardan iborat bo‘lib, ularning optik o‘qlari bir to‘g‘ri chiziqda yotadi (19-rasm). AB buyum obyektivning oldi tomoniga, fokus masofasi-dan biroz kattaroq masofaga qo‘yiladi. Shunda obyektiv haqiqiy, kattalashgan va teskari A₁B₁ tasvirini beradi. Hosil bo‘lgan bu tasvirga O_2 okulyar orqali qaraladi. Okulyar ham xuddi lupa singari mavhum, kattalashgan va AB buyumga nisbatan teskari A₂B₂ tasvirni hosil qiladi.

Mikroskopning chiziqli kattalashtirishi buyumning ikkinchi A₂B₂ tasviri H₂ o‘lchamining shu AB buyumning haqiqiy h o‘lchamiga bo‘lgan nisbati bilan aniqlanadi, ya’ni:



19-rasm.

$$k = \frac{H_2}{h} \quad (15.14)$$

Bu kattalikni quyidagicha yozish mumkin:

$$k = \frac{H_2}{h} = \frac{H_1}{h} \cdot \frac{H_2}{H_1} \quad (15.15)$$

H_1 buyumning A_1B_1 tasvirining chiziqli o‘lchami. Yuqoridagi munosabatdan ko‘rinadiki, mikroskopning chiziqli kattalashtirishi obyektivning H_1/h kattalashtirishi bilan okulyarning H_2/H_1 kattalashtirishi ko‘paytmasiga teng ekan. Ammo:

$$\frac{H_1}{h} = \frac{f_1}{d_1} \text{ va } \frac{H_2}{H_1} = \frac{f_2}{d_2} \quad (15.16)$$

f_1 masofa taxminan mikroskop tubusining δ uzunligiga teng (oku-lyarning old fokusi bilan obyektiv orasidagi δ masofani mikroskop tubusining uzunligi deyiladi), d_1 esa taxminan obyektivning F_1 fokus masofasiga teng deb olish mumkin. Shuning uchun obyektivning kattalashtirishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\frac{H_1}{h} = \frac{f_1}{d_1} = \frac{\delta}{F_1} \quad (15.17) \quad - -$$

Okulyarning kattalashtirishi esa oddiy lapaniki singari, d_0/F_2 ga teng. Bunda: d_0 — eng yaxshi ko‘rish masofasi. Shunday qilib, mikroskopning kattalashtirishi quyidagicha bo‘ladi:

$$k = \frac{\delta}{F_1} \cdot \frac{d_0}{F_2} \quad (15.18)$$

Amalda yorug‘lik difraksiyasi sababli mikroskopning kattalash-tirishi 2500–3000 dan ortmaydi.

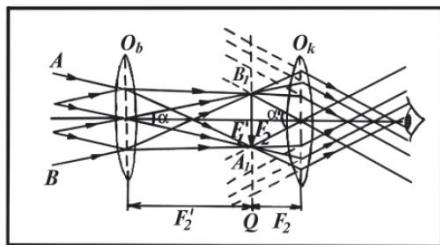
Olsidagi narsalarni ko‘rish uchun ko‘rish trubalari ishlataladi. Ularning turli tiödagilardan tortib astronomik teleskoplar-gacha bo‘lgan xilma-xil variantlari mavjud. Osmon jismlarini kuzatish uchun ishlataladigan ko‘rish trubalarini teleskoplar deb, ikki ko‘z bilan ko‘rishga imkon beradigan ko‘rish trubalarini durbinlar deb ataladi.

Ko‘rish trubalari-refraktorlar va ko‘rish trubalari-reflektorlar bir-biridan farqlanadi. Ko‘rish trubalari-refraktorlarda linzalar tizimida nurlarning sinishi natijasida ko‘rish burchagini katta-lashishiga erishiladi. Ularda obyektiv ham, okulyar ham linzalar tizimsidan iborat bo‘ladi. Ko‘rish trubalari-reflektorlarda obyektiv linza bo‘lmay, balki katta diametrali parabolik botiq ko‘zgudan iborat

bo‘ladi. Kepler va Galileyning ko‘rish trubalari refraktorlarga kiradi. Shu ko‘rish trubalarining tuzilishi va unda tasvir hosil bo‘lishi bilan tanishib chiqaylik.

1. Kepler trubasi. Kepler trubasi umumiyl bosh optik o‘qqa ega uzun fokusli O_b obyektivdan va lupa kabi ishlaydigan qisqa fokusli O_k okulyardan tuzilgan (32-rasm). Obyektivning orqa fokusi F'_1 okulyarning oldingi fokusi F_2 bilan ustma-ust tushadi. Buyum juda uzoqda bo‘lgani uchun uning yuqori A chekkasidan kelayotgan pa-

rallel nurlar optik o‘qqa nisbatan α_2 burchak ostida obyektivga tush-adi. Bu nurlar ularga parallel qo‘sishmcha optik o‘q obyektivning orqa



20- rasm.

Q fokal tekisligi bilan kesishgan A_1 nuqtada to‘planadi. Buyumning B chekkasidan kelayotgan parallel nurlar ham obyektivga optik o‘qqa nisbatan $\alpha/2$ burchak ostida tushib, obyektivdan o‘tgandan so‘ng Q fokal tekislikda B_1 nuqtada to‘planadi.

Shunday qilib, okulyarning oldingi fokal tekisligida cheksiz uzoqlikdag‘i buyumning A_1B_1 haqiqiy va teskari tasviri hosil bo‘ladi. Okulyar uchun A_1B_1 tasvir buyum vazifasini bajaradi va u cheksiz uzoqlikda kattalashgan mavhum tasvirni hosil qiladi [10].

20-rasmdan ko‘rinishicha, kuzatuvchi buyum tasvirini α' burchak ostida ko‘radi va $\alpha' > \alpha$. Kepler trubasining burchak katta-lashtirishi quyidagi formuladan aniqlanadi:

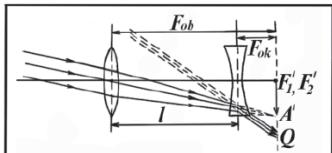
$$k = \frac{F'_1}{F_2} = \frac{F_{ob}}{F_{ok}} \quad (15.19)$$

bunda: F_{ob} — obyektivning fokus masofasi; F_{ok} — okulyarning fokus masofasi. Demak, Kepler ko‘rish trubasining keraklicha burchak kattalashtrishiga erishish uchun imkonim boricha uzun fokusli obyektivdan va qisqa fokusli okulyardan foydalanish lozim bo‘ladi.

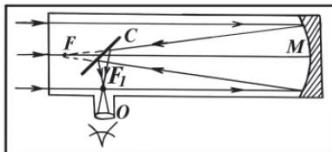
2. Galiley trubasi. Galiley ko‘rish trubasida okulyar o‘rnida so-chuvchi linza ishlatalidi. Bunda obyektiv va okulyarning orqa fokuslari

F'_1 va F'_2 deyarli ustma-ust tushadi (21- rasm).

Olinda joylashgan buyumning yuqori A chekkasi va o‘rta qismi-dan kelayotgan parallel nurlar ularning yo‘lida sochuvchi linza bo‘lmaganda obyektivning orqa Q fokal tekislikda $F'_1 A'$ tasvirni bergen bo‘lar edi. Lekin ular sochuvchi linzada sinib, yana parallel nurlarga aylanadi. Trubaning okulyaridan qaralganda ko‘z olisda buyumning kattalashgan mavhum tasvirini ko‘radi (21-rasmda ko‘z tasvirlanmagan).



21- rasm.



22- rasm.

22-rasmda ko‘zguli teleskopning tuzilish sxemasi ko‘rsatilgan. Olisdagi buyum — yoritkichdan kelayotgan parallel nurlar dastasi **M** botiq ko‘zguga tushib, undan qaytadi va ko‘zguning fokal tekisligida yoritkichning haqiqiy, teskari va kichiklashgan tasviri hosil bo‘ladi. Bu tasvirga qarash qulay bo‘lsin uchun **M** ko‘zguning fokal tekisligiga yaqinroq qilib nurni 90° ga burib beruvch **C** yassi ko‘zgu o‘rnatalidi. Yoritkichning botiq ko‘zgudagi tasvirini xuddi lupa kabi ishlaydigan **O** okulyar orqali kuzatiladi. Teleskopning trubasi ko‘zguga chetki yorug‘likning tushishidan himoya qiladi.

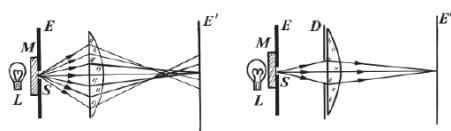
Teleskoplar astronomik kuzatishlarda juda muhim rol o‘ynaydi.

Optik asboblarning nuqsonlari

Shu vaqtgacha jismrlarning tasvirini hosil qilishda paraksial (bosh optik o‘qqa kichik burchak ostida tushadigan) nurlar va ularning ingichka dastasidan foydalanamiz, deb taxmin qilib keldik. Lekin optik asboblarda bu ikkala taxmin ham amalda bajarilmaydi. Katta yoritilanlikni olish uchun yorug‘lik nurining keng dastasidan, ya’ni katta diametrli linzalardan foydalanish lozim. Shu bilan birga ko‘pincha optik o‘qdan yetarlicha uzoqda (masalan, fotoapparatlarda) bo‘lgan buyumlarning tasviri bilan ish ko‘rishga to‘g‘ri keladi.

Yuqoridagi cheklanishlardan voz kechsak, optik tasvir yaxshi chiqmaydi: tasvir ravshan bo‘lmay, noaniq bo‘ladi, undagi mayda detallar xiraroq chiqadi, ularni bir-biridan ajratish qiyin bo‘ladi. Ba’zan tasvir buyumga o‘xshamay qoladi.

Tasvirlarning sifatiga optik shishalar sindirish ko‘rsatkichining yorug‘likning rangi (to‘lqin uzunligi)ga bog‘liqligi ham ta’sir etadi. Bunday bog‘lanish oq nurdan foydalanilganda tasvirning chetlarini rangdor bo‘lishiga olib keladi.



23- rasm.

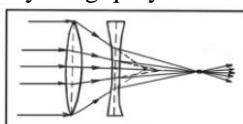
Optik asboblarning bunday nuqsonlari aberratsiya deb ataladi. Amalda aberratsiyani to'la yo'qotib bo'lmaydi, lekin uni tasvirning sifatiga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydigan darajada kamaytirish mumkin.

1. Sferik aberratsiya. Katta diametrali va qisqa fokusli yassi qa-variq linza yordamida oddiy tajriba o'tkazib, bu nuqsonning qan-day yuzaga kelishini ko'rish mumkin.

Yig'uvchi linzaning bosh optik o'qiga L yorug'lik manbayi — «yorituvchi nuqta» joylashtiramiz (23-a rasm). Buning uchun katta E ekran olib, uning o'rtasida taxminan 1 mm diametrli S teshik ochamiz va oldiga M xira shishani mahkamlab qo'yamiz, so'ng uncha katta bo'lмаган, lekin yorqin cho'g'lanma lampani xira shisha yaqiniga joylashtirsak, yoritilgan teshik «yorituvchi nuqta» vazifasini o'taydi.

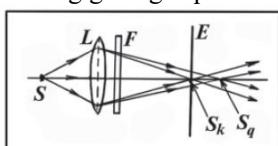
23-rasmdan ko'rinishicha, yorug'lik nurining keng dastasidan foydalanylганда linzaning chetlari nurlarni o'rta qismidagi nisba-tan kuchliroq sindiradi. Natijada katta diametrali linza E' ekranda yorituvchi nuqtaning nuqta ko'rinishidagi tasvirini emas, balki nuq-sonli — yoyilib ketgan dog' ko'rinishidagi tasvirini beradi. Agar linza markazi qismining qarshisiga o'rtasida kichikroq teshik o'yilgan D karton qog'ozni joylashtirsak, yorug'lik dastasi cheklanadi, uning torroq qismi linzaga tushadi (23-b rasm) va E' ekranda yorituvchi nuqtaning o'ziga o'xshash, ancha ravshan tasviri hosil bo'ladi.

Optik asboblarda yorug'likning keng dastasidan foydalanganda yuzaga keladigan nuqson sferik aberratsiya deb ataladi. Sindirish ko'rsatkichlari har xil bo'lgan yig'uvchi va sochuvchi linzalardan turli kombinatsiyalar tuzib, sferik aberratsiyaning qariyb butunlay yo'qolishiga erishish mumkin (24- rasm).



24-rasm.

Xromatik aberratsiya. Muhitning sindirish ko'rsatkichi yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liq. Bu hodisani dispersiya deb



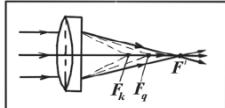
25- rasm.

ataladi. Dispersiya tufayli paraksial nurlardan foydalanylганда ham linza har xil rangli nurlarni har xil nuqtalarda yig'adi va tasvir bo'yalgan bo'lib chiqadi. Bunga quyidagi tajribada ishonch hosil qilish mumkin.

L linzadan o'tayotgan yorug'lik nurlari yo'liga F qizil va ko'k rangli shishalarni (qizil rangli shisha faqat qizil rangli yorug'likni, ko'k rangli shisha esa

faqat ko‘k rangli yorug‘likni o‘tkazadi) navbatma-navbat qo‘yamiz (25-rasm). E ekranni gorizontal yo‘nalishda u yoqdan bu yoqqa siljilib, S manbaning tasvirini turli rangli nurlar turli nuqtalarda bergenini ko‘ramiz: S_q qizil tasvir linzadan S_k ko‘k tasvirga nisbatan uzoqroqda joylashgan. Agar ekranni ravshan tasvir, masalan, ko‘k tasvir hosil bo‘lgan joyda qoldirsak, qizil nur ekranda noaniq dog‘ beradi yoki ak-sinch. Shu sababli oq yorug‘likdan foydalanilganda nuqtaning linzadagi tasviri rangli va bir-biri bilan chaplashgan, linzaga yaqin uchi S_b binafsha, uzoq uchi S_q qizil doirachalar tizimidan iborat bo‘ladi. Dispersiya tufayli yuzaga keladigan bunday nuqson xromatik aberratsiya deyiladi.

Turli shishalarning sindirish ko‘rsatkichi turlicha. Fokus maso-falari bir xil bo‘lgan holda sindirish ko‘rsatkichi katta bo‘lgan linza uchun sindirish ko‘rsatkichi kichik bo‘lgan linzaga nisbatan S_b va S_q nuqtalar orasidagi masofa katta bo‘ladi. Bu holdan xromatik aberratsiyani bartaraf etishda foydalaniлади. Buning uchun sindirish ko‘rsatkichi kichik ikki tomonlama qavariq (yig‘uvchi) linzaga sindirish ko‘rsatkichi katta botiq-yassi (sochuvchi) linza yopishtirilgan tizim ishlataladi (26-rasm). Sochuvchi linza yig‘uvchi linzaning



26- rasm.

fokus masofasini uzaytiradi, shu bilan birga kuchliroq sinadigan ko‘k nурдан foydalangandagi F'_k fokus masofa kamroq sinadigan qizil nурдан foydalangandagi F'_q fokus masofadan ko‘proq uzayadi. Oddiy holda hisoblashlar shunday qilinadiki, natijada qizil nur-larning F'_q fokusi va ko‘k nurlarning F'_k fokusi bilan bitta nuqtada ustma-ust tushsin. Turli rangdagi tasvirlar bitta nuqtada qo‘shilib amalda oq nuqtani hosil qiladi, ya’ni xromatik aberratsiya bartaraf etiladi.

Yorug‘likning tabiatи.

XVII asrning oxirida yorug‘likning tabiatи haqidа ikkita o‘zaro qarama-qarshi nazariya maydonga keldi: bulardan birinchisi, N yuton yaratgan **korpuskulyar nazariya** va ikkinchisi, Gyuygensning to‘lqin nazariyasidir. Yorug‘likning korpuskulyar nazariyasiga binoan, yorug‘lik juda katta tezlik bilan tarqaluvchi juda kichik moddiy zarrachalar (korpuskulalar) oqimidan iboratdir. Yorug‘likning rang ta’siri korpuskulalarning o‘lchami bilan tushuntirilgan: eng yirik korpuskulalar qizil rangli nurni, eng maydalari esa binafsha rangli nurni hosil qiladi.

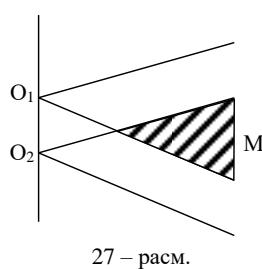
Yorug‘likning to‘lqin nazariyasiga muvofiq yorug‘lik elastik muhitdan iborat bo‘lgan fazoda katta tezlik bilan tarqaluvchi to‘lqindan iborat. Bu nazariyaga muvofiq yorug‘likning qaytish va sinish qonunlari barcha to‘lqinlar uchun o‘rinli bo‘lgan qonunlar asosida tushuntiriladi. Yorug‘likning rangi uning to‘lqin uzunligiga bog‘liq. Qizil rangli nurning to‘lqin uzunligi ($\lambda_q=76\cdot10^{-7}$ m) eng katta bo‘lib, binafsha nurniki esa ($\lambda_b=38\cdot10^{-7}$ m) eng kichik. Xar ikkala nazariyaga ham ba‘zi yorug‘lik hodisalariga oid qonuniyatlarini masalan, yorug‘likning qaytish va

sinish qonunlarini qoniqarli tushuntirib berdi. Biroq, yorug`likning interferentsiyasi, difraktsiyasi va qutblanishi singari hodisalarini bu nazariyalar tushuntira olmadи.

XVIII asrning oxirigacha ko`pchilik fiziklar N yutonning korpuskulyar nazariyasini afzal ko`rib keldilar. XIX asrning boshlarida ingliz fizigi Yung va Frenelning tadqiqotlari tufayli to`lqin nazariya ancha rivojlandi. Gyuygens – Yung - Frenel to`lqin nazariyasi o`sha vaqtida maolum bo`lgan barcha yorug`lik hodisalarini, shu jumladan, yorug`likning interferentsiyasi, difraktsiyasi va qutblanishini ham muvaffaqiyatli tushuntirib berdi. 1873 yilda ingliz olimi Maksvell yorug`lik bo`sliqda $s=3 \cdot 10^8$ m/s tezlik bilan tarqaluvchi elektromagnit to`lqindan iborat ekanligini nazariy asoslab berdi. Shunday qilib, yorug`likning elektromagnit to`lqin nazariyasi yaratildi. Bu nazariya G.Gerts tajribalarida tasdiqlandi. Yorug`likning tabiatini haqidagi to`lqin nazariya rivojlanib, yorug`likning elektromagnit nazariyasiga aylandi.

Biroq XIX asrning oxiriga kelib, to`lqin nazariya bilan tushuntirib bo`lmaydigan tadqiqotlar – fotoeffekt, Kompton effekti, absolyut qora - jismlarning issiqlik nurlanishi va boshqa hodisalar paydo bo`ldi. Ularni 1905 yilda Eynshteyn tomonidan yaratilgan **yorug`likning kvant nazariyasi** tushutirib berdi. Shunday qilib, yorug`likning tabiatini haqida yangi nazariya – **kvant nazariyasi** maydonga keldi. Kvant nazariyasi maulum maonoda N yuton korpuskulyar nazariyasini qayta tikladi. Biroq, fotonlar korpuskulalardan farq qiladi: barcha fotonlar yorug`lik tezligiga teng tezlik bilan harakatlanadi va foton tinch holatda massaga ega emas. Keyinchalik kvant nazariyasi ham Bor, Shredinger, Dirak va boshqa olimlar tomonidan yanada rivojlantirildi.

Shunday qilib, (elektromagnit) to`lqin va korpuskulyar (kvant) nazariya bir-birini rad etmaydi, balki bir-birini to`ldiradi, bu bilan yorug`lik hodisalarining **ikki yoqlama xarakterini** aks ettiradi.



27 – pacm.

Yorug`lik interferentsiyasi. Ikki yoki undan ortiq to`lqinlarning tebranish chastotasi bir xil va faza farqlari doimiy bo`lsa, bunday to`lqinlar **kogerent to`lqinlar** deb ataladi. Ikki yoki bir nechta kogerent yorug`lik to`lqinlari ustma-ust tushganda, fazoda yorug`lik oqimlarining qayta taqsimlanishi ro`y beradi va natijada intensivlikning bir joyda maksimumi, boshqa joyda minimumi kuzatiladi. **Yorug`likning interferentsiyasi deb, o`zaro kogerent to`lqinlarning qo`shilishi natijasida yorug`lik to`lqinlarining fazoni turli nuqtalarida kuchayishi yoki susayishi hodisasiga aytildi.**

Kogerent yorug`lik to`lqinlari olish uchun bitta manba nurlantirayotgan to`lqinni ikkiga bo`lish usuli ishlataladi. Bunda to`lqinlar turli optik yo`lni o`tganlaridan so`ng qo`shiladilar va interferentsion manzara kuzatiladi. Aytaylik, O_1 va O_2 nuqtalarda to`lqin ikkita kogerent to`lqinga ajralyapti (27-rasm). Interferentsion manzara kuzatilayotgan M nuqtaga borguncha n_1 sindirish ko`rsatkichli muhitda birinchi to`lqin l_1 yo`l o`tadi, ikkinchi to`lqin n_2 sindirish ko`rsatkichli muhitda l_2 yo`l o`tadi. Agar O_1 va O_2 nuqtalarda tebranish fazasi ot

bo`lsa, M nuqtada birinchi to`lqin $A_1 \cos \omega \left(t - \frac{l_1}{v_1} \right)$, ikkinchi to`lqin $A_2 \cos \omega \left(t - \frac{l_2}{v_2} \right)$ ni vujudga keltiradi; bu yerda $v_1 = s/n_1$, $v_2 = s/n_2$ birinchi va ikkinchi to`lqinlarning fazaviy tezliklari, ikki kogerent to`lqinlar uchun fargi:

$$\delta = \omega \left(\frac{l_2}{v_2} - \frac{l_1}{v_1} \right) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (l_2 n_2 - l_1 n_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (L_2 - L_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta$$

bu yerda λ_0 - vakuumdagi to`lqin uzunligi.

Yo`lning geometrik uzunligi l ning muhitning sindirish ko`rsatkichi n ga ko`paytmasi yo`lning optik uzunligi L deb ataladi. $\Delta = L_2 - L_1$ esa yo`lning optik uzunliklar farqi deyiladi.

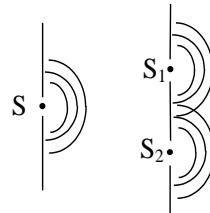
Agar yo`lning optik farqi vakuumdagi to`lqinning butun soniga:

$$\Delta = \pm m \lambda_0 \quad (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (15.20)$$

va $\delta = \pm 2m\pi$ bo`lsa M nuqtada qo`zg`alayotgan tebranishlar bir xil fazoda bo`ladi. (1.1) ifoda interferentsiya maksimum sharti deb ataladi.

$$\text{Agar } \Delta = \pm (2m+1) \frac{\lambda_0}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (15.21)$$

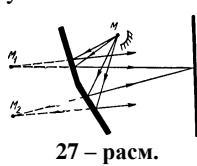
bo`lsa, $\delta = \pm (2mQI)\pi$ bo`ladi va M nuqtadagi to`lqin fazolari qarama-



qarshi bo`ladi: (1.2) ifoda interferentsiya minimum sharti deyiladi.

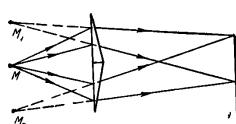
Yorug`lik interferentsiyasini kuzatish usullari. Yorug`lik interferentsiyasini kuzatish uchun kogerent yorug`lik dastasi bo`lishi kerak. Lazerlar (10^{-3} s davomida kogerent bo`la oladi) ixtiro qilinishidan oldin yorug`lik dastasi ikkiga bo`linar va so`ngra ular qo`shilib interferentsion manzara hosil qilinad. Bundagi ba`zi usullarni ko`rib chiqaylik.

Yung usuli. Bunda ikkita kichik tirkishi bo`lgan ekran yordamida yorug`likni «ikkiga ajratish» mumkin (27-rasm). S yorug`lik manbai ekranning tirkishlarida yorug`likning S_1 va S_2 ikkilamchi manbalarini hosil qiladi. Asosiy S manba nurlanayotgan to`lqinlarning fazalari ham shunga mos holda xuddi shunday o`zgaradi, yaoni S_1 va S_2 manbalar nurlanayotgan to`lqinlarda fazalar ayirmasi hamma vaqt o`zgarishsiz qoladi – bu manbalar kogerent bo`ladi.



Frenel ko`zgulari. Kogerent manbalar hosil qilishning ikkinchi usuli bir-biriga 180° ga yaqin α burchak ostida o`rnatilgan ikkita yassi ko`zgudan yorug`likning qaytishiga asoslangan (27-rasm). Bu hodisada yorug`likning S asosiy manbaning S_1 va S_2 tasvirlari kogerent manbalari bo`ladi.

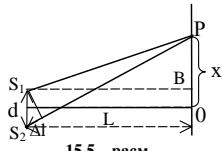
Frenel prizmasi. U ikkita bir xil sindirish burchaklari kichkina bo`lgan va asoslari birlashtirilgan prizmalardan iborat (28 – rasm). S manbadan tarqalgan nur prizmalarda sinib, S_1 va S_2 manbalardan chiqayotgan kogerent nurlar nurlardek tarqaladi. Ekranda bu kogerent nurlar qo`shilib



28 – pacm.

interferentsiya hosil bo`ladi.

Ikki manba beradigan interferentsion manzarani hisoblash. S_1 va S_2 kogerent (29 – rasm) manbalar hosil qilayotgan va R nuqtada qo`shilayotgan yorug`lik to`lqinlarining interferentsiyasini ko`raylik. Agar nurlar yo`lning ayirmasi $\Delta l = S_1 P - S_2 P$ ga to`lqinlarning butun soni joylashtirilsa, yaoni



$$\Delta l = n\lambda = 2n \frac{\lambda}{2} \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (15.22) \quad 29 - pacm.$$

bo`lsa, R nuqtada yorug`likning maksimumi kuzatiladi, Agar

$$\Delta l = (2n+1) \frac{\lambda}{2} \quad (15.23)$$

bo`lsa, R nuqtada yorug`likning minimumi hosil bo`ladi.

Endi monoxromatik yorug`likning S_1 va S_2 kogerent manbalarining ekranda hosil qilgan interferentsiya manzarasi qanday bo`lishini aniqlaylik. Bu manbalar orasidagi masofa d , manbalaridan ekrangacha bo`lgan masofa L bo`lsin, shu bilan birga $d < L$ bo`lsin (29 – rasm).

S_1 va S_2 lardan barobar uzoqlikdagi 0 nuqtadan interferentsiya maksimumlari kuzatiladigan nuqtalargacha bo`lgan X masofani aniqlaylik.

RS S_1 va RBS₂ to`g`ri burchakli uchburchaklardan:

$$PS_1^2 = L^2 + \left(x + \frac{d}{2} \right)^2$$

$$PS_2^2 = L^2 + \left(x - \frac{d}{2} \right)^2$$

bundan $PS_1^2 - PS_2^2 = 2xd$ yoki $(PS_1^2 - PS_2^2)(PS_1 + PS_2) = 2xd$ Biroq

$$PS_1 - PS_2 = \Delta l ; \quad PS_1 + PS_2 = 2L$$

Demak, $\Delta l \cdot 2L = 2xd$, bundan

$$x = \frac{L \cdot \Delta l}{d} \quad (15.24)$$

kelib chiqadi. (1.3), (1.4) va (1.5) formulalarni nazarga olib, yorug`lik

maksimumlari 0 nuqtada $x = n\lambda \frac{L}{d}$ masofalarda hosil bo`lishini, minimumlari esa

$x = (2n+1) \frac{\lambda L}{2d}$ masofada hosil bo`lishini aniqlaymiz. Bu maksimum va minimumlar

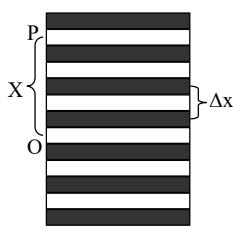
mos ravishda bir-biriga parallel yorug` va qorong`i yo`llar ko`rinishida bo`ladi.

$n=0$ ga tegishli bo`lgan markaziy maksimum 0 nuqtadan o`tadi. Qo`shni maksimumlar (yoki minimumlar) orasidagi masofa

$$\Delta x = \frac{\lambda L}{d} \quad (15.25)$$

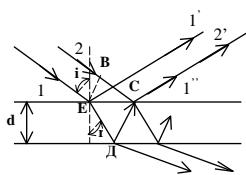
ga teng bo`ladi.

Shunday qilib, yorug`lik ikki kogerent manbalari ekranda hosil qilgan interferentsiya manzarasi yorug` va qorong`u yo`llarning navbatlashib joylanishidan iborat bo`ladi (1.6 – rasm).



(1.6) formulaga asosan yorug`lik to`lqinining uzunligi λ ni d , L va Δx kattalikning o`lchangan qiymat-lariga ko`ra tajribada aniqlash mumkin. Agar monoxromatik bo`lmagan, masalan, oq yorug`likdan foyda-langanda interferentsiya maksimum-lari (1.6) formulaga muvofiq, har bir to`lqin uzunligi uchun bir-biriga nisbatan siljigan bo`ladi. / hamma yorug`lik yo`llari kamalak rangiga ega bo`lib qoladi.

30– расм.



31– расм.

Yupqa shaffof plastinkaga 1,2 nurlar tushayotgan bo`lsin (31– rasm). ye nuqtaga tushgan 1 nur qisman qaytadi va u 1' deb belgilanadi, qisman sinib ED yo`nalishda davom etadi. Singan nur plastinkaning ostki tekisligiga yetib borgach, qisman sinib plastinkadan havoga chiqadi. Boshqa qismi esa DS yo`nalishda plastinka ichiga qaytadi. Qaytgan bu nur plastinkaning ustki tekisligidan qisman qaytadi, qisman sinib havoga chiqadi (nurning bu qismi 1'' deb belgilangan). Lekin S nuqtaga yassi yorug`lik to`lqinining ikkinchi nuri ham tushadi. 2 nuring plastinka ustki tekisligidan qaytgan qismi (31-rasmida 2' deb belgilangan) va 1'' nur interferentsiyalashadi, chunki plastinkaning ustki va ostki tekisliklaridan qaytgan bu nur o`zaro kogerentdir. Plastinkaning ustki va ostki tekisliklaridan qaytgan nurlarning interferentsiyalashishi natijasida yorug`lik intensivligining maksimumi,

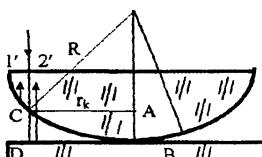
$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \frac{\lambda_0}{2} = 2k \frac{\lambda_0}{2} \quad (k = 0,1,2,\dots) \quad (15.26)$$

shart bajarilganda, minimum esa

$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \frac{\lambda_0}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda_0}{2} \quad (k = 0,1,2,\dots) \quad (15.27)$$

shart bajarilganda kuzatiladi. Maksimum shart bajarilganda plastinka yuzining barcha qismi λ_0 to`lqin uzunlikli nuring rangiga bo`yalganek bo`ladi.

N`yuton halqalari. Monoxromatik yorug`lik dastasi linzaning tekis sirtiga normal tushayotgan bo`lsin(32- rasm). Shu nurlardan biri birinchi nur S nuqtaga yetib borgach, qisman qaytadi, qisman havo qatlami ichiga kirib boradi.



32 – pacm.

Nuring bu ikkinchi qismi D nuqtadan qaytadi. 1' va 2' nurlar o`zaro kogerent, ular ustma-ust tushib, interferentsiyalashadi. Natijada kontsetrik halqalar kuzatiladi. Bu halqalar N`yuton halqalari deb ataladi.

Yorug` halqalarning radiuslari

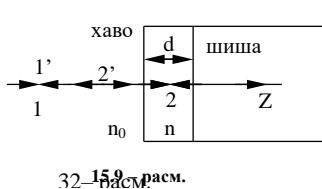
$$(r_\kappa)_{\max} = \sqrt{\kappa \lambda_0 R} \quad (15.28)$$

ifoda bilan, qorong`i halqalarning radiusi esa

$$(r_\kappa)_{\min} = \sqrt{(\kappa - 1/2) \lambda_0 R} \quad (15.29)$$

ifoda bilan aniqlanadi.

YORUG`LIK INTERFERENTSIYASINING QO`LLANISHI



32-159 pacm

Yorug`lik interferentsiyasi optik asboblarning sifatini yaxshilash va qaytaruvchi qatlamlar olish uchun ham qo`llaniladi. Xozirgi zamon optik asboblarning ob`ektivlarida ko`plab linzalar bo`ladi, shuning uchun ularda yorug`likning qaytishi va yorug`lik oqimining isrofi ko`p bo`ldi. Bularni yo`qotish uchun linza

sirtiga sindirish ko`rsatgichi linza muddasining sindirish ko`rsatkichidan kichik bo`lgan yupqa qatlam qoplanadi (32 – rasm.). Xavo qatlam va shisha qatlam chegaralarida yorug`likning qaytishi tufayli 1' va 2' kogerent nurlarning interferentsiyasi ro`y beradi. Qatlam qalinligi d, sindirish ko`rsatkichi n va shishaning sindirish ko`rsatgichi n_{sh} ni shunday tanlab olish mumkinki, interferentsiyalanuvchi nurlar bir-birini so`ndiradi. Bunda ularning amplitudalari teng optik yo`l farqi $(2mQ_1)\lambda_0/2$ ga teng bo`lishi kerak. Xisoblarining ko`rsatishicha $n = \sqrt{n_{sh}}$ bo`lganda amplitudalar teng bo`lar ekan, $n_{sh} > n > n_0$ bo`lganligi uchun ikkala sirtda yarim to`lqin uzunligi yo`qotiladi va yorug`lik tik tushganda,

$$2nd = (2m+1) \frac{\lambda_0}{2} \quad (15.30)$$

bo`ladi. Bu yerda nd – qatlamning optik qalinligi. Odatda, $m=0$ uchun

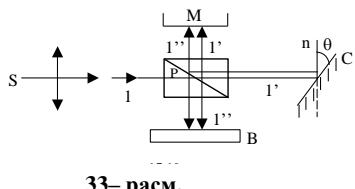
$$nd = \frac{\lambda_0}{4} \quad (15.31)$$

bo`ladi. Shunday qilib, $n = \sqrt{n_{\text{air}}}$ bo`lganda va qatlamning optik qalinligi $\frac{\lambda_0}{4}$ ga teng bo`lganda, interferentsiya natijasida qaytgan nurlarning so`nishi va o`tgani nurlar intensivligining ortishi kuzatiladi. Optik sistemaning ravshanlashuvi ana shundan iborat.

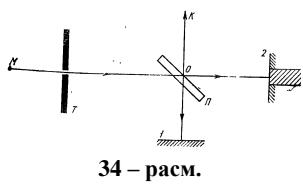
Interferentsiya manzarasi interferentsiyalanuvchi to`lqinlarning yo`llari ayirmasiga juda sezgir bo`ladi: yo`llar ayirmasining kichik o`zgarishlarida uzunliklar va burchaklarini aniq o`lchash uchun, shuningdek, shaffof muhitlarning sindirish ko`rsatkichlarini aniqlash uchun ishlatiladigan asboblarning tuzilishi shunga asoslangan. Sanoatda interferometrlar metall va boshqa silliqlangan detalg` sirtlarning silliqligini tekshirishda keng qo`llaniladi.

Sirtlarning mikroskopik notekisliklarini payqash va o`lchash uchun ishlatiladigan Linnik mikrointerferometrning ishi misolida interferometrlar bilan tanishaylik.

Monoxromatik yorug`lik nurlarining (to`lqin uzunligi λ bo`lgan) S dastasi yarim shaffof R qatlamga (shisha kub diogonal kesimiga surtilgan yupqa kumush qatlamga) tushadi (33 – rasm). Bu nurlar-dan birining yo`lini ko`raylik. Yarim shaffof qatlamda 1 nur «ikkiga ajaraladi»: qisman qatlam orqali o`tadi va S ko`zguga tushadi ($1'$ nur), qisman undan qaytadi va tekshirilayotgan V sirtiga tushadi ($1''$ nur). So`ngra $1'$ nur ko`zgu va yarim shaffof qatlamdan qaytgandan so`ng va $1''$ nur tekshirilayotgan sirdan qaytib, yarim shaffof qatlamdan o`tgandan so`ng M mikroskopga tushadi. Bu nurlar kogerent nurlardir, shuning uchun ular interferentsiyalanadi, ularning interferentsiya manzarasi mikroskopning ko`rish maydonida ko`rinib turadi.



33 – расм.



34 – расм.

Endi Maykelpson interferometring ishlash printsipi bilan tanishaylik (34 - rasm). M manbadan chiqayotgan monoxromatik yorug`lik nurlari yarim shaffof P plastinkaga tushadi. Bu plastinkadan nur qisman qaytadi, qisman o`tadi. Qaytgan va o`tgani nurlar o`zaro perpendikulyar ravishda joylashgan 1 va 2 ko`zgulardan orqaga qaytadi. 1 ko`zgudan qaytgan nur P plastinkadan qisman o`tib, OK yo`nalishda kuzatuvchi tomon yo`nalgan. 2 ko`zgudan qaytgan nur P dan qaytib, u ham OK bo`ylab yo`nalgan. Bu nur birinchi nur bilan interferentsiyalashishi tufayli ekranda qorong`i va yorug` yo`llardan iborat bo`lgan interferentsion manzara namoyon bo`ladi.

Agar ko`zgulardan biriga, masalan 2 ko`zguga deformatsiyasi o`rganilayotgan jism yopishtirilgan bo`lsa, deformatsiya tufayli jism ko`zgu bilan birga $\lambda_0/2$ masofaga P plastinka tomon siljisin. Keyin 1 ko`zguga tushib qaytgan nur $2\lambda_0/2$ teng kamroq yo`l yuradi. Yo`llar farqi tufayli ekranda interferentsion manzara hosil bo`ladi va u to`liq bir yo`lga siljigan bo`ladi. Bu esa o`z navbatida jism deformatsiyasining kattaligi haqida maolumot beradi.

16-MAVZU. DIFRAKSIYA HODISASI. YORUG'LIK DISPERSIYASI. (2)

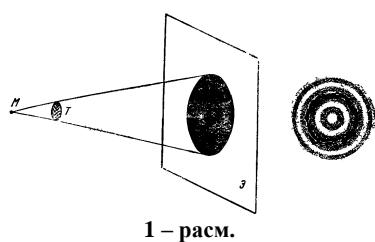
Reja:

- 1.Frenel zonalari.
- 2.Fraunofer difraktsiyasi.
- 3.Difraktsion panjara
- 4.Rentgen nurlari difraktsiyasi
- 5.Yorug`lik dispersiyasi. Normal va anomal dispersiya.
- 6.Yorug`lik dispersiyasining elektron nazariyasi.
- 7.Yorug`likning yutilishi. Buger qonuni.
- 8.Vavilov-Cherenkov nurlanishi.
- 9.Tabiiy va qutblangan yorug`lik. Malyus qonuni.
- 10.Yorug`likning ikki dielektrik muhitlar chegarasidan qaytishi va sinishidagi qutblanishi.
- 11.Yorug`lik nurining ikkiga ajralib sinishi.
- 12.Sun`iy optik anizatropiya. Kerr effekti.

Tayanch iboralar: Normal va anomal dispersiya, Yorug`lik dispersiyasi, Bryuster qonuni.

Yorug`lik nurlarining shaffof bo`lmagan to`sinqalaridan egilib o`tib geometrik soya sohasiga o`tish hodisasiga, difraktsiya deb ataladi. Difraktsiya so`zi lotincha «difrakcio», «egilib o`tish» maonosini beradi.

Difraktsiya hodisasini kuzatish uchun quyidagi tajribani qilaylik. M dan tarqalayotgan monoxromatik yorug`lik nurining yo`liga disk shaklidagi T to`sinq joylashtiraylik. (1-rasm). Nur to`g`ri chiziq bilan tarqalgani uchun T to`sinqning E ekrandagi soyasi – doira shaklidagi qorong`i soha kuzatilishi kerak. Lekin to`sinqdan ekrangacha masofa to`sinq o`lchamidan ko`p marta katta bo`lgan holda ekranda ketma-ket joylashgan yorug` va qorong`i kontsentrik halqlalar kuzatiladi (1-rasm). Gyugens pritsipiga asosan, bu hodisa quyidagicha tushuntiriladi: to`lqin frontining har bir nuqtasini ikkilamchi to`lqinlarning manbalarini deb hisoblash mumkin. Frenel esa Gyugens printsipini takomillashtirib, bu ikkilamchi to`lqinlarning manbalarini kogerent manbalar deb va fazoning ixtiyoriy



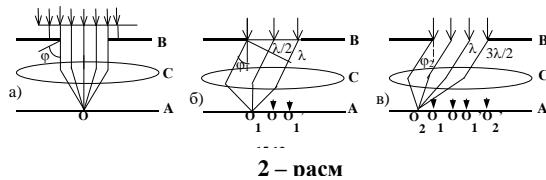
nuqtasidagi tebranishi bu nuqtaga yetib kelgan ikkilamchi kogerent to'lqinlar interferentsiyalashishining natijasi deb qarash lozim, degan fikrni berdi. Bu printsipni Gyugens – Frenel printsipi deb yuritila boshlandi.

Difraktsiya hodisalari ikki sinfga bo`linadi. To`sinqqa tushayotgan nurlar parallel dastasini hosil qilgan va difraktsion manzara manbadan cheskitlikda mujassamlashgan holdagi difraktsiyalarni Fraunhofer tekshirgan. Shuning uchun bu hodisalar Frangofer difraktsiyasi deyiladi. To`sinqqa tushayotgan sferik to'lqin frontiga ega bo`lgan yorug`lik difraktsiyasini Frenel o`rgangan. Shuning uchun bu sinfga oid difraktsiyalarni Frenel difraktsiyasi deyiladi.

Difraktsiya manzarasi odatda shugullanuvchi tor tirkishlar yordamida hosil qilinadi. Shuning uchun yorug`likning bir tirkishdan, ikki tirkishdan va ko`p parallel tirkishlardan difraktsiyasini ko`rib chiqaylik. Tirkishlarga perpendikulyar bo`lgan paralell nurlar dastasidan, Fraunhofer difraktsiyasi hosil bo`ladi:

a) Bir tirkishdan bo`ladigan difraktsiya.

To`g`ri to`rt burchakli tor tirkishli V ekranga parallel monoxromatik nurlar dastasi



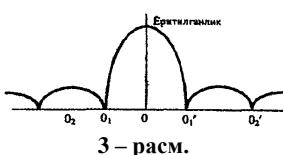
normal holda tushayotgan bo`lsin. Tirkishdan dastlabki yo`nalishida o`tayotgan barcha nurlar S linza yordamida linzaning fokal

tekisligida joylashgan A ekranning O nuqtasiga to`planadi. Bu hodisada barcha nurlar yo`l ayirmasi O ga teng bo`ladi. O nuqta orqali tirkishga parallel yorug` yo`l o`tadi. Endi difraktsiya tufayli tirkishdan o`tgani nurlarning faqat dastlabki yo`nalishida emas, balki bu yo`nalishdan turli ϕ burchaklarga burilishini nazarga olamiz. ϕ burchak **difraktsiya burchagi** deb ataladi.

Tirkishdan shunday $\phi = \phi_1$ burchak ostida difraktsiyalananuvchi nurlari dastasini ko`raylikki, dastaning chekka nurlari orasidagi yo`l ayirmasi Δl yorug`lik to`lqining uzunligiga teng bo`lsin, $\Delta l = 2\frac{\lambda}{2}$ (2 – rasm). Bunda butun dastani **Frenel zonasi deb ataladi**.

Frenel zonalarini shunday I va II zonalarga ajartish mumkinki, bu zonalar uchun I zonaling har bir nuri bilan II zona mos nurining yo`l ayirmasiga $\lambda/2$ ga teng bo`ladi. Linza yordamida O_1 nuqtadan o`tgani to`g`ri chiziqda to`plangan, bu nurlar interferentsiyalananadi va o`zaro so`nadi. Natijada O_1 orqali yo`l – **difraktsiya minimumi o`tadi** (bu hol O_1 ga simmetrik bo`lgan O_1' da ham ro`y beradi).

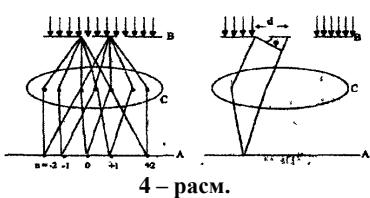
$\phi = \phi_2$ burchak ostida difraktsiyalananuvchi boshqa nurlar dastasining chekka nurlar orasidagi Δl yo`l ayirmasi $3\lambda/2$ ga teng bo`lsin (2 v - rasm). Bu holda butun dastani uchta I, II, III Frenel zonalariga ajartish mumkinkin. Ikki qo`shni zonaling (I, II) bir-birini so`ndirishi tushunarli (chunki bu zonalarning nurlari orasidagi yo`l ayirmasi $\lambda/2$ ga teng) III zona esa so`nmaydi va O_2 nuqtadan o`tuvchi chiziqda difraktsiya maksimumini beradi. O_2 nuqtaga simmetrik bo`lgan O_2' nuqtadan o`tuvchi to`g`ri chiziqda



shunday maksimum paydo bo`ladi. O_2 va O_2' maksimumlarning yoritilganligi 0 maksimumning yoritilganligidan ancha kam bo`ladi (3-rasm.).

Shunday qilib, Frenel zonalarining tok soniga mos burchaklar bilan difraktsiyalanuvchi nurlar dastasi ekranada difraktsiya maksimumlarini hosil qiladi. Frenel zonalarining juft soniga mos burchaklar bilan difraktsiyalanuvchi nurlar dastasi difraktsiya minimumlarini hosil qiladi. Bu maksimumlarni hosil qiluvchi nurlarning difraktsiya burchaklari ortishi bilan maksimumlarni yoritilganligi kamayadi. Natijada bir tirkishdan hosil qilinadigan difraktsiya manzarasi markazi yorug` yo`ldan har ikki tomonda simmetrik joylashgan qorong`i va yorug` yo`llarning navbatlashishidan iborat.

b) Ikki va ko`p parallel tirkishlardan hosil bo`lgan difraktsiya. Parallel



monoxromatik nurlar dastasi bir-biridan d masofada joylashgan ikkita parallel tirkishi bo`lgan V ekranga perpendikulyar tushayotgan bo`lsin (4-rasm). Bunda bu tirkishlar yorug`likning kogerent manbalari bo`lib qoladi. Agar V ekran orasida S yig`uvchi linza qo`yilgan bo`lsa, u holda linzaning fokal tekisligida joylashgan. A ekranada difraktsiya manzarasi vujudga keladi, bu difraktsiya manzarasi ikki jarayonning, yaoni yorug`likning har bir ayrim tirkishdan interferentsiyasi natijasidir. Biroq bu manzaraning asosiy xususiyatlari ko`proq ikkinchi jarayon bilan aniqlanadi.

4-rasmdagi ikki parallel nurlar yo`llarining ayirmasi $\Delta l = d \sin \varphi$. Agar bu ayirma

$$d \sin \varphi = n\lambda \quad (16.1)$$

shartni qanoatlantirsa, ekranada interferentsion maksimum kuzatiladi. Agar

$$d \sin \varphi = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (16.2)$$

bo`lsa, interferentsion minimum kuzatiladi.

Maksimumlarning mumkin bo`lgan soni, $\sin \varphi \leq 1$ ligidan

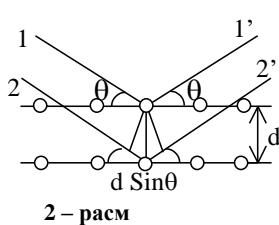
$$n \leq \frac{d}{\lambda} \quad (16.3)$$

bo`ladi.

Yorug`likning bir-biriga yaqin joylashgan ko`plab parallel tirkishlar to`plamidan difraktsiyalanganida ham difraktsiya manzarasining ko`rinishi ikki tirkishdan difraktsiyalanishdagi ko`rinishda bo`ladi. Faqt maksimumlar ravshanroq va torroq, ularni ajratib turgan minimumlar esa keng va amalda butunlay qorong`i ko`rinadi. Bunday qurılma difraktsion panjara deyiladi. d masofa panjaraning davri (doimiysi) deyiladi. Difraktsion panjaralar shisha plastinka yoki metall ko`zgu sirtiga shtrixlar (tirnashlar) chizish yo`li bilan tayyorlanadi. Difraktsion panjara bilan yorug`lik to`lqin uzunligini aniqlash mumkin.

Difraktsion manzarani kuzatilishi uchun panjara doimiysi, tushayotgan yorug`likning to`lqin uzunligi bilan bir xil tartibda yoki kichik bo`lishi kerak. Tabiiy fazoviy panjara, yaoni kristallaraning panjara doimiysi $\sim 10^{-10}$ m tartibida bo`ladi. Ko`rinadigan yorulg`likning to`lqin uzunliklari esa atigi $(4 \div 7,5) \cdot 10^{-7}$ m ni tashkil qiladi xolos. Demak, kristall panjarada vujudga kelishi mumkin bo`lgan difraktsion manzarani oq yorug`likdan foydalanim hosil qilib bo`lmaydi.

Nemis fizigi M.Laue kristallarda difraktsiyani rentgent nurlari ($\approx 10^{-12} \div 10^{-8}$ m) yordamida kuzatish mumkinligini birinchi bo`lib ko`rsatdi. Rentgen nurlari kristall orqali o`tganda ham, undan qaytganda ham difraktsion manzara kuzatiladi. Parallel rentgen nurlar dastasi kristallga kristall panjaraning tugunlari (atomlar)



orgiali o`tgan parallel tekisliklarga θ sirpanish burchagi ostida tushayotgan bo`lsin. Bunday atom tekisliklarini rentgen nurlarini qisman o`tkazib, qisman qaytaruvchi yarim shaffof ko`zgu deb qarash mumkin.

Rentgen nurlar dastasi (1,2) θ - sirpanish burchagi ostida kristallga tushmoqda va 1', 2' ikkilamchi to`lqin siyatida tarqalmoqda va interferentsiyalanmoqda (2 – rasm).

Intensivlik maksimumlari – difraktsion maksimum-lar

$$2d \sin \theta = m\lambda \quad (m = 1, 2, 3, \dots) \quad (16.4)$$

shart bajarilganda kuzatiladi, bu yerda d – atom tekisliklari orasidagi masofa, (16.4) munosabat Vulf – Bregglar formulasi deb ataladi. Bu formuladan foylanib, kristallarning atom tekisliklari orasidagi masofa (d) ni aniqlash mumkin. Bu uslub rentgen strukturaviy tahlil deb ataladi. Bu usuldan elektronlar va neytronlarlardan foydalanim amalga oshirilishi mumkin bo`lgan elektronografiya, neytronografiyalardan foydalanimadi. d , θ va m ni bilgan holda rentgen nurlaning to`lqin uzunligi λ ni aniqlash mumkin.

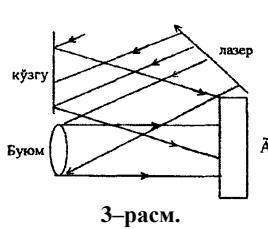
Golografiya grekcha «holo» «to`lqin», «grarh» «yozaman» so`zlaridan tashkil topgan bo`lib, u buyumlarning tashqi ko`rinishini «yozib olish» ning maxsus usulini anglatadi. Bu usul 1977 yilda D.Gabor tomonidan kashf qilingan. Golografiyaning mohiyati buyumdan kelayotgan nurlanishning to`lqin frontini fotoplastinkaga qayd qilish (yozib olish), so`ng buyumning tasvirini vujudga keltirish maqsadida bu frontni tiklashdan iborat.

Golografiyani fotografiyadan farqi nimada ekanligini quyidagicha ifodalaymiz. Fotografiyada yoritilgan ob`ektning ayrim nuqtalaridan qaytgan nurlar fotoplastinka yoki fotoplyonka tekisligining ayrim nuqtalariga ob`ektiv yordamida fokuslanadi. Bunda buyum barcha qismlarining tasvirlari ravshan bo`lavermaydi. Fotoapparat biror tekislikka ravshan qilib moslangan bo`lsa, buyumlarning shu tekislikda yotuvchi nuqtalarining tasvirlari ravshan bo`lib chiqadi xolos. Buyumning bu tekislikdan beriroqdagi yoki nariroqdagi qismlarining tasvirlari esa unchalik aniq bo`lmaydi. Masalan, bino oldida turgan odamning fotografik tasvirida odam gavdasi berkitib turgan bino qismini fotografiyaga turlicha vaziyatlardan qaragan bilan bari bir ko`rib bo`lmaydi.

Bundan tashqari, binoni odamdan qanchalik uzoqda joylashganligini ham aniqlab bo`lmaydi. Bino va odamning tasvirlari bitta tekislikda ko`rinadi.

Fotoplastinkada buyumning ayrim nuqtalaridan qaytgan nurlarning nisbiy intensivliklari qayd qilinadi. Bu nurlar fazalari orasidagi munosabatni fotoplastinkaning qorayishiga hech ta`siri yo`q. Vaholanki, fazalar orasidagi munosabat buyumning ayrim nuqtalarini fotoplastinkadan uzoqliklariga bog`liqdir.

Demak, buyumdan qaytgan nurlarning faqat amplituda-larigina emas, balki fazalarini ham fotoplastinkada qayd qilish usulini topish lozim. Bu usul **golografiyadir**, golografiya to`lqin optikasining asosiy qonunlari – interferentsiya va difraktsiya qonunlaridan foydalanan asosida vujudga keladi.



Kogerent yorug`lik dastasi ikkiga ajratilib (3-rasm), uning bir qismi buyum(B)dan qaytib fotoplastinka (A)ga tushadi. Bu to`lqin signal to`lqin yoki buyum to`lqin deyiladi. Ikkinci qism esa qaytargich plastinka(K)dan qaytib fotoplastinkaga tushadi. Uni tayanch to`lqin deyiladi. Bu ikki guruh kogerent to`lqinlar fotoplastinkada qo`shilib interferentsion manzara hosil qiladi. Fotoplastinkaga ishlov berilgandan so`ng oshkor bo`ladigan bu interferentsion manzara **gologramma** deyiladi. Gologrammada buyumdan qaytgan to`lqinlarda, yaoni buyum to`lqinlarning amplituda hamda fazalari to`g`risidagi axborotlar qayd qilingan. Xaqiqatdan, buyum va tayanch to`lqinlarning fazalari bir xil bo`lsa, bu to`lqinlarning amplitudalari qo`shiladi. Shuning uchun pozitiv gologrammaning bunday nuqtalari shaffofroq (negativ gologrammada esa xiraroq) bo`ladi. Buyum va tayanch to`lqinlar fazalari mos bo`lmagan tarzda yetib kelgan gologrammada nuqtalar esa qorong`iroq bo`ldi.

Tasvirni tiklash uchun gologramma avvalgi holatiga joylashtiriladi va uni «tayanch» to`lqin bilan yoritiladi. Natijada interferentsion strukturadagi difraktsiya tufayli buyum to`lqinning nushasi tiklanadi.

Golografiyaning ajoyib xususiyatlaridan yana biri shundaki, gologrammaning kichik bir bo`lakchasi ham butun gologrammadan foydalangandek tasvirni beraveradi. Chunki buyumning har bir nuqtasidan sochilayotgan sferik nuqtalar gologrammaning barcha yoritilayotgan yuziga yetib keladi; o`z navbatida gologrammaning har bir nuqtasiga buyumning barcha nuqtalaridan to`lqinlar keladi. Shuning uchun gologrammaning har bir kichik bo`lakchasi buyum to`g`risida to`liq axborot mavjuddir.

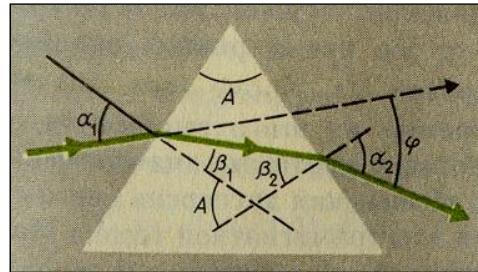
Modda sindirish ko`rsatgichi n ning yorug`lik chastotasi v (to`lqin uzunligi λ) ga bog`liq bo`lishi yoki yorug`lik to`lqinlari fazoviy tezligi v ning – uning chastotasi v ga bog`liq bo`lish hodisasiiga yorug`lik dispersiyasi deyiladi:

$$n=f(\lambda)$$

Dispersiya natijasida – prizmaga tushgan oq yorug`lik, undan o`tgach spektr (rang)larga ajralib ketadi. Yorug`lik dispersiyasini 1672 - yilda Nyuton tajribada kuzatgan.

Prizmada sodir bo`ladigan yorug`lik dispersiyasi bilan tanishamiz. Sindirish ko`rsatkichi n bo`lgan prizmaga monoxromatik ingichka yorug`lik dastasi α_1

burchak ostida tushayotgan bo`lsin. Nur prizmaning chap va o`ng qirralarida ikki marta singanidan so`ng, o`zining dastlabki tarqalish yo`nalishidan γ burchakka og`ib qoladi. (4- rasm.)



(4- rasm.)

Rasmdan quyidagilarni aniqlash mumkin:

$$\varphi = (\alpha_1 - \beta_1) + (\alpha_2 - \beta_2) = \alpha_1 + \alpha_2 - A$$

A va α_1 burchaklar kichik olinsa, unda α_2 , β_1 va β_2 burchaklar ham kichik bo`ladi, shunda bu burchaklarning sinuslari o`rniga – ularning qiymatlarini ishlatalish mumkin. Shu sababli $\alpha_1/\beta_1=n$, $\beta_1/\alpha_2=1/n$ va $\beta_1+\beta_2=A$ bo`ladi. Shunda:, $\alpha_2=\beta_2n=n(A-\beta_1)=n(A-\alpha_1/t)=nA-\alpha_1$,

$$\alpha_1+\alpha_2=nA$$

Yuqorida keltirilganlarni yakunlab quyidagini olamiz.

$$\varphi = A(n-1)$$

Ya`ni, prizmaning sindirish burchagi A qancha katta bo`lsa, prizmadan chiqqan nurning og`ish burchagi shuncha katta bo`lar ekan.

Shuningdek, prizmaning nurni og`dirish burchagi φ , $n-1$ kattalikka ham bog`liq bo`ladi. Ma`lumki n -to`lqin uzunligining funksiyasi hisoblanadi, shuning uchun prizmadan o`tgan turli to`lqin uzunlikli nurlar har xil burchakka og`adilar, ya`ni yorug`likning ingichka dastasi prizmada spektr (rang) ajralib ketadi. Prizma yoki difraksion panjara yordamida yorug`likni spektralarga ajratib, uning spektral tarkibini aniqlash mumkin.

1) Difraksion panjara o`ziga tushayotgan yorug`likni bevosita to`lqin uzunligiga bog`liq holda ajratadi, shuning uchun burchaklarning o`zgarishiga qarab, to`lqin uzunligini hisoblash mumkin. Prizmada yorug`likni spektralarga ajratish esa sindirish ko`rsatgichiga mos holda sodir bo`ladi, shu sababli to`lqin uzunlikni aniqlash uchun $n=f(\lambda)$ bog`lanishni bilish kerak.

2) Difraksion panjara va prizmada olinadigan spektrlarda ranglarning joylashish tartibi (ketma-ketligi) turlicha bo`ladi. Difraksion panjarada og`ish burchagi sinusi yorug`likning to`lqin uzunligiga proporsional bo`ladi. Shuning uchun siyohrang

nurga nisbatan katta to`lqin uzunligiga ega bo`lgan qizil nurlar ko`proq og`adi. Prizmada esa nurlarning og`ishi n ga bog`liq. Barcha shaffof moddalarda to`lqin uzunligi oshgan sari n monoton kamayadi. (18-rasm)

Shuning uchun siyohrang nurlarga nisbatan kichik sindirish ko`rsatgichiga ega bo`ladigan qizil nurlar prizmada kuchsiz (kamroq) og`adi.

$D = \frac{dn}{d\lambda}$ kattalikni moddaning dispersiyasi deb yuritamiz. U to`lqin uzunligi o`zgarishiga bog`liq holda sindirish ko`rsatkichining qanday tezlik bilan o`zgarishini bildiradi (18-rasm). λ to`lqin uzunligi kamayganda $\frac{dn}{d\lambda}$ kattalik ortsa uni normal dispersiya deyiladi. Yorug`likning muhitlarda yutilishlari chiziqli sohalarida atrofida $n(\lambda)$ dispersiya egrisi chizig`i boshqacharoq ko`rinishda bo`ladi: λ kamayishi bilan n ham kamayadi. Bunday bog`lanishni anomal dispersiya deyiladi (4-rasm).

Maksvellning makroskopik elektromagnit nazariyasidan quyidagi kelib chiqadi:

$$n = \sqrt{\epsilon \mu}$$

bunda ϵ - muhitning dielektrik singdiruvchanligi, μ - muhitning magnit singdiruvchanligi. Optik spektr sohasida barcha moddalar uchun $\mu \approx 1$ ekanligini e`tiborga olsak: $n = \sqrt{\epsilon}$

Lorens nazariyasida yorug`likning dispersiyasini – elektromagnit to`lqinlarning, modda tarkibiga kiruvchi va to`lqinning o`zgaruvchan elektromagnit maydonida majburiy tebranuvchi zaryadli zarrachalar bilan o`zaro ta`sirlanuvchi natijasi deb qaraladi.

Yorug`lik dispersiyasini elektron nazariyasi bir jinsli dielektrikka tadbiq etamiz. Bunda, hozircha, yorug`lik dispersiyasi –moddaning dielektrik singdiruvchanligi ϵ ning yorug`lik to`lqinlari chastotasi ω bilan bog`liqligi tufayli sodir bo`ladi, deb qaraymiz ϵ aniqlanishiga ko`ra.

$$\epsilon = 1 + \chi = 1 + R / (\epsilon_0 E)$$

bunda x - muxitning dielektrik qabul qiluvchanligi, ϵ_0 – elektrik doimisi. R-qutblanganlikning oniy qiymati. Shunda.

$$n^2 = 1 + P / (\epsilon_0 E)$$

Ya`ni n , R ga bog`liq holda o`zgaradi. Bu holda elektron qutblanish ahamiyat kasb etadi. Soddalik uchun birinchi yaqinlashishda atom yadrosi bilan bo`sh bog`langan faqat, bir dona elektron (optik elektron) ning tebranishini kuzatamiz. Majburiy tebranayotgan elektronning dipol momenti $r = ex$ ga teng, bunda e -elektron zaryadi, x -elektronning, yorug`lik to`lqininining elektr maydoni ta`siridagi siljishi. Agar dielektrikdagi atomlar kontsentratsiyasi n_0 bo`lsa, unda:

$$P = n_0 p = n_0 e x$$

Yoki

$$n^2 = 1 + n_0 e x / (\epsilon_0 E)$$

Elektronga ta`sir etuvchi tashqi maydon $E=e_0\cos\omega t$ garmonik qonun bilan o`zgaradi. Elektronning bu kuch ta`siridagi majburiy tebranishlari (qarshilik kuchi e`tiborga olinmadi) quyidagi tenglama orqali ifodalanadi.

$$x + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m} \cos \omega t = \frac{e}{m} E_0 \cos \omega t$$

bunda $\omega_0 = \sqrt{R/m}$ - elektron tebranishining xususiy chastotasi, m-elektron massasi. Bu tenglamaning yechimini topamiz:

$$x = A \cos \omega t$$

$$\text{bunda } A = \frac{eE_0}{m(\omega_0^2 - \omega^2)}$$

Yuqoridagilarni e`tiborga olsak:

$$n^2 = 1 + \frac{n_0 e^2}{\epsilon_0 m} \cdot \frac{1}{(\omega_0^2 - \omega^2)}$$

Agar moddada turli ω_0 xususiy chastotalar bilan majburiy tebranuvchi, turli e_i zaryadlar mayjud bo`lsa, unda:

$$n^2 = 1 + \frac{n_0}{\epsilon_0} \sum \frac{e_i^2 / m_i}{\omega_0^2 - \omega^2} \text{ bunda } m_i - e_i \text{ zaryadning massasi.}$$

Yakuniy formulalar n sindirish ko`rsatgichi tashqi maydonning ω chastotasiga bog`liq bo`lishini ko`rsatib berdi. Endi $n=f(\omega)$ bog`lanishni o`rganib chiqaylik. $\omega=0$ dan $\omega=\omega_0$ gacha n^2 birdan katta miqdor bo`lib, u ω o`sishi bilan oshib boradi (normal dispersiya); $\omega=\omega_0$ bo`lganida $n^2=\pm\infty$ teng, $\omega=\omega_0$ dan $\omega=\infty$ gacha n^2 , birdan kichik qiymat qabul qiladi, $u-\infty$ dan 1 gacha oshadi (normal dispersiya). Bu holatlar tebranayotgan elektronga qarashlik kuchi ta`sir qilmagan taqdirdagina o`rinli bo`ladi. Agar uni e`tiborga olsak unda $n(\omega)$ ning funksiyining ω_0 atrofidagi grafigi AV chiziq bilan ifodalanadi M anomal dispersiyaga mos keladi.

Sinov savollari

1. Normal va anomal dispersiyalar nimasi bilan bir-biridan farq qiladi?
2. Prizma va diffaksion panjara yordamida olingan spektrlarni qaysi hususiyatlarga binoan ajratish mumkin?
3. Yorug`lik dispersiyasi elektron nazariyasining asosiy tamoyillari va xulosalari nimadan iborat?
4. Nima sababdan metallar yorug`likni to`liq yutadi?
5. Vavilov-Cherenkov nurlanishi qachon hosil bo`ladi?
6. Tabiiy, yassi qutblangan va qisman qutblangan yorug`liklarga ta`rif bering?
7. Yassi qutblangan va tabiiy yorug`liklarni amalda qanday farqlash mumkin?
8. Agar ikki poliarizator orqali o`tgan tabiiy yorug`likning intensivligi ikki marta kamaygan bo`lsa, unda poliarizatorlar o`zaro qanday joylashgan bo`ladi?
9. Bryuster burchagini ahamiyati nimada?
10. Bryuster qonuni bajarilganda qaytgan va singan nurlar o`zaro perpendikulyar bo`lishini isbotlang?

11. Kristalning optik o`qi deb nimaga aytildi? Ikki o`qli va bir o`qli kristallarning farqini tushuntirib bering.
12. Bir o`qli optik anizatrop kristallarda nur ikkiga ajralib sinishining sababi nimada?
13. Kerr effekti nimani bildiradi?
14. U qanday fizikaviy sabablarga ko`ra hosil bo`ladi?

17-MAVZU. NURLANISHNING KVANT TABIATI. FOTOEFFEKT HODISASI (2)

Reja:

- 1.Issiqlik nurlanishi va uning xarakteristikalari.
- 2.Kirxgof qonuni.
- 3.Stefan – Bolsman qonuni. Vinning siljish qonuni.
- 4.Reley formulasi. Plank formulasi
- 5.Optik pirometriya
- 6.Fotoelektrik effekt va uning turlari. Tashqi fotoeffekt qonunlari.
- 7.Tashqi fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi.
- 8.Fotoeffektning qo`llanilishi
- 9.Fotonning energiyasi, massasi va impulsi.
- 10.Kompton effekti va uning elementar nazariyasи.

Tayanch iboralar: *Tashqi fotoeffekt, to`yinish fototok, Stoletov qonuni, qizil chegara, tashqi fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi. Issiqlik nurlanish, spektral zichligi, kirxgof qonuni, Vin doimiysi, Stefan-Bolsman qonuni.*

Isitilan jismning o`zidan yorug`lik chiqarish hodisasini issiq nurlanishi deyiladi. U moddadagi atom va molekulalarning issiqlik harakat (demakki ichki) energiyasi hisobiga sodir bo`ladi va OK dan yuqori temperaturali barcha jismlar uchun o`rinlidir. Issiqlik nurlanishi – uzlusiz spektr bilan xarakaterlanadi, undagi maksimumning holati temperaturaga bog`liq bo`ladi. Yuqori temperaturalarda qisqa (yorug`lik va ultrabinfsha) nurlanishi hamda past temperaturalarda esa uzun (infraqizil) nurlanishlar kuzatiladi.

Issiqlik nurlanishi – amalda uchraydigan birdan-bir muvozanatlari nurlanishdir.

Jism energetik yorqinligining spektral zichligi - issiqlik nurlanishning miqdoriy xarakteristikasi hisoblanadi. U jismning birlig yuzasidan, chastotaning bir birlik kenglik intervalida chiqariladigan nurlanishning quvvatiga mos keladi.

$$R_{\gamma_T} = \frac{dw_{\nu, \nu+d\nu}}{d\nu}$$

bunda $dw_{\nu, \nu+d\nu}$ vaqt birligi ichida jismning birlig yuzasidan, ν va $\nu + d\nu$ chastota intervalida chiqariladigan elektromagnit nurlanish energiyasidir.

$$[R_{\nu, T}] = \frac{j}{m^2 \cdot s}$$

$R_{v,T}$ va $R_{\lambda,T}$ orasida quyidagi bog`lanish mavjud:

$$R_{v,T} = R_{\lambda,T} \cdot \frac{\lambda^2}{c}$$

Integral energetik yorqinlikni hisoblaymiz:

$$R_T = \int_0^{\infty} R_{v,T} dv$$

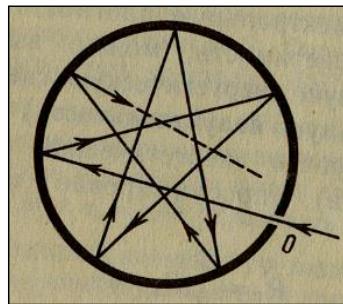
Jismlarning o`ziga tushayotgan nurlanishni yutish imkoniyati - spektral yutish qobiliyati deb ataluvchi kattalik bilan xarakterlanadi:

$$A_{v,T} = \frac{dW_{v,v+d\nu}^{yutil}}{dW_{v,v+d\nu}}$$

$R_{v,T}$ va $A_{v,T}$ - jismning tabiatiga uning termodinamik temperaturasiga bog`liq bo`ladi. Bunda turli chastotali nurlanishlar uchun turlicha bo`ladi. Shuning uchun bu kattaliklar juda kichik v va $v + d\nu$ chastotalar intervali uchun aniqlanadi.

Istalgan turli chastotali barcha nurlanishni to`la yutadigan jismni absolyut qora jism deb yuritiladi.

Absolyut qora jism uchun ta`rifiga ko`ra $A_{v,T}^k \equiv 1$. Uning ideal modeli (29- rasm) ko`rsatilgan:



1-rasm

Absolyut qora jism bilan bir qator kulrang jism tushunchasidan ham foydalilanildi:

$$A_{v,T}^k = A_T const < 1$$

Kirxgof, termodinamikaning ikkinchi qonuniga tayanib hamda berk tizimdag`i jismlarning muvozanatl`i nurlanish shartlarini tahlil qilib, quyidagi bog`lanishni aniqladi:

Energetik yorqinlik spektral zinchligining, spektral yutish qobiliyatiga nisbatli jismning tabiatiga bog`liq emas. U barcha jismlar uchun chastota (to`lqin uzunligi) va temperaturaning universal funksiyasi hisoblanadi:

$$\frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} = r_{\nu,T}$$

Ma`lumki absolyut qora jism uchun $A_{\nu,T}^{\kappa} \equiv 1$ shuning uchun $R_{\nu,T} = r_{\nu,T}$ ya`ni Kirxgofning universal funksiyasi $r_{\nu,T}$ -absolyut qora jism energetik yorqinligining spektral zichligi bo`ladi:

Kirxgof qonuni faqat issiqlik nurlanishini tavsiflaydi. Kirxgof qonuniga bo`ysunmaydigan nurlanishlar - issiqlik nurlanishi bo`la olmaydi. Absolyut qora jismning energetik yorqinligi – uning absolyut temperaturasining to`rtinchidagi darajasiga to`g`ri proporsionaldir (Stefan-Bolsman qonuni):

$$R_e = \sigma T^4$$

bunda $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Bt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ Stefan – Bolsman doimiysi.

Stefan – Bolsman qonuni R_e ning temperaturaga bog`liqligini ko`rsatadi, lekin qora jism nurlanishning spektral tarkibi haqida ma`lumot bermaydi. Turli temperaturalar uchun, $r_{\lambda T}$ funksiya bilan λ to`lqin uzunlik orasidagi bog`lanish egrini chizig`ini tahlil qilib ko`raylik.

Unda, qora jism spektridagi energiya taqsimoti notejis ekanligini ko`rish mumkin. Barcha egrini chiziqlarda alohida ajralib turadigan maksimumlar mavjud bo`lib, u temperatura ortishi bilan qisqa to`lqinlar sohasi tomonga silijiyo.

Uni nemis olimi V. Vin termodinamika va elektrodinamika qonunlariga tayanib, quyidagi bog`lanish orqali ifodalanishini aniqladi. Vinning siljish qonuni:

$$\lambda_{\max} = \epsilon/T$$

ya`ni absolyut qora jism maksimal energetik yorqinligining spektral zichligiga mos keluvchi λ_{\max} to`lqin uzunligi – uning absolyut temperaturasiga teskari proporsionaldir.

$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ M} \cdot \text{K}$ – Vin doimiysi. Bu qonun, funksiya maksimum holating temperaturaga bog`liq holda siljishini aniqlab beradi. Shuningdek, u-qizdirilgan jismlarning temperaturasi pasayganda, nima sababdan spektrda uzun to`lqinli nurlanishlar ko`payishini ham izohlaydi.

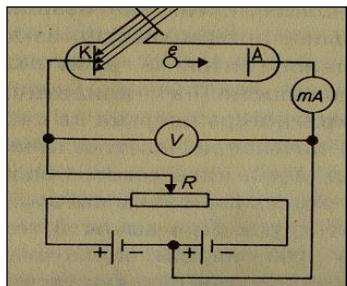
Stefan-Bolsman va Vin qonunlari issiqlik nurlanish nazariyasida muhim rol o`ynashiga qaramasdan, hususiy qonun hisoblanadi. Chunki ular turli temperatura - chastotalar bo`yicha energiya taqsimotining umumiy manzarasini oydinlashtira olmaydi.

Fotoeffektning uch turi mavjud.

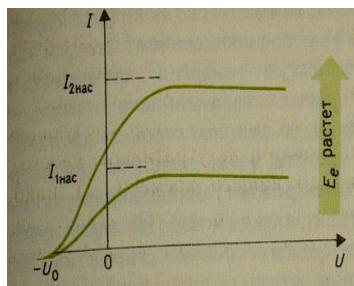
1) Elektromagnit nurlanish ta`siri ostida moddadan elektronlarning ajralib chiqish hodisasi tashqi fotoelektrik effekt (fotoeffekt) deyiladi. Tashqi fotoeffekt qattiq jism (metall, yarim o`tkazgich, dielektrik) larda va shuningdek alohida atomli va yoki molekulalgi gazlarda (fotoionizatsiya) uchraydi.

Rus olimi A.G. Stoletov birinchilardan bo`lib, fotoeffekt hodisasi ustida fundamental tadqiqotlar o`tkazdi.

Tajribalar o`tkazilgan qurilmaning prinsipial sxemasi (2-rasm) da ko`rsatilgan.



2-rasm



3-rasm

Vakuumli trubkada joylashgan ikki elektrod (o`rganilayotgan metalldan tayyorlangan katod – K va to`r metalli anod – A) batareyaga shunday ulanganki, R potensiometr yordamida ularga beriladigan kuchlanishning nafaqat miqdorini va balki ishorasini ham o`zgartirib turishi mumkin. Stoletov katodni turli to`lqin uzunlikdagi yorug`liklar bilan nurlantirib, quyidagilarni aniqladi:

- ultrabinafsha nurlanish eng effektiv ta`sir ko`rsatadi;
- yorug`lik ta`sirida modda faqat manfiy zaryadlarini yo`qotadi;
- yorug`lik ta`sirida hosil bo`luvchi tok kuchi - yorug`likning intensivligiga proporsional bo`ladi.

2) Elektromagnit nurlanish ta`sirida yarim o`tkazgich yoki dielektrik ichidagi bog`langan holdagi elektronlarning tashqariga chiqmasdan – erkin holatga o`tish hodisasi – ichki fotoeffekt deb aytildi. Natijada jism ichidagi tok tashuvchilar konsentratsiya ortadi. Bu o`z navbatida foto o`tkazuvchanlik xususiyatini paydo qiladi yoki elektr yurituvchi kuch (EYuK) hosil bo`lishiga sababchi bo`ladi.

3) Ikki turdagи yarim o`tkazgich yoki yarim o`tkazgich va metallarning kavsharlangan qismini (tashqi elektr maydonidan holi bo`lgan holda) yorug`lik nuri bilan yoritilganda EYuK (foto EYuK) hosil bo`lish hodisasiga ventilli fotoeffekt deyiladi. Ventilli fotoeffekt yordamida quyosh energiyasini to`g`ridan to`g`ri elektr energiyasiga aylantirish imkoniyati yaratiladi.

3-rasmda fotoeffektning volt–amper xarakteristikasi (fototok I bilan elektrodlar orasidagi kuchlanish U orasidagi diagramma) keltirilgan. Bunda, U oshirilsa fototok ham oshib boradi, ya`ni yana ham ko`p sondagi elektronlar anodga yetib boradi. Ma`lum bo`lishicha, elektronlar katoddan har xil tezliklarda uchib chiqishar ekan. Agar katoddan chiqqan barcha elektronlar anodga yetib borsa maksimal tok $I_{to'y}$ – tuyinish fototoki – hosil bo`ladi.

$$I_{to'y} = en$$

bunda n – katoddan 1 s mobaynida uchib chiqqan elektronlar soni.

Volt – amper xarakteristikasidan ko`rinadiki $U = 0$ qiymatda fototok yo`qolib, nolga aylanmaydi. Bundan esa, yorug`lik ta`sirida katoddan urib

chiqarilgan elektronlar ma'lum bir boshlang'ich tezlik (va demakki noldan farqli kinetik energiya) ga ega bo`lib, ular tashqi maydon ta`sirisiz ham anodga yetib borishi ma'lum bo`ladi. Fototok nolga aylanishi uchun elektrodlarga ushlab qoluvchi potensial U_0 berilishi lozim bo`ladi. $U = U_0$ bo`lganda birorta ham elektron (hatto katoddan ϑ_{\max} bilan uchib chiqqanlari ham) anodga yetib borolmaydi:

$$m\vartheta_{\max}^2 / 2 = eU_0$$

ya`ni, ushlab qoluvchi potensialni o`lchab, fotoelektronning maksimal tezligi va kinetik energiyasini bilish mumkin bo`ladi.

Fotoeffekt quyidagi uchta qonunga bo'y sunadi:

- 1) Belgilangan chastotali yorug`lik ta`sirida vaqt birligi ichida katoddan ajralib chiqadigan elektronlarning soni yorug`lik intensivligiga proporsional (to`yinish fototoking kuchi katodning energetik yoritilganligiga proporsional) bo`ladi. Bu Stoletov qonuni deb ham yuritiladi.
 - 2) Fotoelektronlarning maksimal tezligi (maksimal kinetik energiyasi) tushayotgan yorug`likning intensivligiga bog`liq bo`lmaydi, balki faqat uning chastotasi bilan aniqlanadi, to`g`riroq`i chastotaga chiziqli bog`liq holda o`zgaradi.
 - 3) Har qanday modda uchun fotoeffektning «qizil chegarasi» mavjud, ya`ni yorug`likning shunday minimal v_0 chastotasi mavjudki (u moddaning ximiyaviy tabiatiga va shu modda sirtining tozalik darajasiga bog`liq), undan kichik chastotali yorug`likning har qanday intensivligida ham fotoeffekt vujudga kelmaydi.
- Yorug`likning to`lqin nazariyasini asosida fotoeffekt hodisasini tushuntirib bo`lmaydi.

Ma'lumki, Plank nazariyasiga ko`ra yorug`lik atomlardan alohida portsiya (kvantlar) holida nurlanadi va uning energiyasi $E_0 = h\nu$ ga teng. Eynshteyn esa yorug`likning tarqalish va yutilish jarayoni ham xuddi nurlanish kabi kvantlar holida sodir bo`ladi degan fikrni bildirdi. Shunga binoan yorug`likning tarqalishini uzluksiz to`lqin jarayoni deb emas, balki uni fazoda chekli tarzda jamlanib joylashuvchi - diskret yorug`lik kvantlarining oqimi sifatida qarash lozim bo`ladi. Elektromagnit nurlanishning bunday kvantlari foton nomini oldi. Ular vakuumda $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ tezlik bilan tarqaladi. Eynshteyn talqiniga ko`ra, har bir kvant faqat bitta elektron tomonidan yutilishi mumkin. Shu sababli atomdan uzib chiqarilgan fotoelektronlar soni yorug`lik intensivligiga proporsional bo`ladi. (fotoeffektning I - qonuni).

Tushayotgan fotonning energiyasi avvalo elektronning metalldan ajralib chiqish ishi (A) ni bajarishiga va so`ngra esa o`sha elektronga kinetik energiya $m\vartheta_{\max}^2 / 2$ berishga sarflanadi. Energiyaning saqlanish qonuniga binoan:

$$h\nu = A + m\vartheta_{\max}^2 / 2$$

Bu ifodani tashqi fotoeffekt uchun **Eynshteyn tenglamasi** deb aytildi. Uning yordamida fotoeffektning barcha qonunlarini izohlash mumkin:

- Fotoelektronning maksimal kinetik energiyasi tushayotgan nurlanishning chastotasiga chiziqli bog`liq holda o`sadi, lekin uning intensivligi (fotonlar soni) ga bog`liq bo`lmaydi. Chunki A va yoki v yorug`likning intensivligiga bog`liq emas (fotoeffektning II qonuni).

- Yorug`likning chastotasi kamayishi bilan fotoelektronlarning kinetik energiyasi ham mos holda kamayib boradi. (ayni bir metall uchun $A = \text{const}$). Chastotaning qandaydir $\nu = \nu_0$ minimal qiymatida fotoelektronlarning kinetik energiyasi nolga aylanadi va fotoeffekt jarayoni to`xtaydi (fotoeffekt ning III qonuni).

Aytilganlardan quyidagi kelib chiqadi.

$$\nu_0 = A/h$$

bu ifoda mazkur metall uchun fotoeffektning «qizil cheragasi» ni belgilaydi. U faqatgina elektronning chiqish ishiga bog`liq bo`ladi, ya`ni moddaning kimyoviy tabiatiga va sirtining tozalik holatiga bog`liq tarzda aniqlanadi. Agar ushlab qoluvchi potensiallar farqi U_0 e`tiborga olinsa quyidagi tenglik o`rinli bo`ladi:

$$eU_0 = h(\nu - \nu_0)$$

Agar yorug`likning intensivligi o`ta yuqori bo`lsa, masalan (lazer nur dastasi uchun) ko`p fotonli (chiziqlimas) fotoeffekt kuzatiladi. Unda metalldan uchib chiquvchi elektron $N(N=2\frac{1}{4}7)$ fotondan energiya olishi mumkin. Ko`p fotonli fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi:

$$Nh\nu = A + m\vartheta_{\max}^2 / 2$$

Fokuslanuvchi lazer nur dastasi bilan o`tkaziladigan tajribalarda fotonlarning zichligi ayniqsa katta bo`ladi. Bu jarayonda elektron bir necha fotonni bir vaqtda yutib, «qizil chegara» si katta to`lqin uzunlik (past chastota) lar tomona siljiydi.

Sinov savollari

- 1.Kulrang jism absolyut qora jismdan nimasi bilan farq qiladi?
- 2.Kirxgorning universal funksiyasi qanday fizikaviy mazmuniga ega?
- 3.Agar absolyut qora jism termodinamik temperaturasini ikki marta kamaytirsak, uning energetik yorqinligi qancha martaga va qanday o`zgaradi?
4. $r_{\nu,T}$ va $r_{\lambda,T}$ egri chiziqlarini chizib, ularni solishtiring.
- 5.Temperatura oshishi bilan absolyut qora jism energetik yorqinligining spektral zichlik maksimumi qanday siljiydi?
- 6.Plank formulasidan foydalanib, Stefan-Bolsman doimiysini toping?
- 7.Qanday shartlar asosida Plank formulasidan Vin qonunini yoki Reley-Jins formulasini keltirib chiqarish mumkin?
8. Yorug`likning berilgan chastotasida katodning yoritilganligi kamaysa, fototokning to`yinish qiymati qanday o`zgaradi?
9. Fotoeffekt bo`yicha tajribalardan foydalanib Plank doimiysini aniqlash mumkinmi?
10. Eynshteyn tenglamasi yordamida fotoeffektning I va II qonunlarini tushuntiring.
11. Katodning berilgan chastotadagi ikki xil yoritilganligiga va katodning berilgan yoritilganligida ikki xil chastotaga mos keluvchi volt – amper xarakteristikasini chizing va tushuntiring.
12. Foton va elektron orasidagi o`zarlo ta`sir xarakterlari fotoeffekt va Kompton effektlarida qanday farqlanadi?

18-MAVZU. ATOM VA YADRO FIZIKASI. (2)

Reja:

1. Atomning Tomson va Rezerford modellari
2. Vodorod atomining chiziqli spektri
3. Bor postulatlari. Frank va Gers tajribasi
4. Vodorod atomining spektri uchun Bor nazariyasi
5. Modda xossalaringin korpulkulyar – to`lqin dualizmi. De- Broyl to`lqin va uning xossalari.
6. To`lqin funksiyasi. Shredingerning umumiy hamda statsionar holatlar uchun tenglamalari.
7. Vodorod atomining kvant mexanikasidagi talqini. Kvant sonlari.
8. Elektronning spini. Spin kvant soni. Shtern – Gerlax tajribasi. Pauli prinsipi.
9. Rentgen spektrlari. Mozli qonuni.
10. Optik kvant generatorlari (Lazerlar).
11. Atom yadrosining o`lchami, tarkibi va zaryadi. Massa va zaryad soni.
12. Massa defekti va yadroning bog`lanish energiyasi.
13. Yadro spinii va uning magnit momenti. Yadro kuchlari.
14. Radioaktiv nurlanish va uning turlari. Radioaktiv yemirilish qonuni. Siljish qoidasi.

Tayanch iboralar: Tomson va Rezerford modeli, Frank va Gers tajribasi, De- Broyl to`lqin, Shtern – Gerlax tajribasi. Pauli prinsipi. Rentgen spektrlari. Mozli qonuni.

Atom yadrosining tarkibi, zaryadi, o`lchami va massasi. Massa deffekti va bog`lanish energiyasi. Yadro kuchlari. Yadro bo`linishi. Radioaktivlik. α , β va γ nurlari.

1919 yilda Rezerford azot yadrosini alpfa zarralar bilan bombardimon qilganda ulardan vodorod yadrolari ajralib chiqishini kuzatgan. Rezerford bu zarralarni proton (grekcha «birinchii» degan so`zdan olingan) deb atadi. 1932 yilda Rezerfordning shogirdi Chedvik yadro tarkibiga kiruvchi yana bir zarra – neytronni aniqladi. 1932 yilda Chedvik kashfiyotidan keyin sovet fizigi D.D. Ivanenko va nemis fizigi V. Geyzenberglar bir-biridan mustaqil ravishda atom yadrosi protonlar va neytronlardan tashkil topgan degan fikrni ilgari surdilar. Shu tariqa atom yadrosining proton va neytronli modeli yaratildi. Proton va neytronni yagona nom bilan nuklon deb ataladi.

Proton musbat zaryadga ega bo`lib, elektron zaryadiga teng, yaoni $=_r=Q=1,60219 \cdot 10^{-19}$ Kl., uning tinchlikdagi massasi $m_p=1,67265 \cdot 10^{-27}$ kg. Atom va yadro fizikasida massaning atom birligi (m.a.b.) kattaligidan keng foydalaniлади. 1 m.a.b. uglerod 12 atomi massasining $1/12$ ulushiga, yaoni $1,66057 \cdot 10^{-27}$ kg ga teng. Natijada $m_r=1,00727$ m.a.b. ga teng bo`ladi. Neytron esa elektroneytral zarra bo`lib, uning tinchlikdagi massasi $m_n=1,67495 \cdot 10^{-27}$ kg = $1,008665$ m.a.b. ga teng.

Massa va energiyaning ekvivalentli qonuni ($W=mc^2$)ga asoslanib, massa J larda yoxud eV larda ($1J=6,2419 \cdot 10^{18}$ eV) ham ifodalanadi. Demak,

$$m_p = 1,5033 \cdot 10^{-10} \text{ J} = 938,28 \text{ MeV}$$

$$m_n = 1,5054 \cdot 10^{-10} \text{ J} = 939,57 \text{ MeV}$$

(18.1)

Neytron va protonlar xususiy magnit momentlarga ham ega:

$$\begin{aligned}\mu_n &= -1,91 \mu_s \\ \mu_p &= +2,79 \mu_s\end{aligned}\quad (18.2)$$

Bu ifodadagi μ_{ya} – **yadroviy magneton** deb ataladi; μ_{ya} – **yadroviy zarralarning magnit momentlarini** o`lchash uchun qo`llaniladigan kattalikdir. Agar Bor magnetonidagi elektron massasi m_e o`rniga proton massasi m_p ni qo`ysak,

$$\mu_s = \frac{e\hbar}{2m_p} = 5,0508 \cdot 10^{-27} A \cdot m^2 \quad (18.3)$$

yadroviy magneton ifodasini hosil qilamiz.

D.I. Mendeleev davriy sismtemasidagi elementlarning tartib nomeri Z shu element atomi yadrosining zaryadini aniqlaydi, yaoni $=_{ya}=QZe$.

Yadro tarkibidagi barcha protonlar soni Z va barcha neytronlar soni N ning yig`indisi, yadrodagи nuklonlar sonini ifodalaydi.

$$Z + N = A \quad (18.4)$$

yadroning massa soni deb ataladi.

Kimyoviy elementlarning atom yadrolarini ZX^A simvol bilan belgilash qabul qilingan, bunda X element simvoli, A – massa soni, Z – atom tartib nomeri. Masalan, $_2He^4$ geliy atom yadrosini, $_8O^2$ kislород atom yadrosini bildiradi va shu kabilar.

Yadroda protonlar soni bir xil, ammo neytronlar soni har xil atomlar **izotoplar** deyiladi. Masalan, vodorodning uchta izotopi mavjud. $_1H^1$ (protiy), $_1H^2$ (deyteriy) va $_1H_2^3$ (trityi), bu yerda kimyoviy simvolning pastki o`ng tomoniga neytronlar soni ham yoziladi.

Ya.I. Frenkelp nazariyasiga ko`ra atom yadrosini **suyuqlik tomchisiga** o`xshatish mumkin. Suyuqlik tomchisidagi molekulalar o`zaro molekulyar tutinish kuchlari bilan bog`langani singari yadroni tashkil qiluvchi nuklonlar ham o`zaro alohida tortilish kuchlari – **yadro kuchlari** bilan bog`langan. Ko`pgina elementlar atom yadrolarining barqarorligi yadro kuchlarining niyoyatda ulkan ekanligini ko`rsatadi.

Yadro kuchlari faqat juda kichik masofalardagina (10^{-13} sm tartibida) namoyon bo`ladi. Nuklonlar orasidagi masofa biroz ortganda yadro kuchlari nolgacha kamayadi va kulon kuchlari protonlarni ajratib yuboradi (yadroni parchalaydi). Yadro kuchlari gravitatsion va elektr kuchlari bo`lmay, alohida turdagи kuchlardir. Ularning tabiatи va xossalari hali to`liq o`rganilmagan. Xozirgi vaqtida haqiqatga eng yaqin deb yadro kuchlarining **mezon nazariyasini** hisoblashadi; bu nazariyaga muvofiq nuklonlar bir-biri bilan alohida elementar zarralar – **mezonlarni** almashish yo`li bilan o`zaro ta`sirlashadi.

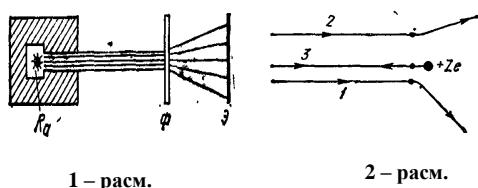
Bir xil sondagi protonlar va neytronlardan tashkil topgan yengil kimyoviy elementlarning yadrolari, ayniqsa, barqaror bo`ladi. Yadrolari ko`p sonli nuklonlardan tashkil topgan eng og`ir kimyoviy elementlarda (davriy sistemada qo`rg`oshindan keyin joylashgan) yadro kuchlari yadroning barqarorligini taominlay olmaydi. Bunday yadrolar o`z-o`zidan parchalanib ancha yengil elementlarning yadrolariga aylanadi. Bu hodisa tabiiy **radioaktivlik** deb ataladi.

Uzoq tarixdan maolumki, bizning ongimizdan tashqarida yashayotgan ob`ektiv borliq, yaoni materiya atomlardan tashkil topgan. O'sha davrdan atomga materianing bo`linmas eng kichik zarrasi deb qaralgan edi. Shuning uchun ham atom grekcha «atomos» so`zidan olingan bo`lib, «bo`linmas» degan maononi anglatadi.

XIX asr oxiriga kelib atomning murakkab tuzilganligi tajribalardan ayon bo`lib qoldi. Ayniqsa, bu 1896 yilda frantsuz olimi A.Bekkerlp uran tuzlari qandaydir nomaolum nurlanish manbai ekanligini aniqlagandan so`ng yaqqol bo`lib qoldi. Bu nurlanish keyinchalik radioaktiv nurlanish nomini oldi. Radioaktiv nurlanish atom tarkibiga musbat va manfiy zaryadlangan zarralar kirishi mumkinligini ko`rsatdi. Atomning tuzilishi haqidagi birinchi atom modelini 1904 yilda inglz olimi J.J.Tomson (1856-1940) yaratdi. Bu modelga binoan atom shar shaklida bo`lib, uning butun hajmida zaryadlar bir tekis taqsimlangan. Shu musbat zaryadlar orasida elektronlar ham joylashgan bo`lib, ularning soni musbat zaryadlar soniga teng bo`gani uchun atom neytral hisoblanadi. Elektron muvozanat vaziyatidan siliyganda uni muvozant vaziyatiga qaytaruvchi elastik kuchga o`xshash kuch hosil bo`ladi. Shu kuch ta`sirda elektron garmonik tebranma harakat qiladi. Maksvell elektromagnit to`lqin nazariyasiga asosan elektron atomda tebranma harakat qilgani uchun atom monoxromatik elektromagnit to`lqin sochadi.

Bu elektromagnit to`lqin chastotasi elektronning tebranish chastotasiga to`g`ri keladi. Tomson shu atom modeli bilan atomning nurlanish spektri chiziqli bo`lishini tushuntirib berdi. G.N.Lorentts, Tomsonning bu atom modeli asosida yorug`lik dispersiyasining elektron nazariyasini yaratdi. Bu nazariya normal va anomal dispersiyalarini tushuntirib berdi. O`z vaqtida Tomson modeli fizikada muhim rolp o`ynaydi. Ammo bu modelp uzoq yashamadi. Ingliz olimi Rezerfordning radioaktiv moddalardan chiquvchi α -zarrachalarini yupqa metal qatlamidan o`tganda sochilishini o`rganib, 1911 yilda atom tuzilishining yangi modelini yaratdi. α - zarrachalar bilan ta`sirlashayotgan moddaning atom tuzilishini bilish uchun oldin α - zarrachaning o`zini tabiatini bilish kerak. Shuning uchun Rezerford α - zarrachani zaryadini massasini va tezligini anikladi. Rezerford va Geyger radioaktiv moddadan chiqayotgan α - zarrachalarini Faradey tsilindriga to`plab, elektrometr yordamida uning zaryadi musbat bo`lib, ikki elektron zaryadiga teng ekanligini aniqladi.

α - zarrachalarni magnit maydonida og`ishiga qarab, 4 ta vodorod atomi massasiga, yaoni geliy atomini massasiga tengligini aniqladi. Radioaktiv moddadan uchib chiqayotgan α - zarrachalarining tezligi 10 m/s atrofida bo`lib, ular ancha katta kinetik energiyaga ega. Rezerford α - zarrachalar yo`liga kichkina yumaloq tirkishli to`sinq qo`yib, tirkishdan α - zarrachalar dastasini qalinligi 1 mkm ga yaqin bo`lgan oltin yaprog`i (folpqa) tomon yo`naltirdi. Rezeford tajribasining sxemasi 4.1-rasmida tasvirlangan. Qo`rg`oshin bo`lagini ichidagi kichik bo`shliqda radioaktiv manba – radiy joylashtirilgan, manbadan barcha



1 – pacm.

2 – pacm.

yo`nalishlarda alpfa zarrachalar chiqadi. Lekin qo`rg`oshindagi tirqish yo`nalishidan boshqa barcha yo`nalishlarda alpfa zarrachalar yutiladi. Tirqishdan chiqqan α -zarrachalar dastasi F oltin folpgaga perpendikulyar ravishda tushadi. Folpgadan o`tgan zarrachalar fluorescentsiyalanuvchi qatlam bilan qoplangan(E) ekranga tushgan nuqtalarda chaqmoqchalar vujudga keladi. Bu chaqmoqchalarni kuzatish asosida α -zarrachalarning folpgadan o`tish jarayonidagi sochilish to`g`risida axborot olindi. Kuzatuvchilarining ko`rsatishicha α -zarrachaning aksariyati o`z yo`nalishlarini o`zgartirmaydi yoki juda kichik burchaklarga og`adi. Lekin zarralarning bir qismi yetarlicha katta burchak-larga og`adi. Xatto orqasiga qaytgan α -zarrachalar ham kuzatilgan (2-rasm). Tajriba natijalarini tushuntirish uchun Rezerford atom tuzulishini quyidagicha faraz qildi: *atomning niyoyat kichik sohasida musbat zaryad joylashgan, uning atrofidiagi atomning barcha sohasi esa manfiy zaryadli elektronlar bulutidan iborat bo`lib, bu elektronlarning to`liq zaryadi musbat zaryadga miqdoran teng.*

Yadroga yaqinroq masofadan o`tayotgan α -zarracha (2-rasmida 1 deb belgilangan) yadrodan uzoqroq masofadan o`tayotgan α -zarracha (rasmida 2 deb belgilangan)ga nisbatan kattaroq burchakka og`adi, chunki α -zarracha bilan yadro orasidagi Kulon itarish kuchi masofaga teskari proporsionaldir. To`ppa to`g`ri yadro tomon kelayotgan alpfa-zarracha (rasmida 3 deb belgilangan) esa kulon kuchi ta`sirida sekinlashib to`xtaydi, so`ng orqasiga qaytadi.

Rezerford yuqorida tajriba natijalari asosida atomning yadro modelini yaratdi. Bu modelga binoan atom markazida musbat zaryadlangan yadro («mag`iz» degan maononi anglatadi) joylashgan. Yadro bilan elektronlar o`zaro ta`sirlashishi natijasida elektronlar yadro atrofida aylana shaklidagi orbitalar bo`ylab aylanma harakat qiladilar. Yadro kuchlari maydoni markazga intilma kuch vazifasini bajaradi. Yadro atrofida aylanayotgan elektron uchun N yutonning III qonuni quyidagi ko`rinishda yozildi:

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{m_e v^2}{r} \quad (18.5)$$

bu yerda v -elektronning orbitadagi tezligi, ye – elektron zaryadi, r - orbita radiusi. Elektronlarning umumiy zaryadi, yadroda musbat zaryadlarning umumiy zaryadiga teng bo`lgani uchun atom elektron zaryadiga ega emas.

Rezerford tajribaga va atom yadro modeliga asoslanib atom zaryadini va o`lchamini aniqlashga muvaffaq bo`ldi. Yadroning zaryadi elektron zaryadiga karrali bo`lib,

$$q = +Ze$$

ekanligi aniqlandi. Bu yerda Z – elementning Mendeleev davriy sistemasidagi tartib raqami. Rezerford ana shu narsaga aniqlik kiritadiki, elementning davriy sistemadagi o`rnii Mendeleev ko`rsatganidek, uning atom massasi bilan emas, balki yadro zaryadi bilan aniqlanadi. Rezerford ayrim elementlarning davriy sistemadagi o`rniga tuzatishlar kiritdi, yaoni ularning tartib raqamlarini o`zgartiradi. Rezerford tadqiqotlari yadro o`lchami (2×10^{-13} sm) ni aniqlashga imkon berdi.

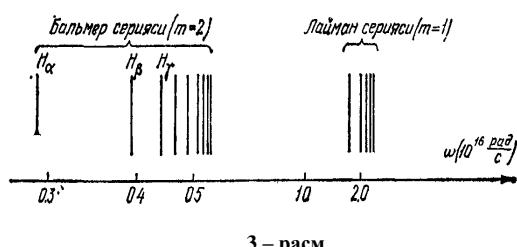
Ammo atom tuzilishi to`g`risidagi Rezerford modeli klassik fizika qonunlari doirasida joylashmaydi. Bu model yadro atrofida aylanayotgan elektronning

orbitasi nima sababdan turg`un ekanligiga ham javob bera olmaydi. Elektron yadro atrofida aylanar ekan maolum tezlanishga ega bo`ladi, shuning uchun atomdan elektromagnit nurlanish chiqib turishi kerak. Bunday nurlanish energiyaning uzlusiz kamayib borishi bilan birgalikda sodir bo`lganidan, elektron spiralp bo`ylab harakatlanib, asta – sekin yadroga yaqinlashib borishi va oxiri yadroga tushushi lozim. Elektron yadroga yaqinlashagan sari, elektronning aylanish chastotasi shu bilan birga elektromagnit nurlanish chastotasi ham uzlusiz o`zgara borishi kerak. Bu klassik fizika nuqtai nazaridan atom tutash nurlanish spektrini beradigan **turg`unmas** (uzoq yashamaydigan) sistemadan iborat degan fikrni tug`diradi. Ma'lumki, bunday hol kuzatilmaydi, atom turg`unligicha qoladi. Atom sochilayotgan yorug`lik spektri ham uzlusiz bo`lmay, balki chiziqlidir. Bunday chiziqli spektrga misol qilib vodorod atomi spektrini olish mumkin. Atomlar spektri nima sababdan chiziqli bo`lishini ham Rezerford atom yadro modeli tushuntirib bera olmaydi. Demak, klassik mehanika va elektrodinamikaga asoslanib yaratilgan Rezerford atom nazariyasi atom ichida sodir bo`ladigan jarayonlarni tushuntirishga ojiz ekan. Shundan keyin daniyalik fizik Nilps Bor M. Plankning kvant energiyasi haqidagi taolimotini va tajribada kuzatilgan vodorod atomi spektral seriyalarini o`rganib, atom tuzilishining yangi nazariyasini yaratdi.

Atom tuzilishini o`rganishda 1860 yilda nemis olimlari G.Kirxgof (1824-1887) va R.Bunzen (1840-1898)lar tomonidan yaratilgan spektral analiz usuli muhim rol p`ynaydi.

1885 yilda Shveytsariyalik mакtab fizika o`qituvchisi Balpmmer ko`zga ko`rinadigan sohada vodorod atomining spektral chiziqlarining joylashish vaziyatida maolum qonuniyat borligini sezdi. Balpmerning aniqlashicha, to`lqin uzunkilik kamayishi bilan ular orasidagi masofa ham kamayib borar ekan.

Vodorod atomi nurlanishning spektrini o`rganish natijasida spektrdagи chiziqlar tartibsiz emas, balki gruhlar tarzida (bu guruhlarni chiziqlar seriyalari deb atash odad bo`lgan) maolum qonuniyat bilan joylashganligi aniqlanadi. 4.3-rasmda vodorod atomi spektrining ko`rinuvchan va ul trabinafsha qismlari tasvirlangan.



(18.6)

Vodorod atomi spektridagi barcha chiziqlar chastotalarini quyidagi umumiylashgan Balpmmer formulasi bilan ifodalasa bo`ladi:

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

(18.6) formuladagi R – Ridberg doimiysi deb ataladi, uning qiymati $2,07 \cdot 10^2$ rad/s ga teng. m ning qiymati esa Layman seriyasi uchun 1, Balpmmer seriyasi uchun 2, Pashen seriyasi uchun 3, Breket seriyasi uchun 4, Pfund seriyasi uchun 5 ga teng. Ayrim seriyalardagi chiziqlarning chastotalari (4.2) ifodaga $n=mQ_1; mQ_2; mQ_3; \dots$ qiymatlarni qo`yish natijasida vujudga keltiriladi. Masalan, Balpmmer

seriyasi uchun $m=2$. Shuning uchun $n=3;4;5;\dots\dots$ Qiymatlarda mos ravishda 4.3-rasmda tasvirlangan N_α , N_β , N_γ chiziqlarning chastotalari hosil bo`ladi. N_α chiziq qizilga rangga ega, N_β chiziq havo rang, N_γ chiziq ko`k rangga mos keladi. Bu serianing qolgan qismlari spektrning ul trabinafsha qismida yotadi.

Atomlarning nurlanish (va nur yutish) spektrlarining chiziqli xarakteri atomning energiyani istalgan miqdorda emas, balki aniq portsiyalar-kvantlardagina chiqarishini yoki yutishini bildiradi. Bundan shu kelib chiqadiki, atom aniq (diskret) energetik holatlardagina bo`la oladi; atom bir energetik holatdan boshqa energetik holatga o`tishda boshlang`ich va oxirgi holatlardagi energiyalarning ayirmasiga teng kvant energiyani nurlantirishi yoki yutishi mumkin.

Atomning energetik holatlarining diskretligi to`g`risidagi tasavvurga tayanib, N.Bor 1913 yilda Rezerfordning atom modeliga o`sha vaqtida tajribada kuzatilgan vodorod atomi spektri va nurlanish kvanti tushunchalarini mohirlik bilan umumlashtirib, atomning yangi nazariyasini yaratdi. Bor bu nazariyani yaratishda absolyut qora jismning nurlanishini tushuntirib bergan Plankning energiya kvanti haqidagi gipotezasini atomdagagi elektronlarga tadbiq etib, elektronlar ixtiyoriy orbitalarda aylanmasdan faqat ruxsat etilgan orbitalar bo`yicha aylanadilar degan xulosaga keldi. Bunday xulosa natijasida u atom spektrining chiziqli bo`lishi sababini osongina tushuntirib berdi. Bundan tashqari, Bor elektronning ruxsat etilgan orbitalar radiuslarining ham qanday aniqlanishi topdi. Bor o`zining atom nazariyasiga isbotsiz qabul qilinuvchi uch postulotni asos qilib oldi. Bu postulotlar quyidagicha taoriflanadi.

I postulat. Atom yetarlicha uzoq vaqt turg`un holatlarda bo`lishi mumkin, bu holatlardagi atom enegriyasingin qiyatlari W_1 , W_2 , W_3,\dots,W_n diskret qatorni tashkil etadi. Atom ana shu turg`un holatlarini birida bo`lishi mumkin xolos. Atomning turg`un holatiga elektronning tur-g`un orbitalarda aylanishi mos keladi. Elektronlar turg`un orbitalarday aylanganda atom yorug`lik sochmaydi va yutmaydi.

II postulat. Atomdagagi elektron ixtiyoriy orbitalar bo`ylab aylanmasdan impuls momenti Plank doimiysiga karrali bo`lgan orbitalar bo`ylab aylanadilar:

$$L_n = m_e \nu r_n = n \hbar \quad (18.7)$$

bu yerda $n=1,2,3,\dots$, qiyatlarni oladi. U elektronning orbita tartib raqamini ko`rsatadi, m_e - elektronning massasi, ν -elektronning orbita bo`ylab harakatidagi chiziqli tezligi, r_n - orbita radiusi, $\hbar=h/2\pi=1,055 \cdot 10^{-34}$ J·s.

III postulat. Atom energiyasi W_n bo`lgan bir turg`un holatdan energiyasi W_m bo`lgan ikkinchi turg`un holatga o`tganda energyaning bitta kvanti chiqariladi yoki yutiladi. Bu kvantring chastotasi quyidagi

$$\omega = \frac{W_n - W_m}{\hbar} \quad (18.8)$$

munosabat bilan aniqlanadi. $W_m < W_n$ shart bajarilsa, kvant nurlantiriladi, $W_m > W_n$ bo`lganda esa kvant yutiladi.

Elektron yuqori orbitadan quyi orbitaga tushsa, atom yorug`lik kvanti sochadi. Elektron kuyi orbitadan yuqori orbitaga chiqishi uchun esa tashqaridan yorug`lik kvanti yutadi.

Masalan, elektron energiyasi katta bo`lgan 2 – orbitadan, energiyasi kichik bo`lgan 1 - orbitaga tushganda atomdan sochilgan yorug`lik kvanti energiyasi elektronni orbitadagi energiyalarining ayirmasiga teng:

$$h\nu = W_2 - W_1$$

$$\text{sochilgan yorug`lik chastotasi } \nu = \frac{W_2 - W_1}{h} \text{ bo`ladi.}$$

Bor nazariyasiga ko`ra vodorod atomi spektri

Vodorod atomida zaryadi ye ga ega bo`lgan yadro, yaoni proton atrofida bitta elektron harakatlanadi. Vodorod elektroni radiusi r_n bo`lgan orbitada tutib turuvchi markazga intilma kuch va elektron bilan yadroning o`zaro tortishidagi Kulon kuchidan iboratdir, yaoni :

$$\frac{m_e v^2}{r_n} = \frac{e^2}{4\pi \epsilon_0 r_n^2} \quad (18.9)$$

bunda m_e - elektron massasi, v - uning tezligi. Bu elektronning impulps momenti esa, orbitaning kvantlash qoidasiga asosan, (18.9) shartni qanoatlantirishi kerak. (18.3) va (18.5) ifodalarni birgalikda yechsak, vodorod atomidagi elektron uchun turg`un orbitalarning radiuslari

$$r_n = \frac{4\pi \epsilon_0 \hbar^2}{m_e e^2} n^2 \quad (18.10)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Bundagi n - asosiy kvant son deb ataladi va u 1,2,3... musbat sonlarga teng bo`ladi.

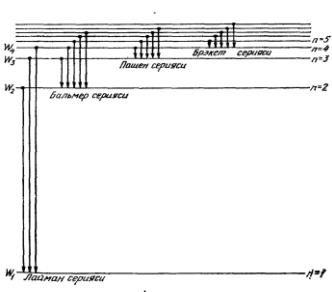
Bu orbitalarga mos keluvchi turg`un holatlarda vodorod atomining to`liq energiyasi elektronning kinetik energiyasi va elektronning yadro bilan o`zaro ta`sir energiyalarining yig`indisidan iborat:

$$W_n = \frac{m_e v^2}{2} - \frac{e^2}{4\pi \epsilon_0 r_n} \quad (18.11)$$

Ikkinchini tomondan (18.5) ifodaning ikkala tomonini $\frac{r_n}{2}$ ga ko`paytirsak, u

$\frac{m_e v^2}{2} = \frac{e^2}{8\pi \epsilon_0 r_n}$ ko`rinishga keladi. Bundan foydalanib (18.12)-ni quyidagicha yozamiz:

$$W_n = \frac{e^2}{8\pi \epsilon_0 r_n} - \frac{e^2}{4\pi \epsilon_0 r_n} \quad (18.12)$$



(18.12) ifodadagi r_n o`rniga uning (18.6) bilan aniqlanuvchi qiymatini qo`ysak, vodorod atomining turg`un holatlarini xarakterlovchi energetik sathlarning qiymatlarini hisoblash imkonini beradigan quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$W_n = -\frac{m_e e^4}{32\pi^2 \epsilon_0 \hbar^2 n^2}; \quad (n=1,2,3,\dots) \quad (18.12)$$

bu ifodani Gauss birliklar sistemasi bo`yicha hisoblasak

$$W_n = -\frac{m_e e^4}{2\hbar n^2}; \quad (n=1,2,3,\dots) \quad (18.13)$$

ixcham ko`rinishga keladi. Bu formula yordamida hisoblangan energetik sathlari 4-rasmida gorizontal chiziqlar shaklida tasvirlangan. Vodorod atomining normal turg`un holatida elektron eng quyi energetik sathda yaoni asosiy kvant son $n = 1$ qiymatiga mos keladigan sathda joylashgan bo`ladi. Agar atomga tashqaridan biror energiya berilsa, elektron $n = 2; 3; 4; \dots$ qiymatlariga mos bo`lgan energetik sathlarning birortasiga ko`tariladi. Atomning bu holatlarini uyg`ongan holatlar deb ataladi. Uyg`ongan holatdan normal holatga qaytayotgan atom elektromagnit nurlanish kvantini chiqaradi. Agar elektron $n = 4$ bilan xarakterlanuvchi holatda bo`lsa, u normal ($n = 1$) holatga birdaniga yoki $n = 3; 2$ holatlar orqali ham qaytishi mumkin. Lekin har o`tishda nurlanadigan fotonning energiyasi boshlang`ich va oxirgi sathlar energiyalarining farqiga teng bo`ladi. Shu tariqa Bor nazariyasi vodorod spektridagi seriyalarning fizik maonosini oydinlashtirdi. Bundan tashqari Bor nazariyasi Ridberg doimiyini ham hisoblash imkonini berdi; vodorod atomi n holatdan m holatga o`tishida nurlanadigan elektromagnit to`lqin chastotasi

$$\omega = \frac{W_n + W_m}{\hbar} = \frac{m_e e^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^3} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (18.14)$$

bo`ladi. Bu ifodani umumlashgan Balomer formulasi bilan solishtirsak, Ridberg doimiysi

$$R = \frac{m_e e^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^3} \quad (18.15)$$

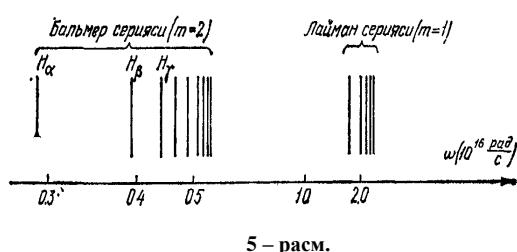
ekanligini topamiz. (18.15) ga kiruvchi barcha doimiylar qiymatlarini qo`ysak, hosil bo`lgan kattalik Ridberg doimiysining tajribada topilgan qiymatiga juda mos keladi.

Lekin Bor nazariyasi spetkral chiziqlar intensivli-gini hisoblashda ojizlik qiladi. Ikkinci kamchiligi, vodorodsimon atomlar (yaoni yadrosining zaryadi QZe, lekin bittagina elektroni bo`lgan ionlar, masalan: Ne^Q, Li^{QQ}, Be^{QQQ} va x.k.)dan tashqari birorta ham atomning qonuniyatlarini mutlaqo tushuntira olmaydi. Buning boisi shundaki, Bor nazariyasi yarim klassik, yarim kvant nazariyadan iboratdir. Lekin Bor nazariyasi atom fizikasi fanining rivojida katta rolo o`ynaydi, yaoni mikro dunyo hodisalariga klassik fizika qonunlarini qo`llash mumkin emasligini ko`rsatdi.

Atom tuzilishini o`rganishda 1860 yilda nemis olimlari G.Kirxgof (1824-1887) va R.Bunzen (1840-1898)lar tomonidan yaratilgan spektral analiz usuli muhim rol o`ynaydi.

1885 yilda Shveytsariyalik məktəb fizika o`qituvchisi Balmer ko`zga ko`rinadigan sohada vodorod atomining spektral chiziqlarining joylashish vaziyatida maolum qonuniyat borligini sezdi. Balpmerning aniqlashicha, to`lqin uzunlikni kamayishi bilan ular orasidagi masofa ham kamayib borar ekan.

Vodorod atomi nurlanishning spektrini o`rganish natijasida spektrdagи chiziqlar tartibsiz emas, balki gruhlar tarzida (bu guruhlarni chiziqlar seriyalari deb atash odat bo`lgan) maolum qonuniyat bilan joylashganligi aniqlanadi. 4.3-rasmda vodorod atomi spektrining ko`rinuvchan va ul trabinafsha qismlari tasvirlangan.



Vodorod atomi spektridagi barcha chiziqlar chastotalarini quyidagi umumiylashgan Balpmer formulasi bilan ifodalasa bo`ladi:

$$\omega = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (18.16)$$

(18.16) formuladagi R – Ridberg doimiysi deb ataladi, uning qiymati $2,07 \cdot 10^2$ rad/s ga teng. m ning qiymati esa Layman seriyasi uchun 1, Balpmer seriyasi uchun 2, Pashen seriyasi uchun 3, Breket seriyasi uchun 4, Pfund seriyasi uchun 5 ga teng. Ayrim seriyalardagi chiziqlarning chastotalari (4.2) ifodaga $n=mQ_1; mQ_2; mQ_3; \dots$ qiymatlarni qo`yish natijasida vujudga keltiriladi. Masalan, Balpmer seriyasi uchun $m=2$. Shuning uchun $n=3; 4; 5; \dots$ Qiymatlarda mos ravishda 5-rasmda tasvirlangan $N_\alpha, N_\beta, N_\gamma$ chiziqlarning chastotalari hosil bo`ladi. N_α chiziq qizilga rangga ega, N_β chiziq havo rang, N_γ chiziq ko`k rangga mos keladi. Bu serianing qolgan qismlari spektrning ul trabinafsha qismida yotadi.

Atomlarning nurlanish (va nur yutish) spektrlarining chiziqli xarakteri atomning energiyani istalgan miqdorda emas, balki aniq portsiyalar-kvantlardagina chiqarishini yoki yutishini bildiradi. Bundan shu kelib chiqadiki, atom aniq (diskret) energetik holatlardagina bo`la oladi; atom bir energetik holatdan boshqa energetik holatga o`tishda boshlang`ich va oxirgi holatlardagi energiyalarning ayirmasiga teng kvant energiyani nurlantirishi yoki yutishi mumkin.

Atomning energetik holatlarining diskretligi to`g`risidagi tasavvurga tayanib, N.Bor 1913 yilda Rezerfordning atom modeliga o`sha vaqtida tajribada kuzatilgan vodorod atomi spektri va nurlanish kvanti tushunchalarini mohirlik bilan umumlashtirib, atomning yangi nazariyasini yaratdi. Bor bu nazariyani yaratishda absolyut qora jismning nurlanishini tushuntirib bergen Plankning energiya kvanti haqidagi gipotezasini atomdagi elektronlarga tadbiq etib, elektronlar ixtiyoriy orbitalarda aylanmasdan faqat ruxsat etilgan orbitalar bo`yicha aylanadilar degan xulosaga keldi. Bunday xulosa natijasida u atom spektrining chiziqli bo`lishi sababini osongina tushuntirib berdi. Bundan tashqari, Bor elektronning ruxsat etilgan orbitalar radiuslarining ham qanday aniqlanishni topdi. Bor o`zining atom nazariyasiga isbotsiz qabul qilinuvchi uch postulotni asos qilib oldi. Bu postulotlar quyidagicha taoriflanadi.

I postulat. Atom yetarlicha uzoq vaqt turg`un holatlarda bo`lishi mumkin, bu holatlardagi atom enegriyasining qiymatlari $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$ diskret qatorni tashkil etadi. Atom ana shu turg`un holatlarini birida bo`lishi mumkin xolos. Atomning turg`un holatiga elektronning tur-g`un orbitalarda aylanishi mos keladi. Elektronlar turg`un orbitalarday aylanganda atom yorug`lik sochmaydi va yutmaydi.

II postulat. Atomdagi elektron ixtiyoriy orbitalar bo`ylab aylanmasdan impulps momenti Plank doimiysiga karrali bo`lgan orbitalar bo`ylab aylanadilar:

$$L_n = m_e v r_n = n \hbar \quad (18.17)$$

bu yerda $n=1,2,3,\dots$, qiymatlarni oladi. U elektronning orbita tartib raqamini ko`rsatadi, m_e - elektronning massasi, v -elektronning orbita bo`ylab harakatidagi chiziqli tezligi, r_n - orbita radiusi, $\hbar=h/2\pi=1,055 \cdot 10^{-34}$ J·s.

III postulat. Atom energiyasi W_n bo`lgan bir turg`un holatdan energiyasi W_m bo`lgan ikkinchi turg`un holatga o`tganda energiyaning bitta kvanti chiqariladi yoki yutiladi. Bu kvantning chastotasi quyidagi

$$\omega = \frac{W_n - W_m}{\hbar} \quad (18.18)$$

munosabat bilan aniqlanadi. $W_m < W_n$ shart bajarilsa, kvant nurlantiriladi, $W_m > W_n$ bo`lganda esa kvant yutiladi.

Elektron yuqori orbitadan quiy orbitaga tushsa, atom yorug`lik kvanti sochadi. Elektron kuyi orbitadan yuqori orbitaga chiqishi uchun esa tashqaridan yorug`lik kvanti yutadi.

Masalan, elektron energiyasi katta bo`lgan 2 – orbitadan, energiyasi kichik bo`lgan 1 – orbitaga tushganda atomdan sochilgan yorug`lik kvanti energiyasi elektronni orbitadagi energiyalarining ayirmasiga teng:

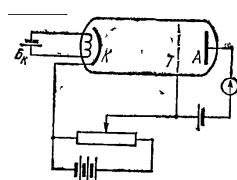
$$h\nu = W_2 - W_1$$

$$\text{sochilgan yorug`lik chastotasi } \nu = \frac{W_2 - W_1}{h} \text{ bo`ladi.}$$

D.Frank va G.Gerts tajribasi

Nemis fiziklari D.Frank va G.Gerts tomonidan 1914 yilda amalga oshirilgan tajriba atomdagи turg`un holatlarni, yaoni diskret energetik sathlarning mavjudligini tasdiqladi. Bu tajribaning sxemasi 6-rasmida tasvirlangan. Bunda havosi surib olingan shisha idish ichiga 13Pa bosim ostida simobning bug`lari qamalib, idishning ikki chetiga katod (K) va anod (A) joylashtirilgan. Katod bilan Anod orasiga metall to`r (T) elektrod o`rnatalган.

Qizdirilgan katoddan uchib chiqqan termoelektronlar katod bilan to`r oralig`idagi elektr maydon ta`sirida tezlatiladi. Katod va to`r orasidagi potentsiallar farqi U bo`lsa, to`rdan o`tayotgan elektronning energiyasi yeU bo`ladi. To`r bilan anod orasiga elektronlarni to`xtatuvchi uncha katta



6 – пасм.



bo`lmagan (-0,5V) Ug manfiy kuchlanish beriladi. Agar elektron katod va to`r oralig`ida

simob atomi bilan noelastik to`qnashmasa, u bemalol bu kuchsiz maydonni yengib anodga yetib keladi. Aksincha, simob atomi bilan noelastik to`qnashsa energiyasini yo`qotgan elektron to`xtatuvchi maydonni yenga olmaydi va to`rga tushadi. Elektronlar simob atomlari bilan noelastik to`qnashgan vaqtida atomlar qo`zg`algan holatga

o`tadi. Bor atom nazariyasiga ko`ra har bir atom maolum bir qo`zg`algan holatga o`tishi uchun u aniq bir qiymatga ega bo`lgan energiya olishi kerak. Buning natijasida atom bilan noelas-tik to`qnashgan elektronlarning energiyasi bir tekisda kamaymasdan, diskret holda yoki boshqacha aytganda meoyerlangan holda aniq bir energiya bo`lagi miqdorigacha o`zgarishi kerak. To`rga tushayotgan elektronlar qanchalik ko`p bo`lsa, anod zanjiriga ulangan galpvonametr qayd qilayotgan tok shunchalik kamayib ketadi. Tezlatuvchi potentsial U ning qiymati reostat yordamida o`zgartilishi mumkin. U ning qiymatiga bog`liq ravishda anod tokining o`zgarishini ifodalovchi egri chiziq 6-rasmida tasvirlangan. Grafikdan ko`rinib turibdiki, anod toki potentsial 4,9V ga yetgancha bir tekis ortib boradi va keyin birdaniga kamayib ketadi. So`ngra 98V va 14,7V potentsiallarda ham anod tokining maksimumlari kuzatiladi. Anod tokini 49V, 98V va 14,7V potentsiallarda keskin kamayib ketishiga energiyasi 4,9eV, 2·4,9 eV va 3·4,9 eV bo`lgan elektronlarni simob atomlari bilan noelastik to`qnashishi sabab bo`ladi.

Frank va Gertslarning bu tajribasi atomlar energiyasi uzlusiz holda emas, balki diskret holda o`zgarishini ko`rsatib, Bor atom nazariyasingin to`g`rilingini tasdiqladilar. Endi anod toki maksimumlarini hosil bo`ish jarayonini to`liqroq ko`rib o`taylik. Elektronlar energiyasi 4,9eV ga yetguncha simob atomlari bilan elastik to`qnashadi, biroq bunday to`qnashuvda elektronlarning energiyasi o`zgarmaydi. Shuning uchun kuchlanish 4,9Vga yetguncha anodga kelayotgan elektronlar soni ortib boradi, bu esa anod tokni ortishiga sabab bo`ladi. T-to`rdagi kuchlanish 4,9Vga yetganda elektronlar 4,9eV energiyaga ega bo`ladi, bunday energiyali elektronlar simob atomi bilan noelastik to`qnashadi, yaoni atomga urilgan elektron atomdagи elektronni kichikroq energiyali orbitadan kattaroq energiyali orbitaga o`tkazib, energiyasining ko`p qismini atomga beradi. Energiyasi kamaygan bunday elektronlar anodgacha yetib bora olmaydi, ularni to`r ushlab qoladi. Natijada anod toki keskin kamayadi. Kuchlanishni yana ortira borsak, anod toki ham yana ortib boradi, kuchlanish 2·4,9 Vga yetganda, yana elektronlarni atomlar bilan noelastik to`qnashishi sodir bo`ladi, natijada anod toki yana birdaniga kamayadi. Bunday hol keyingi 3·4,9 V va x.k. kuchlanishlarda ham sodir bo`ladi.

Vodorod atomida zaryadi ye ga ega bo`lgan yadro, yaoni proton atrofida bitta elektron harakatlanadi. Vodorod elektroni radiusi r_n bo`lgan orbitada tutib turuvchi markazga intilma kuch va elektron bilan yadroning o`zaro tortishidagi Kulon kuchidan iboratdir, yaoni :

$$\frac{m_e v^2}{r_n} = \frac{e^2}{4\pi \epsilon_0 r_n^2} \quad (18.19)$$

bunda m_e - elektron massasi, v - uning tezligi. Bu elektronning impulps momenti esa, orbitanining kvantlash qoidasiga asosan, (18.19) shartni qanoatlantirishi kerak.

(4.3) va (4.5) ifodalarni birgalikda yechsak, vodorod atomidagi elektron uchun turg`un orbitalarning radiuslari

$$r_n = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{m_e e^2} n^2 \quad (18.20)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Bundagi n - asosiy kvant son deb ataladi va u 1,2,3... musbat sonlarga teng bo`ladi.

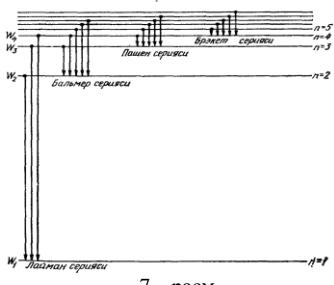
Bu orbitalarga mos keluvchi turg`un holatlarda vodorod atomining to`liq energiyasi elektronning kinetik energiyasi va elektronning yadro bilan o`zaro ta`sir energiyalarining yig`indisidan iborat:

$$W_n = \frac{m_e v^2}{2} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_n} \quad (18.21)$$

Ikkinchi tomondan (18.21) ifodaning ikkala tomonini $\frac{r_n}{2}$ ga ko`paytirsak, u

$$\frac{m_e v^2}{2} = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r_n} \text{ ko`rinishga keladi. Bundan foydalanib (4.7)ni quyidagicha yozamiz:}$$

$$W_n = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r_n} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_n} \quad (18.22)$$



7 - pacm.

$$W_n = -\frac{m_e e^4}{32\pi^2 \epsilon_0 \hbar^2 n^2}; \quad (n=1,2,3,\dots) \quad (18.23)$$

bu ifodani Gauss birliklar sistemasi bo`yicha hisoblasak

$$W_n = -\frac{m_e e^4}{2\hbar n^2}; \quad (n=1,2,3,\dots) \quad (18.24)$$

ixcham ko`rinishga keladi. Bu formula yordamida hisoblangan energetik sathlari 4.6-rasmida gorizontal chiziqlar shaklida tasvirlangan. Vodorod atomining normal turg`un holatida elektron eng quyi energetik sathda yaoni asosiy kvant son $n = 1$ qiyamatiga mos keladigan sathda joylashgan bo`ladi. Agar atomga tashqaridan biror energiya berilsa, elektron $n = 2; 3; 4; \dots$ qiyatlariga mos bo`lgan energetik sathlarning birortasiga ko`tariladi. Atomning bu holatlarini uyg`ongan holatlar deb ataladi. Uyg`ongan holatdan normal holatga qaytayotgan atom elektromagnit nurlanish kvantini chiqaradi. Agar elektron $n = 4$ bilan xarakterlanuvchi holatda bo`lsa, u normal ($n = 1$) holatga birdaniga yoki $n = 3; 2$ holatlar orqali ham qaytishi mumkin. Lekin har o`tishda nurlanadigan fotonning energiyasi boshlang`ich va oxirgi sathlar energiyalarining farqiga teng bo`ladi. Shu tariqa Bor nazariyasi vodorod spektridagi seriyalarning fizik maonosini oydinlashtirdi. Bundan tashqari

(18.22) ifodadagi r_n o`rniga uning (18.21) bilan aniqlanuvchi qiymatini qo`ysak, vodorod atomining turg`un holatlarini xarakterlovchi energetik sathlarning qiymatlarini hisoblash imkonini beradigan quyidagi ifodani hosil qilamiz:

Bor nazariyasi Ridberg doimiysi ham hisoblash imkonini berdi; vodorod atomi n holatdan m holatga o`tishida nurlanadigan elektromagnit to`lqin chastotasi

$$\omega = \frac{W_n + W_m}{\hbar} = \frac{m_e e^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^3} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (18.25)$$

bo`ladi. Bu ifodani umumlashgan Balomer formulasi bilan solishtirsak, Ridberg doimiysi

$$R = \frac{m_e e^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^3} \quad (18.26)$$

ekanligini topamiz. (18.26) ga kiruvchi barcha doimiyalar qiymatlarini qo`ysak, hosil bo`lgan kattalik Ridberg doimiysining tajribada topilgan qiymatiga juda mos keladi.

Lekin Bor nazariyasi spetkral chiziqlar intensivli-gini hisoblashda ojizlik qiladi. Ikkinci kamchiliqi, vodorodsimon atomlar (yaoni yadroining zaryadi QZe, lekin bittagina elektroni bo`lgan ionlar, masalan: Ne^Q, Li^{QQ}, Be^{QQQ} va x.k.)dan tashqari birorta ham atomning qonuniyatlarini mutlaqo tushuntira olmaydi. Buning boisi shundaki, Bor nazariyasi yarim klassik, yarim kvant nazariyadan iboratdir. Lekin Bor nazariyasi atom fizikasi fanining rivojida katta rolo o`ynaydi, yaoni mikro dunyo hodisalariga klassik fizika qonunlarini qo`llash mumkin emasligini ko`rsatdi.

1903-yilda ingliz olimi Dj. Tomson to`plangan tajriba ma`lumotlariga asoslanib, birinchi atom modelini yaratishga muvofiq bo`ldi. Unga binoan atom radiusi 10^{-10} m li uzlusiz, bir tekis zaryadlangan shardan iborat bo`lib, uning ichida elektronlar o`zlarining muvozanat vaziyatlari atrofida tebranib turadi. Bunda elektronlarning yig`indi zaryadi sharning musbat zaryadiga son jihatdan teng. Shu sababli atom elektroneytral zarra sifatida namoyon bo`ladi. Lekin keyinchalik atom ichida uzlusiz musbat zaryad taqsimoti haqidagi tasavvurlar noto`g`ri ekanligi isbot qilindi.

Ingliz olimi E. Rezerford α – zarralarning moddada sochilishini o`rganib, atomning tuzilishi haqida Tomson modelidan prinsip jihatdan farq qiluvchi mutlaqo yangi xulosalarga keldi. Moddalarning radioaktiv almashinuvida α – zarrachalar hosil bo`ladi. Ular 2/e musbat zaryadga ega, massasi esa elektron zaryadidan 7300 marta katta bo`lgan zarrachalardir.

Rezerford α – zarralarning modda (qalinligi 1 mkm bo`lgan yupqa oltin folga) dan o`tishini kuzatib, α – zarralarning asosiy qismi o`z yo`nalishini juda oz (sezilarsiz) o`zgartirganini, qolgan qismi (har 20 000 tadan bittasi) esa yo`nalishini keskin o`zgartirganini (burilish burchagi hatto 180° gacha borganligini) ko`rsatdi. Albatta, elektronlar nisbatan juda og`ir, katta tezlikli α – zarrachalarning harakatini u qadar o`zgartirishga qodir emas. Shuning uchun Rezerford α – zarralarning keskin burilishiga ularning katta massali musbat zaryad bilan o`zaro ta`sirlashuvi sababchi bo`ladi deb, xulosaga keldi. Lekin juda oz sondagi α – zarrachalarda bunday hol kuzatiladi. Demak, faqat o`shalargina musbat zaryad yonidan o`tishadi. Bundan esa musbat zaryadning atom ichidagi juda kichik bir hajm (nuqta) da joylashgani kelib chiqadi.

O`zining tadqiqotlari asosida 1911 - yilda Rezerford atomning yadroviy (planetar) modelini ilgari surdi. Bu modelga asosan musbat **Ze** (**Z** – elementning Mendeleyev davriy sistemasidagi tartib raqami, **e** – elementar zaryad) zaryadli yadro atrofida berk orbitalarda atomning elektron qobig`ini hosil qilib elektronlar harakatlanadilar. Yadroning o`lchami 10^{-15} - 10^{-14} m, massasi esa amalda atom massasiga teng. Atomning o`lchami esa 10^{-10} m ni tashkil qiladi. Atom elektroneytrall bo`lishini e`tiborga olsak, yadro zaryadi bilan elektronlarning yig`indi zaryadi o`zaro teng degan xulosaga kelamiz. Undan esa yadroning atrofida **Z** dona elektron r orbita bo`ylab aylanishi ma`lum bo`ladi. Kulon kuchi ta`siri ostida elektron markazga intilma tezlanish oladi. Nyutronning ikkinchi qonuniga binoan:

$$\frac{Zee}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{m_e g^2}{r}$$

bunda m_e va g - r radiusli orbitadagi elektronning massasi va tezligi.

Bu tenglamada ikkita no`malum bo`lgani uchun r radius va unga mos keluvchi g tezlikning (va demakki YE energiyaning) juda ko`p yechimlari mavjud bo`ladi, ya`ni bu miqdorlar uzlusiz ravishda o`zgarishi mumkin. Unda atomlarning spektri tutash bo`ladi. Amalda esa tajribalar atomlarning spektri chiziqli ekanligini ko`rsatadi. Yuqoridaq tenglama bo`yicha, $r \approx 10^{-8}$, $g \approx 10^6 \text{ m/s}$ bo`lsa elektron $g^2 / r = 10^{22} \text{ m/s}^2$ tezlanish oladi, elektrodinamika qonuniga ko`ra tezlanish bilan harakat qilayotgan har qanday zaryad (xususan elektron) o`zidan elektromagnit to`lqinlar chiqaradi va energiyasini uzlusiz yo`qotib boradi. Bu xolda elektron yadroga yaqinlashib, oqibatda unga qulab tushadi. Shunday qilib, Rezerford modeli atomni mo`rt tizim holatida ifodalaydi. Bu fakt ham haqiqatga ziddir. Klassik fizika doirasida atom modelini yaratishga bo`lgan intilish besamar yakunlandi. Tomson modeli Rezerford tajribalari bilan rad qilindi. Yadroviy model esa elektrodinamika jihatda mo`rt bo`lib chiqdi va tajriba natijalariga zid oqibatlar keltirib chiqardi. Bu qiyinchiliklarni bartaraf qilish uchun mutlaqo yangi prinsiplarga asoslangan kvant fizikasi hamda va unga muvofiq keluvchi atom nazariyasi yaratildi.

Vodorod atomining spektri uchun Bor nazariyasi

Vodorodsifat atomdagi elektronlarning aylanaviy statsionar orbitalardagi xarakatini ko`rib chiqamiz.

$$m_e g^2 / r = Ze^2 / (4\pi\varepsilon_0 r^2) \quad m_e g^2 / r = n \hbar$$

tenglamalarni birgalikda yechib, n – statsionar orbitaning radiusi uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$r_n = n^2 \frac{\hbar^2 \cdot 4\pi\varepsilon_0}{m_e Ze^2}$$

bunda $n = 1, 2, 3, \dots$. Bu tenglamadan orbita radiuslarining butun son kvadratiga proporsional tarzda oshishi ma`lum bo`ladi.

Vodorod atomi ($Z=1$) uchun $n=1$ bo`lganda elektronning birinchi orbita radiusi - u Borning birinchi radiusi deb yuritiladi va quyidagiga teng

$$r_1 = a = \frac{\hbar^2 4\pi \epsilon_0}{m_e e^2} = 0,528 \cdot 10^{-10} m = 52,8 nm$$

Vodorodsifat atomlardagi elektronning to`liq energiyasi uning kinetik energiyasi ($m_e g^2 / 2$) va potensial energiyasi ($-Ze^2 / (4\pi\epsilon_0 r)$) ning yig`indisidan iborat bo`ladi:

$$E = \frac{m_e g^2}{2} - \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

bunda $m_e g^2 / 2 = \frac{1}{2} Ze^2 / (4\pi\epsilon_0 r)$ ekanligi e`tiborga olingan. Kvantlangan n – statsionar orbita uchun elektron faqat ruxsat etilgan quyidagi diskret energiya qiymatlarni qabul qila oladi:

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \cdot \frac{Z^2 m_e e^4}{8\hbar^2 \epsilon_0^2} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

bundagi minus ishora elektronning bog`liq holatda ekanligini bildiradi.

Atomning energetik holati n ga bog`liq holda o`zgaruvchan energetik sathlar ketma – ketligini hosil qiladi. Atomning energetik sathini aniqlab beruvchi butun son – n bosh kvant soni deb aytildi. $n = 1$ holdagi energetik holat asosiy (normal) holat, $n > 1$ dagisi esa uyg`otilgan holat hisoblanadi.

Atomning asosiy holatiga mos keluvchi energetik sathni asosiy (normal), barcha qolganlarini esa uyg`otilgan sath deb yuritiladi.

Vodorod atomidagi mumkin bo`lgan energetik sathlar 8 – rasmda keltirilgan.

Vodorod atomi, $n = 1$ bo`lganda minimal ($E_1 = -13,55$ eV) energiyaga, $n = \infty$ bo`lganda esa maksimal ($E_\infty = 0$) energiyaga ega bo`ladi. Shuning uchun $E_\infty = 0$ qiymat atomning ionlanish (ya`ni, undan elektronning ajralib chiqishi) holiga mos keladi.

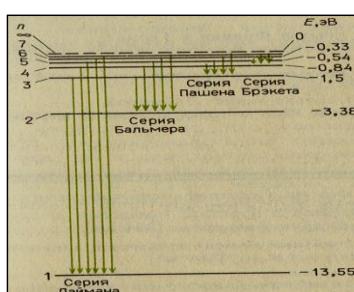
Borning ikkinchi postulatiga ko`ra:

$$h\nu = E_n - E_m = -\frac{m_e e^4}{8\hbar^2 \epsilon_0^2} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

bundan, nurlanish chastotasi

$$\nu = \frac{m_e e^4}{8\hbar^2 \epsilon_0^2} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

bunda $R = m_e e^4 / (8\hbar^2 \epsilon_0^2)$



8- rasm

Bor nazariyasi atom fizikasining rivojida ulkan qadam bo`ldi, u kvant mexanikasining buniyod bo`lishida muhim bosqich sanaladi. Lekin bu nazariya ichki ziddiyatlarga ega, chunki u bir tomonidan klassik fizika qonunlarini qo`llaydi, lekin ayni paytda o`zi kvant postulatlariga asoslanadi. U vodorod va vodorodsifat atomlarini asoslab berdi, spektral chiziqlarga mos tushuvchi chastotalarni hisoblab ko`rsatdi. Ammo ulardagagi intensivlik qanday bo`lishini va yoki turli o`tishlar nima sababdan sodir bo`lishini tushuntira olmadi. Ayniqsa geliy atomining spektrini izohlay olmagani uning yirik kamchiligi bo`lib qoldi.

Tabiiy radioaktivlikni 1896 yilda frantsuz fizigi Bekkeral kashf qildi. Uni fikricha, uran tuzining o`z-o`zidan chiqargan nurlari noshaffof moddalar qatlamidan o`ta oladigan, gazlarni ionlashtira oladigan, fotoplastinkani qoraytiradigan xususiyatlari bordir. P.Kyuri va M.Kyuri Skladovskaya va boshqalar tomonidan keyinchalik o`tkazilgan taddiqotlar ko`rsatadiki, tabiiy radioaktivlik faqat uran tuzlarigagina xos bo`lib qolmay, balki og`ir kimyoiy elementlarning ko`pchiligiga, jumladan aktiniy, toriy, poloniylar va radiyga ham xosdir. Poloniylar va radiyni 1898 yilda Pper va Mariya Kyurilar kashf etgan. Bu elementlarning hammasini **radioaktiv elementlar**, ularning chiqarayotgan nurlarini – **radioaktiv nurlar** deb ataladi. Radioaktiv nurlanishga **alfa-nurlar, beta nurlar va gamma-nurlar** deb atalgan uch xil nur kiradi.

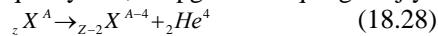
Alfa-nurlar elektr va magnit maydonlarida og`adi; bu nurlar geliy ${}^2\text{Ne}^4$ atomi yadroli oqimidan iborat. Xar bir α - zarracha ikkita elementar musbat zaryad Q2e ga ega va massa soni 4 ga teng. α - zarrachalar $14000 \div 20000$ km/s tezlikka ega bo`lib, $4 \div 9$ MeV kinetik energiyaga ega bo`ladilar. α - zarracha o`z energiyasini atomlarni ionlashga sarflab to`xtaydi; bunda u moddada mavjud bo`lgan erkin elektronlardan ikkitasini o`ziga qo`shib oladi va geliy atomiga aylanadi. α - zarrachani havoda o`tgani yo`li 3-9 sm ni tashkil qiladi, ularning ionlashtiirish qobiliyati esa 100000-250000 juft ionga teng. Shunday qilib, α - zarrachaning ionlashtirish qobiliyati yuqori, lekin o`tuvchanlik qobiliyati uncha katta emas. α - zarracha qalinligi 0,06 mm bo`lgan alyuminiy qatlamida yoki qalinligi 0,12 mm bo`lgan biologik to`qima qalinligidagi qatlamda butunlay yutiladi. Beta-nurlar elektr va magnit maydonlarida og`adi; ular **tez elektronlar** oqimidan iborat bo`lib, β -zarrachalar deb ataladi. β -zarrachaning o`rtacha tezligi 20000 km/s ga teng. β -nurlanish α -nurlanishdan farq qilib, **tutash energetik spektrga** ega. β -zarracha havoda 40 m gacha, alyuminida – 2 sm gacha, biologik to`qimada – 6 sm gacha yuguradi. Gamma-nurlar – chastotasi juda katta -10^{20} Gts, to`lqin uzunligi esa juda qisqa -10^{-12} m bo`lgan fotonlar oqimidan iborat. γ -fotonlar energiyasi 1 MeV chamasida bo`ladi. γ -nurlar eng qattiq elektromagnit nurlar bo`lib, ko`p jihatdan retgent nurlariga o`xshaydi ular elektr va magnit maydonida og`maydi, yorug`lik tezligi bilan tarqaladi, kristalдан o`tishida difraktsiya ro`y beradi. γ -nurlarning ionlashtiirish qobiliyati katta emas, u havoda 100 juft ionga ega yo`lni bosadi. γ -nurlar eng o`tuvchi nurlardir. Eng qattiq γ -nurlar qalinligi 5 sm bo`lgan qo`rg`oshin qatlamidan yoki qalinligi bir necha yuz metr bo`lgan havo qatlamidan o`tadi; kishi tanasidan bemalol o`tib ketadi.

β -emirilishida radioaktiv element davriy sistemada massa sonini o`zgartirmasdan o`ngga bir nomerga siljiydi:

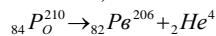


Masalan, $_{83} Bi^{210} \rightarrow _{84} P_O^{210} + \beta^-$

α -emirilishida radioaktiv element davriy sistemasida massa sonini 4 ga qamaytirib, chapga ikki raqamga siljiydi:



Masalan,



Radioaktiv yemirilish radioaktiv element atomlarining asta-sekin kamayishiga olib keladi. dt vaqt ichida yemiriladigan atomlar soni dN, vaqtga va radioaktiv element atomlarining umumiy soni N ga proporsionaldir:

$$dN = -\lambda N dt, \quad (18.29)$$

bunda λ - berilgan elementning **yemirilish doimiysi** deb ataladigan proporsionallik kooeftienti. Minus ishorasi vaqt o`tishi bilan radioaktiv element atomlar sonining kamayishini ko`rsatadi. (18.30) dan

$$\lambda = -\frac{dN}{N dt}$$

kelib chiqadi, yaoni yemirilish doimiysi vaqt birligidagi atomlar sonining nisbiy kamayishiga teng.

(18.30) tenglikning t=0 dan t gacha vaqt oralig`ida integrallab, quyidagini olamiz:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}. \quad (18.31)$$

(18.30) munosabatni **radioaktiv yemirilish qonuni** deb ataladi. (18.31) ifodadagi N_0 – bolang`ich (yaoni t=0) vaqtdagi radioaktiv moddada mavjud bo`lgan yadrolar soni, N – biror t –vaqtidan so`ng yemirilmay qolgan yadrolar soni, **λ esa yemirilish doimiysi deb ataluvchi** kattalik, ko`pincha λ o`rniga **yarim yemirilish davri ($T_{1/2}$)** deb ataladigan kattalikdan foydalanildi: λ va $T_{1/2}$ lar orasida quyidagicha bog`lanish bor:

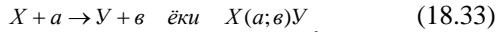
$$T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda}. \quad (18.32)$$

radioaktiv izotoplarning yarim yemilish davri $T_{1/2}$ shunday vaqt oralig`iki, bu vaqt ichida mayjud radioaktiv yadrolarning yarmi yemiriladi. $T_{1/2}$ ning qiymatlari turli radioaktiv yadrolar uchun turli, masalan, sekundning ulushidan million yillargacha bo`lishi mumkin. $T_{1/2}$ ning qiymati tashqi sharoitlarga (temperatura, bosim, magnit yoki elektr maydonlarining ta`siriga) va radioaktiv yadrolarni qanday kimyoviy birkmalar tarkibida ekanligiga bog`liq emas.

Radioaktiv manbalar aktivligi birlik vaqtida sodir bo`ladigan yemirilishlar sonini ifodalaydi. Uning SI dagi birligi bekkerel (Bk) 1 sekunda 1 yemirilish sodir bo`ladigan radioaktiv manbaning aktivligi 1 Bekkerel bo`ladi.

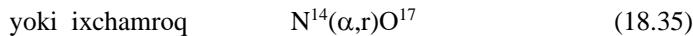
Yadroviy reaksiyalar

Ikki yadro yoki yadro va zarra bir-biri bilan 10^{-15} m lar chamasiga yaqinlashganda yadroviy kuchlarning ta'siri tufayli o'zaro intensiv ta'sirlashadi, natijada yadroviy o'zgarishlar vujudga keladi. Bu jarayonlarni **yadroviy reaktsiya** deb ataladi, yadroviy reaktsiyani quyidagicha yozish mumkin:



bunda X – boshlang`ich yadro, a – reaktsiyaga kirishuvchi zarra, ϵ - yadroviy reaktsiyada ajralib chiquvchi zarra, U – yadroviy reaktsiyada vujudga kelgan yadro, a va ϵ zarralar – neytron, proton, alpfa-zarra, gamma – kvant, yengil yadrolar yoki boshqa elementar zarralar bo`lishi mumkin.

Birinchi yadroviy reaktsiya Rezerford tomonidan azotni α -zarralar bilan bombardimon qilish jarayonida kislorod va proton hosil qilib, amalga oshirilgan, yaoni



ko`rinishda ifodalash mumkin.

Barcha yadro reaktsiyalarida biror elementar zarracha (masalan, γ -foton) chiqadi. Ko`pchilik yadro reaktsiyalarining mahsulotlari ham radioaktivdir, ular **sunoiy radioaktiv izotoplari** deb ataladi. Sunoiy radioaktivlik hodisasini 1934 yilda frantsuz fiziklari **Frederik va Iren Jolio Kyurilar** kashf qilishgan.

Fosfor ${}_{15}R^{31}$ ning neytronlarni qo'shib olish reaktsiyasi radioaktiv izotoplarni olishga misol bo`ladi. unday qo'shib olishda γ -foton chiqadi va fosforning radioaktiv izotopi ${}_{15}R^{32}$ hosil bo`ladi:



Fosfor izotopining yarim yemirilish davri $T_{1/2}=14,3$ kunga teng, β -zarralarni chiqarish bilan boradigan izotop yadrosining yemirilishi ${}_{2}S^{32}$ oltingugurtni barqaror izotopining hosil bo`lishiga olib keladi:



Yadroviy reaktsiyalarda saqlanish qonunlarining bajarilishini ko`raylik.

1.Yadroviy reaktsiyaga kirishuvchi zarralarning umumiylizaryadi reaktsiyada vujudga kelgan zarralarning umumiylizaryadiga teng.

2.Yadroviy reaktsiyaga kirishayotgan zarralardagi nuklonlarning to`liq soni reaktsiyadan keyin ham saqlanadi, yaoni reaktsiyada hosil bo`lgan zarralar nuklonlarining to`liq soniga teng bo`ladi (18.1-jadval).

18.1-jadval

Yadroviy reaktsiya	Elektr zaryadi	Nuklonlar soni
$N^{14}Q\alpha \rightarrow O^{17}QR$	$7Q2=8Q1$	$14Q4=17Q1$
$N^2QN^2 \rightarrow Ne^3Qn$	$1Q1=2Q0$	$2Q2=3Q1$
$Li^7QR \rightarrow Ve^7Qn$	$3Q1=4Q0$	$7Q1=7Q1$

$S^{32}Qn \rightarrow R^{32}QR$	$2Q0=15Q1$	$32Q1=32Q1$
$Ve^9Q\gamma \rightarrow 2Ne^4Qn$	$4Q0=2\cdot 2Q0$	$9Q0=2\cdot 4Q1$

3.Yadroviy reaktsiyalarda massaning saqlanish

qonuni (va energiyaning saqlanish qonuni ham) bajariladi. U holda yadroviy reaktsiyaga kirishayotgan zarralarning tinchlikdagi massalari (18.20) ga asosan m_x va m_a deb reaktsiyada vujudga kelgan zarralarniki esa m_u va m_v deb belgilaylik. Ularning kinetik energiyalarini mos ravishda T_x , T_a , T_u , T_v deb belgilaylik. Natijada reaktsiyaga kirishayotgan zarralar to`liq energiyalarning yig`indisi reaktsiyada vujudga kelgan zarralar to`liq energiyalarning yig`indisiga tengligini quyidagicha ifodalaymiz

$$m_x c^2 + T_x + m_a c^2 + T_a = m_y c^2 + T_y + m_b c^2 + T_b.$$

Mos hadlarni gruppallasak, bu ifoda quyidagi

$$[(m_x + m_a) - (m_y + m_b)]c^2 = (T_y + T_b) - (T_x + T_a)$$

ko`rinishga keladi.

Yadroviy reaktsiyada ajralib chiqadigan yoki yutiladigan energiyani **reaktsiya energiyasi** deb ataladi, yaoni

$$Q = [(m_x + m_a) - (m_y + m_b)]c^2 = (T_y + T_b) - (T_x + T_a) \quad (18.38)$$

Agar $Q > 0$ bo`lsa, zarralar kinetik energiyasining ortishi kuzatiladi. U holda $(T_x Q T_a)$ ning har qanday qiymatida ham **ekzoenergetik reaktsiya** amalga oshadi.

Agar $Q < 0$ bo`lsa, **endoenergetik reaktsiya** sodir bo`ladi. bunda zarralar kinetik energiyasining kamayuğu hisobiga ularning tinchlikdagi massalari ortadi. Shuning uchun reaktsiyaga kirishayotgan zarralar kinetik energiyalari yetarlicha katta bo`lishi, yaoni $(T_x Q T_a) = |Q| Q (T_u Q T_v)$ shart bajarilishi kerak.

Yadrolarning bo`linishi

Faqat uyg`ongan yadrogrina ikki qismga bo`linishi yoki parchalanishi mumkin. Yadroni uyg`otish uchun masalan, uni α -zarralar yoki protonlar bilan otish (bombardimon qilish) usuli bilan unga yetarlicha energiya sarflash kerak bo`ladi. Avval qayt qilinganidek, yadrolarni parchalashning eng yaxshi effektiv quroli neytronlardir, chunki ular elektr jihatdan neytral bo`lgani uchun yadro tomonidan elektrostatik itarish kuchiga duch kelmaydi.

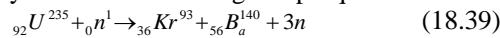
XX asrning 40 yillariga kelib, bir qancha olimlar (E.Fermi, I.Jolio – Kyuri, P.Savich, O.Gan, Shtrasman, O.Frish, L.Maytner) ning tajribalari va nazariy izlanishlari tufayli, neytronlar bilan bombardimon qilingan uran yadrosining bo`linish reaktsiyasi kashf qilindi. Yadroning tomchi modeliga asoslanib, bu reaktsiyani quyidagicha izohlash mumkin.

Neytron n ni o`ziga qo`shgan uran yadrosi U uyg`ongan bo`lib qoladi va deformatsiyalanadi (9.1-rasm). Agar uyg`onish unchalik katta bo`lmasa, u vaqtida yadro γ fotonlar yoki neytron chiqarish yo`li bilan ortiqcha energiyadan qutilib, turg`un holatga qaytadi. Bunda tomchining shakli sharsimondan ellipsoidsimonga, undan yana sharsimonga qaytadi. Agar uyg`onish energiyasi yetarlicha katta

bo`lsa, u vaqtida yadroda ikkiga bo`linayotgan suyuqlik tomchisining ikki qismi orasidagi cho`zilishga o`xshash uzunchoq shakl (9.1,v-rasmga q.) paydo bo`ladi. Cho`zilayotgan yadroning juda ingichka qismida ta`sir qilayotgan yadro kuchlari endilikda yadroning bir xil ishorali zaryadlangan qismlarining kulon itarishish kuchlariga qarshi tura olmaydi. Natijada cho`zilgan yadro uziladi va qarama-qarshi tomonga katta tezlik bilan uchib ketadigan ikkita «parchaga» yemiriladi. Bundan tashqari bo`linish vaqtida yadrodan **onyi neytronlar** deb ataladigan 2-3 ta neytron ajralib chiqadi. Oniy neytronlarning ko`pchiligi 1-2 MeV energiyaga ega. Energiyasi 1,5 MeVdan katta bo`lgan neytronlar **tez neytronlar**, energiyasi 1,5 MeV dan oz neytronlar **sekin neytronlar** deb ataladi. Energiyasi juda kichik neytronlar **issiqlik neytronlari** deyiladi.

Bo`lingan yadroning parchalari radioaktiv bo`ladi: ular γ -fotonlar, β -zarralar va neytronlar chiqaradi; bu neytronlarni oniy neytronlardan farqlash maqsadida **kechikkan neytronlar** deb ataladi.

Barcha og`ir elementlarning yadrolari neytronlar ta`sirida ikki qismga bo`linish qobiliyatiga ega. Amaliy jihatdan eng muxim bo`linuvchi materiallar uran $^{92}\text{U}^{238}$, aktino uran $^{92}\text{U}^{235}$, uranning sunoiy $^{92}\text{U}^{233}$ izotopi va plutoni $^{94}\text{Ru}^{239}$ dir. $^{92}\text{U}^{235}$, $^{92}\text{U}^{233}$ va $^{94}\text{Ru}^{239}$ yadrolar tez, shuningdek, sekin (jumladan, issiqlik) neytronlar ta`sirida bo`linadi, $^{92}\text{U}^{238}$ yadroси esa faqatgina tez neytronlar ta`sirida bo`linadi. Uran $^{92}\text{U}^{235}$ ning uchta neutron chiqarib, kripton va bariy izotoplariga yemirilishi ehtimolligi ko`proqdir:

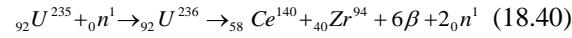


Keyingi tekshirishlar uran yadroси neytronlar bilan bombardimon qilinganda 80 xil bo`laklar hosil bo`lishini ko`rsatdi. Shu bilan birga massalari nisbati 2:3 bo`lgan

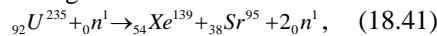


bo`laklarga bo`linish eng ehtimolli ekani maolum bo`ldi.

Uran yadrosining mumkin bo`lgan bo`linish reaksiyalaridan yana biri quyidagi sxema bo`yicha o`tadi.



Shuningdek



bu yerda Se – tseriy, Zr-tsirkoni, Xe-ksenon, Sr-strontsiylar davriy sistema elementlarining o`rta qismiga to`g`ri keladi.



Neytronlar ta`sirida bo`linish bilan bir qatorda, garchi juda oz darajada bo`lsada, og`ir yadrolar **o`z-o`zidan bo`linishi** ham mumkin; masalan, 1 g uranda bir soatda hammasi bo`lib taxminan 20 tacha o`z-o`zidan yemirilish yuz beradi. Bu hodisani 1940 yilda sovet fiziklari K.A.Petrjak va G.N.Flerov kashf qilganlar.



Uran yadrosining bo`linishida, taxminan, 208 MeV energiya ajaraladi, bu energiyaning deyarli 80 %i parchalarning kinetik energiyasi ko`rinishida ajraladi; qolgan 20% esa parchalarning radioaktiv nurlanish energiyasiga va oniy neytronlarning kinetik energiyasiga to`g`ri keladi.

9 – pacm.

Yadroning bo`linishida sarf qilingan neytronlarning energiyasi 7-10 MeV dan oshmaydi. Buni yadrolarni bo`linishida ajralib chiqqan energiya bilan solishtirsak, yadroси bo`linadigan materiallar juda katta energiya manbai bo`lib

xizmat qilishi ko`rinadi. Masalan: 1 kg uran – 235 da bo`lgan barcha yadrolarning bo`linishida ajralib chiqqan energiya, taxminan, $2,3 \cdot 10^7$ kvt·soat ga teng. Buncha energiya miqdori 2000000 kg benzin yoki 2500000 kg tosh ko`mir yonganda ajralishini ko`rsatish mumkin. Shuning uchun xalq xujaligida «*yadro yoqilg`isidan*» foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Sinov savollari.

1. Fotonning fazoviy va gruppali tezligi nimaga teng?
2. To`lqin funksiyasi modulining kvadrati nimani aniqlaydi?
3. Nima sababdan kvant mexanikasi statistik nazariya hisoblanadi?
4. Zarracha potensial o`ranging tubida bo`lishi mumkinmi?
5. Kvant sonlari nimani xarakterlaydi? Ular qanday qiymatlarni qabul qiladilar?
6. Bosh kvant soni $n=5$ bo`lganida l va m_e qanday qiymatlar qabul qilishi mumkin?
7. $n=4$ ga teng bo`lsa, unga qancha turli holatlar mos kelishi mumkin?
8. Bor nazariysi va kvant mexanikasi bo`yicha vodorod atomidagi elektronning asosiy holatda uchratish ehtimolligining zichligini taqqoslang?
9. Nima sababdan vodorod atomi turli holatlarda ayni bir xil energiya qabul qilishi mumkin?
10. Elektron impulsining orbital va mexanik va xususiy mexanik momentlarining kvantlanish shartlari nimadan iborat?
11. Qanday zarrachalarni bozonlar va fermionlar deb ataymiz?
12. Moddada majburiy tebranish hosil bo`lishining shartini ko`rsating?
13. Nima sababdan lazerning majburiy komponentlaridan biri optik rezonator hisoblanadi?
14. Atomning yadroviy modelida qanday kamchiliklar namoyon bo`ladi?
15. Balmerning umumlashgan formulasida m va n sonlari nimani bildiradi?
16. Bor postulatining mazmunini tushuntiring. Qanday qilib ularning yordamida atomning chiziqli spektrlari tushuntiriladi.
17. Frank va Gers tajribalari asosida qanday asosiy xulosalarga kelish mumkin?
18. Agar E elektron – voltlarda o`lchansa, $E_n = -\frac{1}{n^2} \cdot \frac{Z^2 m_e e^4}{8\pi^2 \epsilon_0^2}$ formulani $E_n = -13,55/n^2$ shaklida yozish mumkinligini ko`rsating?
19. Rux atomi yadrosi qaysi zarrachalardan tashkil topadi? Ularning soni qancha?
20. Atom yadrosi, aytaylik N dona erkin nuklonlardan tashkil topdi (har bir nuklonning massasi m). Bu yadroning massasi va solishtirma bog`lanish energiyasi nimaga teng?
21. Izobar va izotoplar bir – biridan nimasi bilan farq qiladi?
22. Nima sababdan og`ir elementlarda yadrolarning mustahkamligi pasayadi?
23. Uchta yarim yemirilish davriga teng vaqt mobaynida radioaktiv moddadagi atomlar soni qanday va qanchaga o`zgaradi? Nuklidning faolligi vaqt o`tishi bilan qanday (qaysi qonun bilan) o`zgaradi?

24. Kimyoviy element atomining yadrosida ikki marta ketma-ket a – yemirilish sodir bo`lganidan so`ng, uning Mendeleyev davriy sistemasidagi holati qanday o`zgaradi?

25. Yadrosidan γ – nurlanish chiqargan elementning kimyoviy tabiatini o`zgaradimi?

1-semestr uchun amaliy mashg'ulot

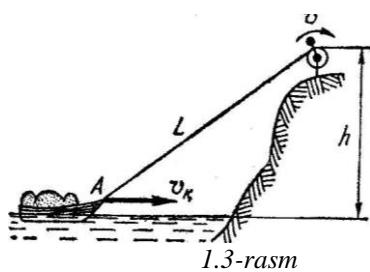
MEHANIKA

Masala yechish namunalarini.

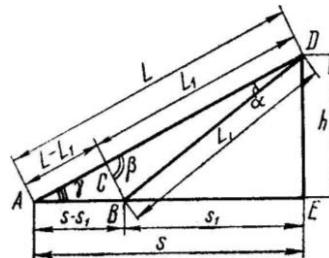
1-masala. Qayiq suv sathidan $h = 6\text{m}$ balanda joylashgan silindirik barabanga $\vartheta = 1\text{m/s}$ o`zgarmas tezlik bilan o`ralayotgan arqon yordamida ko`lning qirg`og`i tomonga tortilayapti(1.3-rasm). ϑ_q qayiq tezligining L arqon uzunligiga bog`lanishini toping. Xususan, qayiqning $L = 10\text{m}$ bo`lgan paytdagi tezligini va bu vaziyatdan $t = 1\text{sek}$ vaqt davomida siljyidigan masofasini aniqlang.

Berilgan: $h = 6\text{m}$; $\vartheta = 1\text{m/s}$; $L = 10\text{m}$; $t = 1\text{s}$.

Topish kerak: $\vartheta_q = ?$; $\Delta s = ?$



1.3-rasm



1.4-rasm

Yechilishi: Juda kichik t vaqt oralig`i davomida qayiq A nuqtadan B nuqtaga $s - s_1 = \vartheta_q t$ masofa qadar siljigan bo`lsin (1.4-rasm). Xuddi shu vaqtida AD vaziyatdagi arqon BD vaziyatni oladi, bunda uning uzunligi $L - L_1 = \vartheta t$ kattalikka kamayadi. t vaqtning juda kichik qiymatida α burchak ham kichik bo`ladi. Shuning uchun BCD teng yonli uchburchakdagи β burchak 90° dan juda kam farq qiladi. Binobarin, ABC uchburchakni to`g`ri burchakli deb hisoblash va

$$\frac{L - L_1}{s - s_1} = \frac{\vartheta t}{\vartheta_q t} = \frac{\vartheta}{\vartheta_q} = \cos \gamma$$

deb yozish mumkin; bundan $\vartheta_q = \frac{\vartheta}{\cos \gamma}$. Qayiq qirg`oqqa yaqinlashgan sari γ

burchak kattalashadi va ϑ_q ortadi. 6-rasmdan ko`rinib turibdiki,

$$\cos \gamma = \frac{s}{L} = \frac{\sqrt{L^2 - h^2}}{L}. Shuning uchun L = 10\text{m} da$$

$$\vartheta_q = \frac{\vartheta L}{\sqrt{L^2 - h^2}} = 1,25\text{m/s}.$$

Qayiqning siljish masofasini topish uchun tekis harakatda bosib o`tilgan yo`l formulasini $s - s_1 = \vartheta_q t$ ni faqat t vaqt oralig`i yetarlicha kichik bo`lib, bu vaqt davomida qayiqning tezligi sezilarli o`zgarib ulgurmagandagina qo`llash mumkin:

$$\Delta s = s - s_1 = \sqrt{L^2 - h^2} - \sqrt{L_1^2 - h^2} = \sqrt{L^2 - h^2} - \sqrt{(L - \vartheta t)^2 - h^2} = 1,25 \text{ m}$$

$$Javob : \vartheta_q = 1,25 \text{ m/s} ; \Delta s = 1,25 \text{ m}$$

2-masala. Moddiy nuqta ilgarilanma harakatining kinematik tenglamasi $S = At^4 + Bt^2 + C$ ko`rinishiga ega. Nuqtaning ikkinchi sekunddagisi tezligi, tezlanishi, hamda dastlabki 2 s uchun o`rtacha tezlik topilsin. $A = 4 \text{ m/s}^4$, $B = 2 \text{ m/s}^2$

Berilgan:

$$S = At^4 + Bt^2 + C$$

;

$$A = 4 \text{ m/s}^4$$

$$B = 2 \text{ m/s}^2$$

$$t = 2 \text{ s}$$

$$\Delta t = t - t_0 = 2 \text{ s}$$

$$<\vartheta> ?$$

$$v = ?$$

$$a = ?$$

Unda (1) quyidagi ko`rinishni oladi.

$$<\vartheta> = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S(2s) - S(0)}{\Delta t} \quad .(2)$$

Yechish:

Moddiy nuqtaning o`rtacha tezligi

$$<\vartheta> = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (1)$$

ifoda yordamida aniqlanadi.

Bu yerda.

$$\Delta S = S(2s) - S(0),$$

$$\Delta t = t - t_0 = 2s - 0 = 2s.$$

Moddiy nuqtaning oniy tezligi

$$\vartheta = \frac{ds}{dt} = 4At^3 + 2Bt. \quad (3)$$

Oniy tezlanishi

$$a = \frac{d\vartheta}{dt} = 12At^2 + 2B, \quad (4)$$

(2) yoki (3) va (4)- formulalar yordamida so`ralgan kattaliklarning birliklarini tekshiramiz.

$$[\vartheta] = \frac{[S]}{[t]} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

$$[a] = \frac{[\vartheta]}{[t]} = \frac{1 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1 \text{ s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

va ularning to`g`riligiga ishonch hosil qilamiz. Berilganlarni yuqoridagi formulalarga qo`yib olamiz.

$$<\vartheta> = \frac{(4 \cdot 2^4 + 2 \cdot 2^2 + C)m - (4 \cdot 0 + 2 \cdot 0 + C)m}{2s} = \frac{72m}{2s} = 36 \frac{\text{m}}{\text{s}} ;$$

$$\vartheta = (4 \cdot 4 \cdot 2^3 + 2 \cdot 2 \cdot 2) \frac{m}{s} = 136 \frac{m}{s};$$

$$a = (12 \cdot 4 \cdot 2^2 + 2 \cdot 2) \frac{m}{s^2} = 196 \frac{m}{s^2}$$

Javob: $\vartheta = 36 \frac{m}{s}; \vartheta = 136 \frac{m}{s}; a = 196 \frac{m}{s^2}$

3-masala. 2 kg massali jism biror F kuch ta'sirida $x = A + Bt + St^2 + Dt^3$ tenglamaga muvofiqharakatlanadi.

Bu yerda $S = 1 \frac{m}{s^2}$, $D = -0,2 \frac{m}{s^3}$. Vaqtning $t_1 = 2s$ va $t_2 = 5s$ paytlari uchun kuchning qiyatlari topilsin. Vaqtning qaysi onida kuch nolga teng bo'ladi?

Berilgan:

$$m = 2kg;$$

$$x = A + Bt + St^2 + Dt^3;$$

$$S = 1 \frac{m}{s^2};$$

$$D = -0,2 \frac{m}{s^3};$$

$$t_1 = 2s;$$

$$t_2 = 5s;$$

$$F = 0.$$

$$F(t_1) = ?$$

$$F(t_2) = ?$$

$$t = ?$$

Yechish: Jismga ta'sir etadigan kuchni Nyutonning ikkinchi qonuniga muvofiq aniqlaymiz.

$$F = ma \quad (1)$$

Tezlanishni koordinatadan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli hosiladek aniqlanishidan

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{d^2}{dt^2}(A + Bt + St^2 + Dt^3) = 2S + 6Dt \quad (2)$$

(2)-ni (1)-ga qo'yib olamiz.

$$F = m(2S + 6Dt) \quad (3)$$

Kuchning nolga teng onini topish uchun (1)-ni nolga tenglashtiramiz

$$F = ma = 0$$

Jismning massasi nolga teng bo`lmaganligidan

$$a = 0.$$

(2)-ga asosan

$$2S + 6Dt = 0, \\ t = -\frac{2S}{6D} = -\frac{S}{3D} = -\frac{1}{3 \cdot (-0,2)} s = \frac{1}{0,6} s = 1,67 s \quad (4)$$

berilganlarni (3) va (4) larga qo'yib olamiz

$$F(t_1) = 2 \cdot (2 \cdot 1 - 6 \cdot 0,2 \cdot 2) N = 2(2 - 2,4) N = -0,8 N,$$

$$F(t_2) = 2 \cdot (2 \cdot 1 - 6 \cdot 0,2 \cdot 5) N = 2(2 - 6) N = -8 N,$$

$$t = -\frac{1}{3 \cdot (-0,2)} s = \frac{1}{0,6} s = 1,67 s.$$

Javob: $F(t_1) = -0,8N; F(t_2) = -8N; t = 1,67s$

4-masala. Agar 3kg massali jism, tezlanishi $a = At + B$ qonun bilan aniqlanuvchi harakat qilayotgan bo'lsa, unda jismga 3s dan keyin ta'sir etadigan

kuch va jismning uchinchi sekund oxiridagi tezligi aniqlansin. Jismning boshlang`ich tezligi nolga teng. $A = 5 \frac{m}{s^3}$, $B = 3 \frac{m}{s^2}$.

Berilgan:

$$m = 3 \text{kg};$$

$$a = At + B;$$

$$A = 5 \frac{m}{s^3};$$

$$B = 3 \frac{m}{s^2};$$

$$t = 3s;$$

$$\vartheta_0 = 0.$$

$$F = ?$$

$$\vartheta = ?$$

Yechish: Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan

$$F = ma.$$

yoki mazkur masala holida

$$F = m(At + B). \quad (1)$$

Tekis o`zgaruvchan harakat qilayotgan nuqtaning t vaqtdan keyingi tezligi $\vartheta = \vartheta_0 + at$

formula bilan aniqlanadi. Bizning holimizda

$$\vartheta = \vartheta_0 + (At + B)t. \quad (2)$$

(1) va (2)ga berilganlarning qiymatlarini qo`yib topamiz:

$$F = 3(5 \cdot 3 + 3)N = 3 \cdot 18N = 54N.$$

$$\vartheta = [0 + (5 \cdot 3 + 3) \cdot 3] \frac{m}{s} = 54 \frac{m}{s}.$$

Javob: $F = 54N$, $\vartheta = 54 \frac{m}{s}$

1.3. Mustaqil echish uchun masalalar

- Самолёт горизонтал йўналишда 440 м/с тезлик билан учади. Кузатувчи, самолёт устидан учиб ўтганидан сўнг 20 с ўтгач унинг товушини эшитади. Агар товушнинг тезлиги 330 м/с бўлса, самолёт қандай баландликда учган?
- Қайиқ сувга нисбатан 7,20 км/соат тезлик билан қирғокка тик йўналишда ҳаракат қилмоқда. Оқим қайиқни 150 м пастга судради. Дарёning кенглиги 0,50 км. Дарё оқимининг тезлиги ва қайиқнинг дарёдан ўтиши учун сарф қилган вақтини топинг.
- Ёғаётган ёмғир томчилари вертикал 8 м/с тезлик билан ерга келиб тушади. Одам ёмғир пўшни 2 м баландликда, унинг чеккаси марказдан 0,30 м нарида жойлашадиган қилиб кўтариб олган. Бундай ҳолда одам оёғига ёмғир томчилари тушмаслиги учун, у қандай энг катта тезлик билан ҳаракатланиши мумкин?
- 60° ли бурчак ҳосил қилувчи иккита йўлдан мос ҳолда 54 км/соат ва 72 км/соат тезлик билан ҳаракатланувчи иккита автомобилнинг бир-биридан қандай тезликда узоклашиши аниqlansin.
- Мотоциклчи ҳаракат йўлининг дастлабки чорагини 10 м/с, иккинчисини 15 м/с, уччинчисини 20 м/с ва охирги чорагини эса 5 м/с тезлик билан босиб ўтди. Бутун йўл давомида мотоциклчи қандай ўртача тезликда ҳаракатланган?
- Агар автомобиль ҳаракат вақтининг 1/4 қисмида 16 м/с тезлик билан, қолган вақтда эса 8 м/с тезлиқда ҳаракатлангани маълум бўлса, ҳаракатнинг ўртача тезлиги топилсин.

7. Автомобиль ўз йўлининг тўртдан уч қисмини 60 км/соат тезлик билан, йўлнинг колган қисмини эса 80 км/соат тезлик билан ўтди. Автомобилнинг шу йўлдаги ўртacha тезлиги қандай?
8. Жисм йўлнинг биринчи ярмини 12с давомида, иккинчисини 48 с давомида босиб ўтди. Агар йўлнинг узунилиги 120 м бўлса, ўртacha тезлик аниқлансин.
9. Моддий нуқтанинг ҳаракати $x = At + Bt^2$ tenglama билан берилган. Бунда $A = 4 \text{ м/с}$, $B = -0,05 \text{ м/с}^2$. Нуқтанинг тезлиги нолга тенг бўлган пайт аниқлансин. Шу пайт учун координата ва тезланиш топилсин. Шу ҳаракат учун координата, йўл, тезлик ва тезланишларнинг вақтга боғлиқлик графиклари тузиленсин.
10. Одам поезд билан ёнма-ён, поезднинг олд қалқонлари билан бир чизиқда турибди. Поезд $0,1 \text{ м/с}^2$ тезланиш билан ҳаракат қила бошлаган лаҳзада одам ҳам шу йўналишда $1,5 \text{ м/с}$ тезлик билан ҳаракатлана бошлади. Қанча вақтдан кейин поезд одамга етиб олади? Шу пайтдаги поезднинг тезлиги ва одамнинг шу вақт ичидаги ўтган йўли аниқлансин.
11. Икки нуқта бир жойдан бир хил йўналишда текис тезланувчан ҳаракат қила бошлади, бунда иккинчи нуқта ўз ҳаракатини биринчисидан 2 с кейин бошлади. Биринчи нуқта 1 м/с бошланғич тезлик ва 2 м/с^2 тезланиш билан, иккинчиси эса 10 м/с бошланғич тезлик ва 1 м/с^2 тезланиш билан ҳаракатлана бошлаган бўлса, қанча вақтдан кейин ва бошланғич жойдан қанча масофада иккинчи нуқта биринчисига етиб олади?
12. Икки моддий нуқта кўйидаги тенгламаларга биноан ҳаракатланмоқда: $x_1 = A_1 t + B_1 t^2 + C_1 t^3$, $x_2 = A_2 t + B_2 t^2 + C_2 t^3$, бунда $A_1 = 4 \text{ м/с}$, $B_1 = 8 \text{ м/с}^2$, $C_1 = -16 \text{ м/с}^3$, $A_2 = 2 \text{ м/с}$, $B_2 = -4 \text{ м/с}^2$, $C_2 = 1 \text{ м/с}^3$. Вақтнинг қайси моментида бу нуқталарнинг тезланишлари бир хил бўлади? Шу момент учун нуқталарнинг тезликлари аниқлансин.
13. Агар жисм ўз йўлининг сўнгги метрини $0,1 \text{ с}$ вақт давомида ўтаган бўлса, у қандай баландлиқдан тушган?
14. Тош 1200 м баландлиқдан тушмоқда. Тош тушиш вақтининг сўнгги секундидаги қандай йўлни ўтади?
15. Тош 20 м/с бошланғич тезлик билан юқорига тик отилган. Қанча вақтдан кейин тош 15 м баландлиқда бўлади? Шу баландлиқда тошнинг тезлиги топилсин. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин. $g=10 \text{ м/с}^2$ деб олинсин.

SAQLANISH QONUNLARI JISMNING IMPULSI. IMPULSNING SAQLANISH QONUNI. ISH VA ENERGIYA

5-misol. Tekis o'suvchi kuchning 12 m yo'lni o'tishda bajargan ishi A hisoblanisin. Agar kuch yo'lning boshida 10 N bo'lsa, yo'lning oxirida 46 N bo'ladi.

Berilgan:

$$S=12 \text{ m};$$

$$F_1=10 \text{ N};$$

Yechish: Tekis o'zgaruvchan kuchning ishi

$$A = < F > \cdot S, \quad (1)$$

formula yordamida aniqlanadi. Bu yerda $< F >$ kuchning

$$\begin{array}{l|l} F_2=46N. & \text{o`rtacha qiymati} \\ A=? & <F>=\frac{F_1+F_2}{2}. \end{array} \quad (2)$$

(2)-ni (1)-ga qo`yib topamiz

$$A=\frac{F_1+F_2}{2}\cdot S. \quad (3)$$

Berilganlarni (3)-ga qo`ysak

$$A=\frac{10+46}{2}\cdot 12J=28\cdot 12J=336J.$$

Javob: $A=336J$.

6-misol. Massasi 1 kg bo`lgan jism o`zgarmas F kuch ta`sirida $S = Bt^2 + Ct + D$ kinematik qonunga muvofiq to`g`ri chiziqli harakat qiladi. Bu yerda $B = 1 \frac{m}{s^2}$, $C = 2 \frac{m}{s}$. Ta`sir boshlanganidan 5 s dan keyin kuchning ishi aniqlansin.

Berilgan:

$$m = 1 \text{ kg};$$

$$S = Bt^2 + Ct + D;$$

$$B = 1 \frac{m}{s^2};$$

$$C = 2 \frac{m}{s};$$

$$\frac{t_0 = 5 \text{ s}}{A = ?}$$

Yechish:

jism harakatining kinematik qonuni berilgan holda elementar ishni aniqlash maqsadga muvofiq

$$dA = F \cdot ds. \quad (1)$$

To`la ishni topish uchun bu ifodani O dan t_0 gacha integrallash (barcha elementar ishlarni uzluksiz qo`shib chiqish) kerak.

$$A = \int_0^{t_0} dA = \int_0^{t_0} F \cdot ds \quad (2)$$

jismga ta`sir etadigan kuchni topish uchun Nyutonning ikkinchi qonunidan foydalanamiz

$$F = m \cdot a = m \cdot \frac{d^2 S}{dt^2}.$$

Bizning holimizda u quyidagicha bo`ladi:

$$F = m \cdot \frac{d^2 S}{dt^2} = Bt^2 + Ct + D = m \cdot \frac{d}{dt} (Bt^2 + Ct + D) - m \cdot \frac{d}{dt} (Bt^2 + Ct + D) = 2Bm. \quad (3)$$

ds ni esa differentiallash qoidasiga muvofiq aniqlaymiz.

$$ds = S_t' \cdot dt = (Bt^2 + Ct + D)' \cdot dt = (2Bt + C)dt. \quad (4)$$

(3) va (4) larni (2) ga qo`yib olamiz

$$A = \int_0^{t_0} Bm(2Bt + C)dt = \int_0^{t_0} (4B^2 mt + 2BC)dt = \left[4B^2 m \frac{t^2}{2} + 2BCmt \right] \Big|_0^{t_0} = 2Bm(t_0^2 + 2Ct_0) = 2Bm(25 + 10) = 150Bm = 150 \cdot 2 = 300 \text{ J}$$

demak

$$A = 2Bmt_0(Bt_0 + C). \quad (5)$$

Hosil qilingan ifodaning to`g`riligini tekshirish maqsadida kattaliklarning birliklarini qo`yamiz.

$$[A] = [B] [m] [t] ([B] [t] + [C]) = 1 \frac{m}{s^2} \cdot 1kg \cdot 1s \cdot 1 \frac{m}{s} = 1kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot 1m = 1 \cdot N \cdot m = 1J$$

Endi berilganlarni (5) ga qo`yib olamiz

$$A = 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 5(1 \cdot 5 + 2)J = 10 \cdot (5 + 2)J = 70J$$

Javob: $A = 70J$.

1.3 Mustaqil echish uchun masalalar

1. Оғирлиги $2 \cdot 10^4 N$ бўлган автомобиль тормозлангандан сўнг, текис секинланувчан ҳаракат қилиб, 5 с ўтгач тўхтайди. Агар шу вақт давомида автомобиль 50 м масофани ўтиб тўхтаган бўлса, унга қандай тормозловчи куч таъсир килган?

2. Координатаси $x = t - 2t^2 + t^3$ қонунга мувофиқ ўзгарувчи

0,20 кг массали жисмнинг тезлиги ва учинчи секунд охирида жисмга таъсир этувчи куч топилсин.

3. Массаси m бўлган жисмга ўзгармас F куч таъсир киласи. $t = 0$ бўлгандан $x = x_0$ ва $\vartheta = \vartheta_0$ эканлигини эътиборга олиб, шу жисмнинг ҳаракат қонуни топилсин.

4. Сирпангич йўлдан одатда кичик қадам ташлааб ўтилади. Агар одам оёғининг узунлиги 1 м, оёқ кийими тагчармининг йўлга ишқаланиш коэффициенти 0,1 бўлса, йиқилиб кетишдан қўрқмаслиги учун у қандай катталиктаги қадам билан юриши мумкин?

5. 10 м/с тезлик билан ҳаракатланаётган автомобильнинг тормозланиш йўли 8 м га тенг бўлиши учун, автомобиль шинасининг ерга ишқаланиш коэффициенти қандай бўлиши керак?

6. Автомобиль кия текислик бўйлаб, 10 м/с тезлик билан ҳаракатланмоқда. Агар ишқаланиш коэффициенти 0,5 ва қиялик бурчаги 10° бўлса, автомобильнинг тўхтагунча босиб ўтадиган йўлини ва ҳаракатланиш вақтини аниқланг.

7. Агар автомобиль шинаси билан асфальт йўл орасидаги ишқаланиш коэффициенти 0,60 га тенг бўлса, эгрилик радиуси

100 м бўлган айланма йўл бурилишида автомобиль қандай энг катта тезлик билан ҳаракатлана олади?

8. Силлиқ стол устида массаси 4 кг бўлган тахтacha турибди. Тахтачага чилвир боғланган бўлиб, чилвирнинг иккинчи учидаги стол сиртига параллел йўналган $10 N$ куч кўйилган. Тахтачанинг тезланиши топилсин.

9. Столда 4 кг массали аравача турибди. Аравачага иккинчи учига чиғир орқали ташланган чилвир боғлаб кўйилган. Агар чилвирнинг иккинчи учига 1 кг массали тош осилса, аравача қандай тезланиш билан ҳаракат қиласи?

10. Пружинали тарозига чиғир осилган. Чиғир орқали ташланган чилвирнинг учларига массалари 1,5 кг ва 3 кг бўлган юклар боғланган. Юклар ҳаракатланган пайтда тарозининг кўрсатиши қандай бўлади? Чиғирнинг ва чилвирнинг массалари хисобга олинмасин.
11. Массаси 2 кг бўлган моддий нуқта F куч таъсирида $x=A+Bt+Ct^2+Dt^3$ тенглами бўйича ҳаракат қиласи (бунда $C=1 \text{ m}/\text{c}^2$, $D=0,2 \text{ m}/\text{c}^3$). Вақтнинг $t_1=2 \text{ s}$ ва $t_2=5 \text{ s}$ моментлари учун бу кучнинг қиймати топилсин. Вақтнинг қайси моментида куч нолга тенг бўлади?
12. 1 т массали босқон 2 м баландликдан сандонга тушади. Зарбанинг таъсир этиши вақти 0,01 с. Зарба кучининг ўртача қиймати аниqlansin.
13. Муз сирти бўйлаб 20 м/с бошланғич тезлик билан ҳаракатлантирилган шайба 40 с дан кейин тўхтади. Шайбанинг музга ишқаланиш коэффициенти топилсин.
14. 1 кг массали моддий нуқта текис ҳаракатланиб, 2 с вақт давомида радиуси 1,2 м бўлган чорак айланади. Нуқта импульсининг ўзгариши топилсин.
15. Массаси 300 г бўлган шарча деворга урилди ва сакраб орқага қайтди. Агар урилишдан олдинги онда шарча девор сиртига 30° бурчак остида йўналган ва 10 м/с тезликка эга бўлган бўлса, девор олган импульс аниqlansin. Урилиш абсолют эластик деб хисоблансин.

MOLEKULYAR FIZIKA MOLEKULYAR-KINETIK NAZARIYA ASOSLARI

7-masala. 0,2kg massali azotning modda miqdori v molekulalari soni N aniqlansin.

Berilgan:

$$m = 0,2 \text{ kg}$$

$$N_2.$$

$$v = ?$$

$$N = ?$$

Yechish: Azotning modda miqdorini

$$v = \frac{m}{M} \quad (1)$$

ifodani aniqlaymiz. Bunda M - azotning molyar massasi.

Agar $M = M_r \cdot k$ ligidan foydalansak, $k = 10^{-3} \text{ kg/mol}$ va azot uchun $M_r = 28$ (d.I. Mendeelev davriy sestamasidan) ligidan olamiz

$$M = 28 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}.$$

Moddadagi molekulalar soni quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$N = v \cdot N_A. \quad (2)$$

Bu yerda $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ - Avogadro soni

Bu sodda ifodalar uchun birliklarni tekshirib o'tirmsandan, kattaliklarning qiymatlarini (1) va (2) larga qo'yamiz:

$$v = \frac{0,2}{28 \cdot 10^{-3}} \text{ mol} = 7,14 \text{ mol};$$

$$N = 7,14 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ dona} = 4,30 \cdot 10^{24} \text{ dona};$$

Javob: $v = 7,14 \text{ mol}$, $N = 4,30 \cdot 10^{24} \text{ dona}$.

8-masala. Kislorod normal sharoitda sig`imi 11,21 bo`lgan idishni to`ldirib turibdi. Gazning modda miqdori v va uning massasi m aniqlansin.

Berilgan:

$$\begin{aligned} V &= 11,2l = 11,2 \cdot 10^{-3} m^3; \\ Q_2 &= ? \\ v &= ? \\ m &= ? \end{aligned}$$

Yechish: Gazning modda miqdori quyidagi formula yordamida aniqlanishi mumkin

$$v = \frac{V}{V_m}. \quad (1)$$

bunda $V_m = 22,4 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{mol}$ - normal sharoitda istalgan

gazning bir moli egallaydigan hajm.

Gazning massasi

$$m = v \cdot M \quad (2)$$

ifodadan aniqlanadi. Kislородning molyar massasi

$$M = 32 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{mol}.$$

Kattaliklarning qiymatlarini (1)- va (2)-larga qo`yib olamiz

$$v = \frac{11,2 \cdot 10^{-3}}{22,4 \cdot 10^{-3}} mol = 0,5 mol;$$

$$m = 0,5 \cdot 32 \cdot 10^{-3} kg = 16 \cdot 10^{-3} kg = 16 g.$$

Javob: $v = 0,5 \text{ mol}$; $m = 16 \text{ g}$.

TERMODINAMIKA ASOSLARI

9-misol. Tarkibida 5 l vodorod va 3 l geliy bo`lgan gaz aralashmasining solishtirma issiqlik sig`imi S_v aniqlansin. Gazlar bir xil sharoitda turibdi.

Berilgan:

$$\begin{aligned} V_1 &= 5l = 5 \cdot 10^{-3} m^3; \\ V_2 &= 3l = 3 \cdot 10^{-3} m^3. \\ S_v &= ? \end{aligned}$$

Yechish: Aralashmaning haroratini ΔT

ga o`zgartirish uchun kerak bo`ladigan issiqlik miqdori Q ni ikki usulda aniqlash mumkin.

$$Q = S_v (m_1 + m_2) \cdot \Delta T \quad (1)$$

$$Q = S_{V1} \cdot m_1 \cdot \Delta T + S_{V2} \cdot m_2 \cdot \Delta T = (S_{V2} \cdot m_1 + S_{ve} \cdot m_2) \Delta T \quad (2)$$

bu yerda S_v - aralashmaning solishtirma

issiqlik sig`imi;

S_{V1} - vodorodning, S_{V2} - geliyning solishtirma issiqlik sig`imlari;

m_1 va m_2 ularning massalari.

(2) va (3)larni tenglashtirib olamiz

$$S_v (m_1 + m_2) \cdot \Delta T = (S_{V1} m_1 + S_{V2} m_2) \Delta T \quad \text{yoki} \quad S_v (m_1 + m_2) = S_{V1} \cdot m_1 + S_{V2} \cdot m_2.$$

Bundan esa

$$S_v = S_{V1} \frac{m_1}{m_1 + m_2} + S_{V2} \frac{m_2}{m_1 + m_2} \quad (3)$$

Gazlarning massalarini quyidagi munosabatlardan aniqlaymiz:

$$m_1 = \rho_m V_1, \quad m_2 = \rho_{He} \cdot V_2, \quad \rho_H = 0,09 \frac{kg}{m^3} \text{ va } \rho_{He} = 0,18 \frac{kg}{m^3}$$

mos ravishda vodorodning va geliyning zichliklari. Gazlarning solishtirma issiqlik sig`imlari esa quyidagicha topiladi:

$$S_{V_1} = \frac{5}{2} \frac{R}{M_1} \quad \text{va} \quad S_{V_1} = \frac{3}{2} \frac{R}{M_2}, \quad (4)$$

bu yerda N_2 uchun $i=5$ va He uchun $i=3$ ekanligi hisobga olingan, $M_1 = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$ va $M_2 = 4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$ mos ravishda vodorodning va gelyining molyar massalari, $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$ - gaz molyar doimiysi.

(4)-ni (3)-ga qo`yib olamiz

$$S_V = \frac{5}{2} \frac{R}{M_1} \left(\frac{\rho_H \cdot V_1}{\rho_H V_1 + \rho_{He} V_2} \right) + \frac{3}{2} \frac{R}{M_2} \left(\frac{\rho_{He} \cdot V_2}{\rho_H V_1 + \rho_{He} V_2} \right) \quad (5)$$

hosil bo`lgan ifodadan solishtirma issiqlik sig`imining birligi chiqishi ko`rinib turganligidan kattaliklarning qiymatlarini qo`yamiz

$$\begin{aligned} S_V &= \frac{5 \cdot 8,31}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{0,09 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{0,09 \cdot 5 \cdot 10^{-3} + 0,18 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} \right) + \frac{3 \cdot 8,31}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{0,18 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{0,09 \cdot 5 \cdot 10^{-3} + 0,18 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} \right) = \\ &= 10,39 \cdot 10^3 \left(\frac{0,45}{0,45 + 0,54} \right) + 3,12 \cdot 10^3 \left(\frac{0,54}{0,45 + 0,54} \right) = 4,53 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} = 4,53 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}. \end{aligned}$$

Javob: $S_V = 4,53 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

10-misol. Yopiq idishda, massasi 56 g bo`lgan azot va massasi 64 g bo`lgan kislorod gazlarning aralashmasi bor. Agar harorat 20°C ga pasaytirilgan bo`lsa, aralashma ichki energiyasining o`zgarishi aniqlansin.

Berilgan:

- 1) N_2 ;
 - $m_1 = 56 \text{ g} = 56 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$;
 - 2) \hat{I}_2 ;
 - $m_2 = 64 \text{ g} = 64 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$;
 - $\Delta T = 20 \text{ K}$.
-
- $\Delta U = ?$

Yechish: Aralashma ichki

energiyasining o`zgarishi azot va kislorod gazlari ichki energiyalarining o`zgarishiga teng, ya`ni $\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2$ (1)

Ichki energiyaning aniqlanish ifodasiga muvofiq

$$\Delta U_1 = \frac{m_1 i_1}{M_2} R \Delta T \quad \text{va} \quad \Delta U_1 = \frac{m_2 i_2}{M_2} R \Delta T \quad (2)$$

Agar kislorod ham, azot ham ikki atomli gaz ekanligini nazarda tutsak $i_1 = i_2 = 5$. (2)-ni (1)-ga qo`yib olamiz

$$\Delta U = \frac{m_1}{M_1} \frac{5}{2} R \Delta T + \frac{m_2}{M_2} \frac{5}{2} R \Delta T = \frac{5}{2} R \Delta T \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) \quad (3)$$

bu yerda $M_1 = 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$ -azotning, $M_2 = 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$ - kislorodning molyar massalari .

Kattaliklarning son qiymatlarini (3)-ga qo`yib olamiz

$$\Delta U = \frac{5}{2} 8,31 \cdot 20 \left(\frac{56 \cdot 10^{-3}}{28 \cdot 10^{-3}} + \frac{64 \cdot 10^{-3}}{32 \cdot 10^{-3}} \right) \text{K} = 5 \cdot 83,1 \cdot 4 \text{J} = 1662 \text{J} = 1,66 \text{ kJ}.$$

Javob: $\Delta U = 1,66 \text{ kJ}$.

1.3 Mustaqil echish uchun masalalar

1. Газ аралашмаси 3 кг азот ва 1 кг сув буғларидан ташкил топади. Уни идеал газ ҳисоблаб, газ аралашмаси учун C_v ва C_p солиштирма иссиқлик сифимлари ҳисоблансин.
2. Агар газ аралашмасида неон ва водород газларининг массавий улуси мос ҳолда 80% ва 20% ни ташкил этса, шу аралашманинг C_v ва C_p солиштирма иссиқлик сифимларини аниқланг.
3. Таркибида массаси 10 г кислород ва массаси 20 г азот бўлган газ аралашмасининг солиштирма иссиқлик сифимлари қандай бўлади?
4. Таркибида 5 л водород ва 3 л гелий бўлган газ аралашмасининг солиштирма иссиқлик сифими аниқлансан. Газлар бир хил шароитда турибди.
5. Таркибида массаси 10 г гелий ва массаси 4 г водород бўлган газ аралашмаси учун адиабата кўрсаткичи топилсан.
6. Массаси 4 г бўлган водород ўзгармас босим остида 10 K га қиздирилган. Газ кенгайишининг иши аниқлансан.
7. 12 л ҳажмни эгаллаган 100 кПа босим остидаги газ 300 K температурадан то 400 K температурагача изобарик равища қиздирилади. Газ кенгайишининг иши аниқлансан.
8. Агар 5 г массали водород 290 K ҳароратда изотермик равища кенгайганда унинг ҳажми уч марта ошган бўлса, бунда қандай иш бажарилган?
9. Массаси 1 кг бўлган кислородни адиабатик сикишда 100 кЖ иш бажарилди. Агар сикилгунча кислород 300 K температурада бўлган бўлса, газнинг охирги температураси аниқлансан.
10. Агар массаси 4 г бўлган водород адиабатик кенгайишида унинг температураси 10 K га пасайса, адиабатик кенгайишидаги иш аниқлансан.
11. Массаси 2 г бўлган 300 K температурадги азот шундай адиабатик сикилганки, ҳажми 10 марта камайган. Газнинг охирги температураси ва сикиш иши аниқлансан.
12. 1,2 мПа босим остида 1 л ҳажмни эгаллаган кислород 10 л ҳажмгача адиабатик кенгайди. Газ кенгайишининг иши аниқлансан.
13. 150 K га қиздирилган 5 кг массали азот ҳажмини ўзгармас сақлади. 1) газга берилган иссиқлик миқдори 2) ички энергиясининг ўзгариши 3) газ бажарган иш топилсан.
14. Водород 100 кПа босимда 10 m³ ҳажмни эгаллайди. Газ ўзгармас ҳажмда 300 кПа босимгача қиздирилди. 1) газнинг ички энергиясининг ўзгариши 2) газ бажарган иш; 3) газга берилган иссиқлик миқдори аниқлансан.
15. Ҳажми 50 л бўлган кислородни изохорик равища қиздирилганда унинг босими 0,5 мПа га ўзарди. Газга берилган иссиқлик миқдори топилсан.

REAL GAZLAR. SUYUQLIKLAR VA QATTIQ JISMLARNING XOS SALARI.

11-misol. 10l sig`imli idishda 0,25 kg massali azot bor: 1) gazning ichki bosimi;

2) molekulalarning xususiy hajmi aniqlansin.

Berilgan: | **Yechish:** Gazning ichki bosimi

$V = 10l = 10^{-2} m^3$	$P' = v^2 \frac{a}{V^2} = \left(\frac{m}{M}\right)^2 \frac{a}{V^2}$
$m = 0,25 kg$	ifoda yordamida aniqlanadi.
$P' = ?$	Molekulalarning xususiy hajmini topish uchun, bir moldagi molekulalarning hajmi Van-der-Vaals doimiysi

b ning to`rtdan bir qismiga tengligidan foydalanamiz

$$V' = v \frac{b}{4} = \frac{mb}{4M} \quad (2)$$

Azot uchun Van-der-Vaals doimiyлари $a = 0,135 \frac{N \cdot m^4}{mol^2}$, $b = 3,86 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{mol}$,

$M = 28 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{mol}$ -azotning molyar massasi.

Kattaliklarning qiymatlarini (1)- va (2)-larga qo`yib olamiz

$$P' = \left(\frac{0,25}{28 \cdot 10^{-3}} \right)^2 \frac{0,135}{(10^{-2})} Pa = 79,72 \cdot 0,135 \cdot 10^4 Pa = 107,6 \cdot 10^3 Pa = 107,6 kPa.$$

$$V' = \frac{0,25 \cdot 3,86 \cdot 10^{-5}}{4 \cdot 28 \cdot 10^{-3}} m^3 = 8,62 \cdot 10^{-5} m^3 = 86,2 sm^3.$$

Javob: $P' = 107,6 kPa$; $V' = 86,2 sm^3$.

12-misol. Modda miqdori 1 mol bo`lgan kislorod 300 K haroratda 0,5 lhajjni egallagan bo`lsa, u ko`rsatadigan bosim aniqlansin. Olingan natija Mendeleev-Klapayron formulasi bo`yicha hisoblangan bosim bilan solishtirilsin.

Berilgan: **Yechish:** Real gazning holat tenglamasi

$v = 1 mol$; Van-der-Vaals tenglamasini yozamiz

$$P + \frac{v^2 a}{V^2} (V - vb) = vRT, \quad (1)$$

$T = 300K$. bu yerda $a = 0,133 \frac{N \cdot m^4}{mol^2}$, $b = 3,17 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{mol}$ kislorod uchun

Van-der-Vaals doimiyлари. $R = 8,31 \frac{J}{K \cdot mol}$ gaz molyar doimiysi.

(1) ifodadan R ni topamiz

$$P = \frac{vRT}{(V - vb)} - \frac{v^2 a}{V^2} \quad (2)$$

Endi ideal gaz holat tenglamasi Mendeleev-Klapayron tenglamasini yozamiz

$$PV = vRT. \quad (3)$$

(3) dan ham P ni topib olamiz

$$P = \frac{vRT}{V}.$$

(2) va (4) larga kattaliklarning son qiymatlarini qo`yib topamiz

$$P = \left(\frac{1 \cdot 8,31 \cdot 300}{5 \cdot 10^4 - 1 \cdot 3,17 \cdot 10^{-5}} - \frac{(1)^2 \cdot 0,133}{(5 \cdot 10^{-4})^2} \right) Pa = \left(\frac{24,93 \cdot 10^6}{5,317} - \frac{0,133 \cdot 10^8}{25} \right) Pa = \\ = (5,32 - 0,53) \cdot 10^6 Pa = 4,79 \cdot 10^6 Pa = 4,79 MPa.$$

$$P = \frac{1 \cdot 8,31 \cdot 300}{5 \cdot 10^{-4}} Pa = \frac{24,93}{5} \cdot 10^6 Pa = 4,99 \cdot 10^6 Pa = 4,99 MPa.$$

javob: Van-der-Vaals tenglamasi bo`yicha $R=4,79 MPa$;

Mendeleev-Klapeyron tenglamasi bo`yicha $R=4,99 MPa$.

1.3 Mustaqil echish uchun masalalar

- Агар критик температура $T_{kp}=126 K$ ва босим $P_{kp}=3,39$ мПа лар маълум бўлса, азот учун Ван-дер-Ваальс тенгламасидаги a ва b доимиylар ҳисоблансин.
- Аргон учун критик температура $T_{kp}=151 K$ ва критик босим $\rho_{kp}=4,86$ мПа. Шу берилганлар бўйича аргоннинг критик моляр ҳажми аниқлансин.
- Критик ҳолатдаги сув буғларининг зичлиги аниқлансин.
- Нормал босим ва $300 K$ температурадаги массаси 132 г бўлган карбонат ангидрид газини: 1) идеал газ; 2) реал газ деб қараб, ички энергияси топилсин.
- Массаси 8 г бўлган кислород $300 K$ температурада 20 cm^3 ҳажмни эгаллайди. Кислороднинг ички энергияси аниқлансин.
- Модда миқдори 1 моль бўлган неоннинг ҳажми 1 л дан 2 л гача изотермик равишда кенгайганда ички энергиясининг ўзгариши аниқлансин.
- Сигими 1л бўлган идишда 10 г азот сақланади. Агар азот бўшлиқда 10л ҳажмгacha кенгайса, унинг температурасининг ўзгариши аниқлансин.
- Изотермик жараён ҳолатида, совун пуфагининг ҳажмини 8 cm^3 дан 16 cm^3 гача ошириш учун қанча иш бажариш лозим? Совун кўпигининг сирт таранглик коэффициенти 40 MN/m .
- Агар $0,8 \text{ mm}$ ва $1,2 \text{ mm}$ диаметрли иккита симоб томчисининг кўшилишидан битта томчи ҳосил бўлса, бу жараёнда қанча энергия ажralиб чиқади? Симбонинг сирт таранглик коэффициенти 500 MN/m .
- Глицерин диаметри 1 mm бўлган капилляр найдада 22 mm баландликка кўтарилади. Бунда тўла хўлланиш ҳодисаси кузатилишини эътиборга олиб, глицериннинг сирт таранглик коэффициенти аниқлансин. Глицериннинг зичлиги $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$ деб олинсин.

ELEKTROMAGNETIZM

13-misol. Bir-biridan 30 sm masofada joylashgan ikkita parallel sim bo`yicha bir xil yo`nalishda o`zgarmas tok o`tadi. Sim mahkamlangan tayanchlar orasidagi masofani(simlarning uzunligi) 50 m. Simlardagi tok kuchi 150 A.

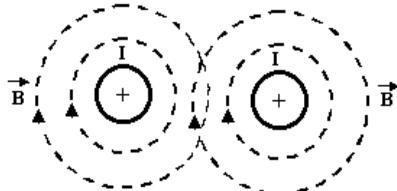
Simlarning o`zaro ta`sir kuchi modulini va yo`nalishini aniqlang.

Berilgan: $I_1=I_2=I = 150 \text{ A}$ -har bir simdagи tok kuchi; $a=0,3 \text{ m}$ -simlar orasidagi masofa; $l=50 \text{ m}$ -tayanchlar orasidagi masofa;jadvaldan: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ -magnit doimiysi; $\mu=1$ -havoning magnit singdiruvchanligi.

Topish kerak: F-simlarning o`zaro ta`sir kuchini (moduli va yo`nalishini).

Yechilishi. Simning aktiv qismi uzunligi sifatida tayanchlar orasidagi masofani qarab chiqamiz. $l \gg a$ ni hisobga olib, simni cheksiz uzun deb hisoblash mumkin, u holda o`zaro ta`sir kuchini quyidagi formuladan topamiz:

$$F = \mu_0 \mu \frac{I^2 l}{2\pi a} ; F = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} H / m \cdot 1(150 A)^2 50 m}{2\pi \cdot 0,3 m} = 0,75 \text{ N.}$$



12.1- rasm

Simlarga ta`sir etuvchi kuchning yo`nalishini aniqlash uchun 12.1-rasmdan foydalanamiz. Simlar orasida(ichki tomonda) magnit maydon zaiflashadi (induktsiya chiziqlari bir-biriga qarab yo`nalgan), tashqi tomonda ikkala simning maydon induktsiyasi chiziqlari bir xil yo`nalishga ega-bu yerda maydon kuchaygan, demak, bir xil yo`nalgan tokda simlar o`zaro tortishishi kerak.

Javobi. Simlarning o`zaro tortishish kuchi 0,75 N ga teng.

14-misol. Uzunligi 0,5 m bo`lgan simga undagi tok kuchi 4 A bo`lganda, induktsiya chizig`i bilan 90° burchak hosil qilganda bir jinsli maydon 2,8 N kuch bilan ta`sir qiladi. 30° burchakda o`sha maydon o`tkazgichga qanday kuch bilan ta`sir qiladi?

Berilgan: $l=0,5$ m-simning uzunligi; $I=4$ A-simdagи tok kuchi; $F=2,8$ N-burchak 90° bo`lgandagi Amper kuchi; $\alpha_1=90^\circ$, $\alpha_2=30^\circ$ -birinchi va ikkinchi holatlarda sim yo`nalishi bilan induktsiya chiziqlari orasidagi burchaklar.

Topish kerak: F_2 -o`tkazgichga ta`sir qiluvchi kuchni.

Yechilishi. Amper formulasi $F_i = BIl \sin \alpha$ dan bir jinsli magnit maydon induktsiyasini aniqlaymiz:

$$B = \frac{F_1}{Il \sin \alpha_1} ; B = \frac{2,8 H}{4 A \cdot 0,5 m \cdot 1} = 1,4 \text{ T.}$$

Magnit induktsiyasini bilgan holda , agar burchak 30° ga teng bo`lsa, magnit maydonning tokli o`tkazgichga ta`sir kuchini aniqlash mumkin:

$$F_2 = BIl \sin \alpha_2 ; F_2 = 1,4 \text{ T} \cdot 4 \text{ A} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 0,5 = 1,4 \text{ N.}$$

Javobi. Ikkinchi holda o`tkazgichga 1,4 N kuch ta`sir qiladi

1.3 Mustaqil echish uchun masalalar

1.Zaryadlarning birining mikdori 4 marta orttirilganda ularning o`zaro ta`sir kuchlari avvalgidek kolishi uchun ular orasidagi masofani qanday uzgartirish kerak?

2.Yassi kondensator bir-biridan $d=2,0$ mm masofada joylashgan, har birining yuzi $S=200 \text{ sm}^2$ dan bo`lgan ikkita plastinkadan iborat bo`lib, ular orasida slyuda katlamli bor. Agar ruxsat etiladigan kuchlanish $U = 3,0 \text{ kV}$ bo`lsa, kondensatorga

eng ko'pi bilan qancha q zaryad berish mumkin? Slyudaning dielektrik singdiruvchanligi $\epsilon = 6$.

3.O'tkazgich orqali $I=10$ A tok oqomokda. Xuddi shu o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan $t=1$ soat davomida oqib o'tadigan elektronlarning umumiy massasini toping. Elektronning zaryadi $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl, massasi $m=9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.

4.Maydonning bir nuqtasidagi $q=2$ nkl zaryadga $F=400$ nN kuch ta'sir kiladi? SHu nuqtadagi elektr maydon kuchlanganligini toping.

5.Yassi kondensator har qaysi plastinkasining yuzi 520 sm^2 ga teng. Kondensatorning sig'imi 46 pf ga teng bo'lishi uchun plastinkalarni xavoda bir biridan qancha masofada joylashtirish lozim?

6.Har birining qarshiligi $R=60 \text{ Om}$ dan bo'lgan uchta rezistorga ega bo'lgan holda, qanday qarshiliklarni hosil kilish mumkin?

7.Diametri $D=18 \text{ sm}$ ga teng bo'lgan metall shar $\varphi=10 \text{ kV}$ potensialgacha zaryadlangan. SHar zaryadining kattaligini aniqlang.

8.Agar kondensator 1.4 kV kuchlanishgacha zaryadlanganda u 28 nKl zaryad olsa, shu kondensator sig'imi qancha?

9.EYUK $\epsilon=1,1 \text{ V}$ bo'lgan elementga ulangan qarshiligi $R=2 \text{ Om}$ li o'tkazgichdan $I=0,50 \text{ A}$ tok o'tmokda. Element qisqa tutashtirilganda tok kuchi qancha bo'ladi?

10.Sig'imi $S=10 \text{ mkf}$ bo'lgan kondensatorga $q=4 \text{ mkKl}$ zaryad berildi. Bu kondensatorning energiyasi qancha bo'ladi?

ELEKTROMAGNIT INDUKTSIYA

15-misol. Uzunligi $0,6 \text{ m}$ va qarshiligi $0,2 \text{ Om}$ bo'lgan AB o'tkazgich EYUK $0,96 \text{ V}$ va ichki qarshiligi $0,1 \text{ Om}$ elektr energiya manbaiga ulangan mis sim (shina) CB bo'ylab harakat qiladi. Shinaning qarshiligi hisobga olinmasa bo'ladigan darajada kichik. Agar o'tkazgich: a) tinch tursa, b) o'quvchi tomonidan yo'nalgan induktsiyasi $1,6 \text{ T}$ bo'lgan bir jinsli magnit maydonida $0,5 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakatlansa, undagi tok kuchini aniqlang.

Berilgan: $i=0,6 \text{ m}$ -o'tkazgichning uzunligi; $R=0,2 \text{ Om}$ -o'tkazgichning qarshiligi; $\epsilon=0,96 \text{ V}$ -tok manbaining EYuK; $r=0,1 \text{ Om}$ -tok manbaining ichki qarshiligi; $v=0,5 \text{ m/s}$ -o'tkazgichning harakat tezligi; $B=1,6 \text{ T}$ -magnit maydon induktsiyasi.

Topish kerak: a) I_1 -tinch turgan o'tkazgichdagi tok kuchini; b) I_2 -magnit maydonida harakatlanayotgan o'tkazgichdagi tok kuchini.

Yechilishi. a) Agar o'tkazgich tinch holatda tursa, tok kuchi I_1 butun zanjir uchun Om qonuni formulasidan aniqlanadi.

$$I_1 = \frac{\epsilon}{R+r}; I_1 = \frac{0,96V}{0,2Om + 0,1Om} = 3,2 \text{ A}.$$

b) Agar o'tkazgich bir jinsli magnit maydonda v tezlik bilan harakatlansa, unda induktsiya EYuKi hosil bo'ladi, agar o'tkazgich berk zanjirning biror qismi hisoblangs, yo'nalihi o'ng qo'l qoidasi bilan aniqlanuvchi induktsion tok hosil bo'ladi. Biz ko'rayotgan misolda induktsion tok, I_1 tokka qarshi yo'nalgan. Berilgan hol uchun Om qonuni quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$I_2 = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}_u}{R + r}$; $\mathcal{E}_u = Blv$; u holda $I_2 = \frac{\mathcal{E} - Blv}{R + r}$. Bu yerda diqqatni magnit maydon induktsiyasi va tezlik vektori 90° burchak hosil qilishiga qaratish kerak.

$$I_2 = \frac{0,96V - 1,6T \cdot 0,6m \cdot 0,5m/s}{0,2Om + 0,1Om} = 1,6 \text{ A.}$$

Javobi. Tinch turgan o`tkazgichdagi tok kuchi $3,2 \text{ A}$ ga; magnit maydonda harakatlanganda $1,6 \text{ A}$ ga teng.

16-misol. Induktsiyasi $0,12 \text{ T}$ bo`lgan bir jinsli magnit maydonga 10 sm diametrli yumaloq ramka shunday joylashtiril-ganki, unda induktsiya vektori ramka tekisligiga perpendikulyar yo`nalgan (13.2-rasm). Agar ramkani $0,14 \text{ s}$ ichida 180° burchakka burishda unda EYuK $0,942 \text{ V}$ hosil bo`lsa, uning o`ramlar sonini aniqlang.

Berilgan: $B=0,12 \text{ T}$ -magnit maydon induktsiyasi; $d=0,1 \text{ m}$ -o`ramning diametri: $\alpha=180^\circ$ -ramkaning burilish burchagi; $\Delta t=0,14 \text{ s}$ -vaqt oralig`i; $\mathcal{E}_i=0,942 \text{ V}$ -induktsiya EYuK.

Topish kerak: N-ramkadagi o`ramlar sonini.

Yechilishi. Ramka burilganda uning konturi bilan chegaralangan magnit oqimi o`zgaradi va unda induktsiya EYuK yuzaga keladi:

$$\mathcal{E}_u = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} N.$$

Masalaning shartiga ko`ra ramka burilmasdan avval uning tekisligiga o`tkazilgan normal va induktsiya vektori $\alpha=0$ burchak hosil qiladi va bunda ramka konturi orqali o`tuvchi magnit oqimi: $F_1=BS \cos\alpha_0$. Ramka burilgandan keyin: $F_2=BS \cos\alpha$, bu yerda $\alpha=180^\circ$. Magnit oqimining o`zgarishi:

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1; \Delta\Phi = BS \cos 180^\circ - BS \cos 0^\circ; \cos 180^\circ = -1, \cos 0^\circ = 1, \text{ u holda}$$

$$\Delta\Phi = -BS - BS = -2BS; S = \frac{\pi d^2}{4} \text{ ni hisobga olsak, u holda quyidagini}$$

$$\text{olamiz: } \Delta\Phi = -\frac{B\pi d^2}{2}.$$

Induktsiya EYuK uchun ifodasiga magnit oqimining o`zgarishini qo`yib, quyidagini olamiz: $\mathcal{E}_u = \frac{B\pi d^2}{2\Delta t} N$. Bu yerdan o`ramlar soni:

$$N = \frac{2\mathcal{E}_u \Delta t}{B\pi d^2}; N = \frac{2 \cdot 0,942V \cdot 0,14s}{0,12T \cdot 3,14 \cdot 10^{-2} m^2} = 70.$$

Javobi. Ramkadagi o`ramlar soni 70 ga teng .

1.3 Mustaqil echish uchun masalalar

1.Q₁ = 200 nKl va Q₂ = 450 nKl zaryadga ega bo`lgan ikkita sharcha F = 0,1 N kuch bilan ta`sirlashadi. SHarchalar orasidagi masofa qancha?

2.Sig`imi 2 mkf bo`lgan kondensator U = 110 V kuchlanishgacha zaryadlangan. So`ngra uni tarmoqdan uzib sig`imi noma`lum bo`lgan S₂ kondensatorga parallel ulanadi. Kondensator bunda 44 V kuchlanishgacha zaryadlanadi. Ikkinchi kondensatorning sig`imini aniqlang.

3.«Neksiya» avtomobili uchun mo‘ljallangan starter akkumulyatorlar batareyasida to‘plangan energiya miqdorini hisoblang. Akkumulyatorning EYUK 12V, sig‘imi 55 A·soat

4.Bir – biridan 3 sm masofada turgan har biri 10 nKI dan bo‘lgan ikki zaryad qanday kuch bilan ta’sirlashadi.

5.Sig‘imlari 2 mkF, 3 mkF, 4 mkF bo‘lgan kondensatorlarni 1.2 kV kuchlanishli zanjirga ulangan. Ularni birinchi holda ketma –ket va ikkinchi holda parallel ulangan, deb qarab, har bir holat uchun energiya hisoblansin.

6.Elektr toki bilan payvandlash 500 A tokda 40 V kuchlanish ostida bajariladi. 30 minut ishlaganda iste’mol quvvatini va energiyani aniqlang.

7.Bir biridan qanday masofada 1 mkKI va 10 nKI zaryadlar 9 mN kuch bilan o‘zaro ta’sirlashadi?

8.YAssi kondensator bir-biridan 2 mm masofada joylashgan har birining yuzi 200 sm² dan bo‘lgan 2 ta plastinkadan iborat bo‘lib, ular orasida ebonit ($\varepsilon = 2,7$) qatlami bor. Agar ruxsat etiladigan kuchlanish 3 kV bo‘lsa, kondensatorga eng ko‘pi bilan qancha zaryad berishi mumkin?

10.100 Vt quvvatli elektr lampa 200 V kuchlanishli tarmoqqa ulangan. Lampa tolasini ishchi holatidagi qarshiligini, lampadagi tokni va lampa har kuni 5 soatdan yonadi deb, bir oy davomida (30 kun) sarf bo‘ladigan energiya miqdorini aniqlang.

MEXANIK TEBRANISHLAR VA TO`LQINLAR. AKUSTIKA

17-misol. Bola taxta ustida tebranmoqda. Uning eng yuqorigi vaziyatdan eng quyi vaziyatga tushishi uchun ketgan vaqt 1,5 s ga teng. Tebranish chastotasi, doiraviy chastotasi va davri topilsin.

Berilgan: t=1,5 s -bolaning eng yuqorigi vaziyatdan eng quyi vaziyatga tushishi uchun ketgan vaqt.

Topish kerak: v -bolaning tebranishlar chastotasini; ω -doiraviy chastotasini, T-tebranishlar davrini.

Yechilishi. Ushbu holda tebranish davrini bolaning ikkita ketma-ket keluvchi eng yuqorigi (yoki eng quyi) vaziyatlari oralig‘ini bosib o‘tishi uchun sarflanadigan vaqt sifatida aniqlash mumkin. Shunday qilib, T=2t.

Chastota va doiraviy chastota quyidagi formulalardan topiladi:

$$v = 1/T; \omega = 2\pi v.$$

Hisoblashlarni bajaramiz:

$$T = 2 \cdot 1,5 \text{ s} = 3 \text{ s}; v = \frac{1}{3 \text{ s}} = 0,33 \text{ s}^{-1} = 0,33 \text{ Hz};$$

$$\omega = 2 \cdot \pi_{\text{rad}} \cdot 0,33 \text{ s}^{-1} = 2,1 \text{ rad/s}.$$

Javobi. Tebranishlar chastotasi $v = 0,33 \text{ Hz}$ ga; doiraviy chastota $\omega = 2,1 \text{ rad/s}$ ga; davri esa $T = 3 \text{ s}$ ga teng.

18-misol. Nuqtaning koordinatalari quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$x = 1,2 \cos \pi(2t/3 + 1/4).$$

Tebranishlar amplitudasi, doiraviy chastotasi, chastotasi, davri va boshlang‘ich fazasini aniqlang. Tezlik va tezlanish amplitudalarini toping. Harakat boshlangandan keyin 0,375 s o‘tgach, tebranishlar fazasi nimaga teng bo`ladi?

Berilgan: $x = 1,2 \cos \pi(2t/3 + 1/4)$ -tebranayotgan nuqtaning harakat tenglamasi; $t=0,375$ s-harakat boshlangandan keyin o'tgan vaqt.

Topish kerak: x_0 -tebranishlar amplitudasini; ω -doiraviy chastotani; v -chastotani; T -davrni; φ_0 -boshlang`ich fazani; ϑ_0 -tezlik amplitudasini; a_0 -tezlanish amplitudasini; φ -vaqtning t momentidagi tebranishlar fazasini.

Yechilishi. Avval berilgan tenglamani tarkibida kosinus emas, balki sinus bo`lgan ko`rinishga keltiramiz. Trigonometriyadan $\cos \alpha = \sin(\alpha + \pi/2)$ ekanligi ma`lum. Bundan

$$x = 1,2 \cos \pi(2t/3 + 1/4) = 1,2 \sin[\pi(2t/3 + 1/4) + \pi/2] = \\ = 1,2 \sin[2\pi/3 + \pi/4 + \pi/2] = 1,2 \sin(2\pi/3 + 3\pi/4).$$

Hosil bo`lgan tenglamani ushbu $x = x_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$ garmonik tebranishlar tenglamasi bilan taqqoslab quyidagilarni topamiz:

$$x = 1,2 \text{ m}; \omega = \frac{2\pi}{3} \text{ rad/s} = 2,1 \text{ rad/s}; \varphi_0 = \frac{3\pi}{4} \text{ rad} = 2,36 \text{ rad}.$$

Chastota, davr va fazani quyidagi formulalardan aniqlaymiz:

$$v = \omega / 2\pi; T = 1/v; \varphi = \omega t + \varphi_0.$$

Tezlikning amplituda qiymatini topish uchun harakat tenglamasini differentialsallash kerak. Bunda quyidagiga ega bo`lamiz:

$$\frac{dx}{dt} = x_0 \omega \cos(\omega t + \varphi_0) \text{ yoki } \vartheta = \vartheta_0 \cos(\omega t + \varphi_0).$$

$$\text{Bunda: } \vartheta_0 = x_0 \omega.$$

Tezlanishning amplituda qiymatini topish uchun tezlik tenglamasini

$$\text{differentialsallash kerak: } \frac{d\vartheta}{dt} = -\vartheta_0 \omega \sin(\omega t + \varphi_0) \text{ yoki}$$

$$a = -\vartheta_0 \omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0). \text{ Bunda: } a_0 = -\vartheta_0 \omega = -x_0 \omega^2.$$

Hisoblashlarni bajaramiz:

$$v = \frac{2\pi \text{ rad}}{3 \cdot 2\pi \text{ rad}} = 0,33 \text{ Hz}; T = \frac{1}{v} = 3 \text{ s}; \varphi = \frac{2\pi \text{ rad}}{3} \cdot 0,375 \text{ s} + \frac{3\pi}{4} \text{ rad} = 3,14 \text{ rad};$$

$$\vartheta_0 = 1,2 \text{ m} \cdot \frac{2\pi}{3} \text{ s}^{-1} = 2,5 \text{ m/s}; a_0 = -1,2 \text{ m} \cdot \frac{4\pi^2}{3} \text{ s}^{-2} = -5,27 \text{ m/s}^2.$$

Javobi: Tebranishlar amplitudasi $x_0 = 1,2$ m ga; doiraviy chastota $\omega = 2,1$ rad/s ga; chastota $v = 0,33$ Hz ga; davr $T = 3$ s ga; boshlang`ich faza $\varphi_0 = 2,36$ rad ga; tezlik amplitudasi $\vartheta_0 = 2,5$ m/s ga; tezlanish amplitudasi $a_0 = -5,27$ m/s² ga teng. Harakat boshlangandan $t = 0,375$ s o`tgandan keyingi faza $\varphi = 3,14$ rad ga teng.

1.3 Mustaqil echish uchun masalalar

1. Tebranish konturidagi kondensatorda maksimal kuchlanish 120 V. Agar g`altakning induktivligi 0,005 H, kondensatorning sig`imi esa 10^{-5} F bo`lsa, maksimal tok kuchini aniqlang. Aktiv qarshilikni e`tiborga olinmaydigan darajada kichik deb hisoblang.

2. Tebranish konturidagi tok kuchining vaqtga bog`lanishi $i = 0,06 \sin 10^6 \pi t$ tenglama bilan tavsiflanadi. Agar magnit maydonning maksimal energiyasi $1,8 \cdot 10^{-5}$

⁴J ga teng bo`lsa, elektromagnit tebranishlarning chastotasini va g`altakning induktivligini aniqlang.

3. Tebranish konturida tebranish protsessida maksimal tok kuchi $6,28 \cdot 10^{-3}$ A qiyamatga erishadi, kondensatordagi maksimal zaryad esa 10^{-8} C ga teng bo`ladi. Konturdagi tebranish davrini aniqlang. U qanday to`lqin uzunliklarga sozlangan?

O`ZGARUVCHAN ELEKTR TOKI

19-misol. O`zgaruvchan tok generatoriga ketma-ket 20 Om aktiv qarshilikli nagruzka, $0,0398\text{ H}$ induktivligi g`altak va 159 mF sig`imli kondensator ulangan. Berilgan uchastkalardagi va butun zanjirdagi kuchlanishni aniqlang. Tok va kuchlanish orasidagi faza siljishi nimaga teng? Zanjirning to`la qarshiligini toping. Sig`im va induktiv qarshiliklar o`zaro teng bo`lganda nima bo`ladi? O`zgaruvchan tokning chastotasi 100 Hz , tok kuchi esa 2 A ga teng. Vektor diagrammani yasang.

Berilgan: $R=20\text{ Om}$ -aktiv qarshilik; $L=0,0398\text{H}=3,98 \cdot 10^{-2}\text{H}$ -g`altakning induktivligi; $C=159\text{ mF}=1,59 \cdot 10^{-4}\text{ F}$ -kondensatorning sig`imi; $\nu=100\text{ Hz}$ -o`zgaruvchan tokning chastotasi; $I=2\text{ A}$ -tok kuchining haqiqiy qiymati.

Topish kerak: U_R , U_L , U_C , U – mos ravishda qarshilikdagi, induktivlik g`altagidagi, kondensatordagi va butun zanjirdagi kuchlanishni, φ -zanjirdagi kuchlanish va tok kuchi orasidagi faza siljishini; Z -zanjirning to`la qarshiligini.

Yechilishi. Induktivlik g`altagi va kondensatorning qarshiligini $X_L=\omega L$; $X_C=1/\omega C$ formulalardan topamiz.

Zanjirning to`la qarshiligi quyidagiga teng:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

Ketma-ket ulashda zanjirning barcha elementlari orqali bir xil tok o`tadi, butun zanjirning kuchlanishi esa alohida qismlardagi kuchlanishlar yig`indisiga teng bo`ladi. Aktiv qarshilikdagi kuchlanish

$$U_R=IR$$

ga teng va tok bilan faza jihatdan mos tushadi. Induktivlik g`altagidagi kuchlanish

$$U_L=I\omega L$$

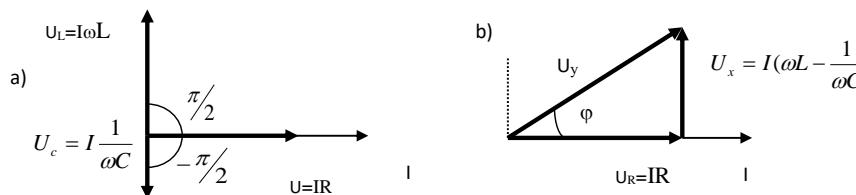
ga teng, tokdan faza jihatdan $\pi/2$ ga o`zib ketadi.

Kondensatordagi kuchlanish.

$$U_C=I/(\omega C)$$

ga teng, tokdan faza jihatdan $\pi/2$ ga orqada qoladi.

To`la kuchlanishni vektor diagramma yordamida topamiz. Buning uchun tekislikda nol nuqta tanlaymiz va undan gorizontal vektor – tok chizig`ini chiqaramiz, so`ngra bu chiziqqha nisbatan kuchlanish vektorlarini yasaymiz (15.1-a rasm).



15.1-rasm

Aktiv qarshilikdagi kuchlanish vektori U_R ni nol nuqtadan toklar o`qi bo`ylab yotqizamiz, chunki uning uchun faza siljshi nolga teng. Induktivlik g`altagidagi kuchlanish vektori U_L ni yasaymiz. Burchak, odatda, soat strelkasi harakatiga teskari yo`nalishda sanab ajratiladi, shuning uchun kuchlanish vektorini nol nuqtadan toklar o`qiga perpendikulyar ravishda yuqoriga qarab yo`naltiramiz.

Kondensatordagi kuchlanish vektori U_C ni nol nuqtadan toklar o`qiga perpendikulyar ravishda pastga qarab yo`naltiramiz.

Uchchala vektoring geometrik yig`indisi zanjirdagi to`la kuchlanishni beradi. Avval vertikal bo`yicha yo`nalgan vektorlarni qo`shish kerak, natijada kuchlanishlar uchburchagi (15.1-b rasm) hosil bo`lib, undan kuchlanish va faza siljishini osongina topish mumkin: $U_x = U_L - U_C$;

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_X^2} = I\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2};$$

$$\operatorname{tg} \varphi \frac{\omega L - 1/\omega C}{R} = \frac{U_X}{U_R}.$$

Agar $\omega L = 1/\omega C$ bo`lsa, u holda reaktiv qarshilik nolga teng bo`ladi. Bu hodisa $\omega_0^2 = 1/(LC)$ formuladan aniqlanuvchi, $\omega = \omega_0$ chastotada ro`y beradi. Bunda zanjirning qarshiliqi minimal va aktiv qarshilikka teng bo`ladi $Z = R$, tok kuchi esa maksimal qiymatga erishadi. Bu hodisa kuchlanish rezonansi deb, ω_0 esa rezonans burchak chastota deb ataladi.

Hisoblaymiz:

$$U_R = 2 \text{ A} \cdot 20 \text{ Om} = 40 \text{ V};$$

$$U_L = 2 \text{ A} \cdot 2\pi \cdot 100 \text{ c}^{-1} \cdot 0,0398 \text{ H} = 50 \text{ V}.$$

$$U_C = 2 \text{ A} / (2\pi \cdot 100 \text{ s}^{-1} \cdot 1,59 \cdot 10^{-4} \text{ F}) = 20 \text{ V};$$

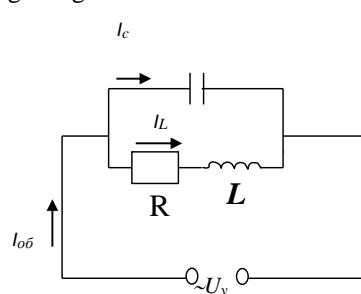
$$U = \sqrt{(40 \text{ V})^2 + (30 \text{ V})^2} = 50 \text{ V};$$

$$X_L - X_C = 2\pi \cdot 100 \text{ c}^{-1} \cdot 0,398 \text{ H} - (2\pi \cdot 100 \text{ s}^{-1} \cdot 1,59 \cdot 10^{-4} \text{ F})^{-1} = 15 \text{ Om},$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{15 \text{ Om}}{20 \text{ Om}} = 0,75; \varphi = 36^\circ 52'.$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \frac{U}{I} = \frac{50 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 25 \text{ Om}$$

Javobi: Aktiv qarshilikdagi, g`altakdagi va kondensatordagi kuchlanish mos ravishda $U_R = 40$, $U_L = 50$, $U_C = 20$ V ga, to`la kuchlanish $U = 50$ V ga teng; faza siljishi $\varphi = 36^\circ 52'$, to`la qarshilik $Z = 25$ Om; induktiv va sig`im qarshiliklar o`zaro teng bo`lganda rezonans boshlanadi.



20-misol. 20 Hz chastotada 80 V kuchlanish beradigan generatorga o`zaro parallel ravishda ulangan induktivlik g`altagi va 750 mF sig`imli kondensator ulandi. G`altak 1 Om aktiv qarshilikka va 0,1H induktivlikka ega (15.2-rasm).

Tarmoqlaridagi tok kuchini va butun zanjirdagi to`la tok kuchini aniqlang. Qanday

shart bajarilganda konturda rezonans boshlanadi? Agar $\omega^2 L^2 \gg R^2$ bo`lsa, zanjirning rezonans paytidagi qarshiligini toping.

Berilgan: $U=80$ Bzanjirdagi kuchlanish; $v=20$ Hz - chastota; $C=750$ $\mu\text{F}=7,5 \cdot 10^{-4}$ F - kondensatorning sig`imi, $L=0,1$ H, $R=1$ Om g`altakning induktivligi va qarshiligi.

Topish kerak: I_C , I_L , I-mos ravishda tarmoqlardagi va butun zanjirdagi tok kuchini; rezonans shartini; Z-konturning rezonans paytidagi qarshiligini.

Yechilishi. Oldin induktivlikka ega bo`lgan tarmoqni qaraymiz. Uning uchun 1-misolda yasalgandek vektor diagrammasini yasaymiz (15.3-rasm).

15.3-rasmdan U va φ_L ni osongina topamiz:

$$U = I_L \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}; \quad \operatorname{tg} \varphi_L = \frac{\omega L}{R}.$$

Parallel ulashda (15.2-rasmga qarang) har qaysi tarmoqdagi kuchlanish U bir xil bo`ladi, tok kuchi I esa parallel tarmoqlardagi tok kuchlarining yig`indisiga teng bo`ladi. Parallel tarmoqlardagi toklar har xil fazaga ega bo`ladi, binobarin, ularni vektorlar diagrammasi yordamida qo`shish lozim. Kuchlanishlar o`qini o`tkazamiz (15.4-rasm). Induktivlik qatnashgan tarmoqdagi tok kuchi

$$I_L = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

qiymatga ega bo`ladi va kuchlanishdan φ_L qadar orqada qoladi.

Kondensator orqali o`qituvchi tok kuchi $I_C = U \omega C$ ta teng va kuchlanishdan $\pi/2$ ga o`zib ketadi. Kuchlanishlar o`qidan φ burchakka burilgan vektor I bu ikki vektorni qo`shishdan hosil bo`lgan natijaviy vektor hisoblanadi.

I ni kosinuslar teoremasidan aniqlash mumkin:

$$I^2 = I_L^2 + I_C^2 - 2I_L I_C \cos \alpha.$$

Trigonometriyada n ma`lumki,

$\sin \varphi_L =$, chunki

$$\frac{\operatorname{tg} \varphi_L}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_L}} = \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

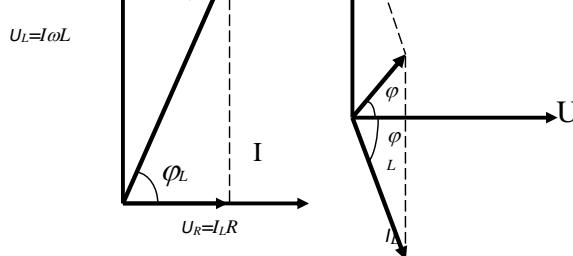
$$\operatorname{tg} \varphi_L = \frac{\omega L}{R} \quad (15.3\text{-rasmga})$$

qarang);

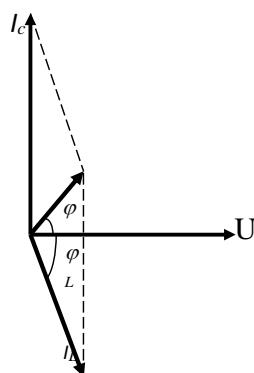
$$\cos \varphi_L = \frac{I}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_L}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}. \quad \alpha = \pi/2 - \varphi_L \text{ bo`lganidan, } \cos \alpha = \sin \varphi_L.$$

Shunday qilib, $I^2 = I_L^2 + I_C^2 - 2I_L I_C \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$.

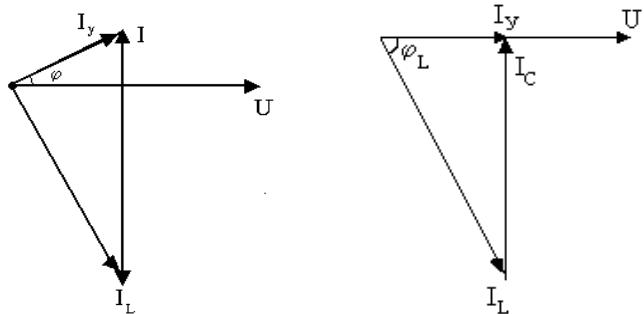
φ burchakni I va I_L ning kuchlanishlar o`qiga proyektsiyasining o`zaro tenglididan topiladi:



15.4-



$$I \cos\varphi = I_L \cos\varphi_L; \cos\varphi = \frac{I_L}{I} \cos\varphi_L.$$



\ 15.5-rasm geometrik qo'shish ko'pinch ha ko'rinishda amalga oshirilsa ancha qulayroq bo'ladi. Bunda koordinata boshidan hamma vektorlar emas, balki faqat birinchi vektor chiqariladi. Keyingi har bir vektor oldingisining oxirgi uchidan chiqariladi. Natija esa birinchi vektoring boshidan chiqib, eng keyingi vektoring oxirgi uchiga boruvchi vektorga teng. Biz qarayotgan masala uchun bunday yasash toklar uchburchagini(15.5-rasm) beradi, hisoblash esa avvalgicha qoladi.

Agar zanjirdagi parametr ω , C, L lardan birontasi o'zgartirilsa, u holda to`la tok va faza siljishi φ o`zgaradi. ω , C va L orasidagi ba`zi munosabatda faza siljishi nolga teng bo'ladi (15.6-rasm). Bunda tok I minimal bo'ladi, binobarin, konturning sof aktiv bo`lib qolgan qarshilik esa ortadi. Bunday hodisa tok rezonansi deb ataladi. 15.6-rasmdan rezonans shartini topamiz:

$$I_C = I_L \sin\varphi_L.$$

Bu yerga I_C , I_L , $\sin\varphi_L$ ning qiymatlarini qo'yib, quyidagiga ega

$$\text{bo`lamiz: } U\omega C = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}.$$

Induktivlik g`altaklarda odatda, induktiv qarshilik aktiv qarshilikka nisbatan ancha katta bo`ladi: $\omega L \gg R$, $\omega^2 L^2 \gg R^2$. Oxirgi tenglikda R^2 ni tashlab yuborib va qisqartirishlar bajarib, tok rezonansi shartini hosil qilamiz.

$$\omega^2 = \omega_0^2 = \frac{1}{LC}.$$

Konturning qarshiligidni topamiz. 15.6-rasmdan quyidagi formula kelib chiqadi:

$$I = I_L \cos\varphi_L = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \omega_0^2 L^2}} \frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega_0^2 L^2}}.$$

$\omega^2 L^2 \gg R^2$ ekanligini hisobga olib, $I = \frac{UR}{\omega_0^2 L^2} = \frac{URC}{L}$ ga ega bo`lamiz, bundan

$$Z = \frac{L}{RC}.$$

Hisoblaymiz:

$$I_L = \frac{80}{\sqrt{(1)^2 + (2\pi \cdot 20 \cdot 0,1)^2}} = 6,35 \text{ A};$$

$$I_C = 80 \cdot 2\pi \cdot 20 \cdot 7,5 \cdot 10^{-4} = 7,54 \text{ A};$$

$$\cos \alpha = \frac{2\pi \cdot 20 \cdot 0,1}{\sqrt{(1)^2 + (2\pi \cdot 20 \cdot 0,1)^2}} = 0,997;$$

$$I = \sqrt{(6,35A)^2 + (7,54A)^2 - 2 \cdot 6,35A \cdot 7,54A \cdot 0,997} = 1,28 \text{ A}.$$

Rezonans chastota

$$\nu_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,1 \cdot 7,5 \cdot 10^{-4}}} = 18,4 \text{ Hz}.$$

To`la qarshilik

$$Z = \frac{0,1}{1 \cdot 7,5 \cdot 10^{-4}} = 133 \text{ Om}.$$

Javobi. G`altak va kondensator orqali oquvchi tok kuchi mos ravishda $I_L = 6,35$ va $I_C = 7,54 \text{ A}$ ga; to`la tok $I = 1,28 \text{ A}$ ga teng; rezonans $\nu = 18,4 \text{ Hz}$ chastotada sodir bo`ladi, bunda konturning qarshiligi $Z = 133 \text{ Om}$ ga teng bo`ladi.

21-misol. Tebranish konturi 20 H induktivlikli g`altak va sig`imini $2 \cdot 10^{-8}$ dan 10^{-8} F gacha o`zgartirish mumkin bo`lgan kondensatordan tashkil topgan. Kontur qanday to`liq uzunliklarga mo`ljallangan? Berilgan konturning chastotalar diapazonini aniqlang.

Berilgan: $L = 2 \cdot 10^{-5} \text{ H}$ -g`altakning induktivligi; $C_1 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ F}$ -kondensatorning maksimal sig`imi; $C_2 = 10^{-8} \text{ F}$ -kondensatorning minimal sig`imi; jadvaldan: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ -yorug`likning vakuumdagi tezligi.

Topish kerak. λ_1 va λ_2 -maksimal va minimal to`lqin uzunliklarni: v_1 va v_2 -tebranish konturining chegaraviy chastotalarini.

Yechilishi. To`lqin uzunliklari $\lambda_1=cT_1$ (C_1 sig`imda) dan $\lambda_2=cT_2$ (C_2 sig`imda) gacha intervalga yetadi.

Konturning tebranish davrini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{LC_1}; T_2 = 2\pi\sqrt{LC_2};$$

$$T_1 = 2 \cdot 3,14 \sqrt{2 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^{-8}} = 3,97 \cdot 10^{-6} \text{ s};$$

$$T_2 = 2 \cdot 3,14 \sqrt{2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-8}} = 2,81 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

U holda to`lqin uzunliklari

$$\lambda_1=3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 3,97 \cdot 10^{-6} \text{ s}=1191 \text{ m};$$

$$\lambda_2=3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 2,81 \cdot 10^{-6} \text{ s}=843 \text{ m}.$$

ga teng bo`ladi. davrlarni bilgan holda chastotalarni aniqlash mumkin:

$$v_1=1/T_1; v_2=1/T_2; v_1=252 \text{ kHz}; v_2=356 \text{ kHz}.$$

Javobi. Ushbu tebranish konturi to`lqin uzunliklarining $843 \div 1191 \text{ m}$ diapazonida $252 \div 356 \text{ kHz}$ chastotalarda ishlashi mumkin.

22-misol. Tebranish konturidagi kondensatorda maksimal kuchlanish 120 V.

Agar g`altakning induktivligi 0,005 H, kondensatorning sig`imi esa 10^{-5} F bo`lsa, maksimal tok kuchini aniqlang. Aktiv qarshilikni e`tiborga olinmaydigan darajada kichik deb hisoblang.

Berilgan: $U_m=120 \text{ V}$ -kondensatordagi maksimal kuchlanish; $L=0,005 \text{ H}$ -g`altakning induktivligi; $C=10^{-5} \text{ F}$ -kondensatorning sig`imi.

Topish kerak: I_m -maksimal tok kuchini.

Yechilishi. Masalani ikki usul bilan yechish mumkin.

1-usul. Rezonans paytida konturning qarshiligi minimal, tok kuchi esa maksimal bo`ladi. Rezonans chastota

$$\omega_0=1/\sqrt{LC} \cdot I_{ms}=U_m/X_c; X_c=1/(\omega_0 C)=\sqrt{L/C}; I_{ms}=U_m/\sqrt{L/C}=U_m\sqrt{C/L}.$$

Shunday tarzda fikr yuritib, induktivlik g`altagidagi tok kuchini ham shunga o`xshash formuladan aniqlash mumkin, degan xulosaga kelamiz.

$$\text{Hisoblaymiz: } I_{ms}=120 \sqrt{\frac{10^{-5}}{5 \cdot 10^{-3}}}=5,37 \text{ A}; I_{ms}=I_m.$$

2-usul. Energiyaning saqlanish va bir turdan ikkinchi turga o`tish qonuniga asosan magnit maydonning maksimal energiyasi elektr maydonning maksimal energiyasiga teng bo`lishi kerak:

$$LI_m^2/2 = CU_m^2/2; \text{ bundan } I_m = U_m \sqrt{C/L}.$$

Ikkala yechimni o`zaro taqqoslab, ikkinchi usul ancha sodda ekanligini ko`ramiz.

javobi. Aktiv qarshilik bo`limganda konturdagi maksimal tok kuchi $I_{ms}=5,37$ A ga teng

1.3 Mustaqil yechish uchun masalalar

1.Er sharining elektr sig`imini hisoblang. $q=1,0$ Kl zaryad Er potensialini qanchaga oshiradi? Erning radiusi $R=6370$ km.

2.EYUK 1.1 V bo`lgan elementga ulangan qarshiligi 2 Om li o`tkazgichdan 0,5 A tok o`tmokda. Element qisqa tutashtirilganda tok kuchi qancha bo`ladi?

3.Qarshiligi 84 Om bo`lgan reostatning cho`lg`ami kundalang kesim yuzi 1 mm^2 bo`lgan nikelin simdan qilingan. $\rho_n = 42 \cdot 10^{-8}$ om m .SHu simning uzunligini aniqlang.

4.YAssi kondensator bir-biridan $d=2,0$ mm masofada joylashgan, har birining yuzi $S=200 \text{ sm}^2$ dan bo`lgan ikkita plastinkadan iborat bo`lib, ular orasida slyuda qatlami bor. Agar ruxsat etiladigan kuchlanish $U=3,0$ kV bo`lsa, kondensatorga eng ko`pi bilan qancha q_m zaryad berish mumkin? Slyudaning dielektrik singdiruvchanligi $\epsilon = 6,0$.

5.Agar moyda ikkita bir xil zaryad bir biridan 6 sm masofada 0.4 mN kuch bilan ta`sirlashsa, har qaysi zaryad miqdori qancha ekanini toping. $\epsilon_{moy} = 2.5$

6.12 mV kuchlanish berilgan uzunligi 10 m va kesimi 2 mm^2 po`lat simdagi tok kuchini toping. $\rho_p = 12 \cdot 10^{-8}$ om m.

7.O`tkazgich orqali $I=10$ A tok oqmoqda. Xuddi shu o`tkazgichning ko`ndalang kesimidan $t=1,0$ soat davomida oqib o`tadigan elektronlarning umumiyligi massasini toping. Elektronning zaryadi $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl, massasi $m=9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.

8.Elektr sig`imi $S=1400 \text{ pF}$ bo`lgan yassi kondensatorning har bir plastinkasi yuzi $S=14 \text{ sm}^2$. Kondensator qoplamlari oralg`iga dielektrik slyuda (dielektrik singdiruvchanligi $\epsilon = 6$) joylashtirilgan. Slyudaning qalinligi topilsin?

9.EYUK 1,5 V bo`lgan elementdan lampochka yonganda zanjirdagi tok kuchi 0,2 A ga teng. 1 minut ichida elementda chet kuchlar bajargan ishni toping.

10.Har birining qarshiligi $R=60$ Om dan bo`lgan uchta rezistorga ega bo`lgan holda, qanday qarshiliklarni hosil qilish mumkin?

23-misol. Tebranish konturi 20 H induktivlikli g`altak va sig`imini $2 \cdot 10^{-8}$ dan 10^{-8} F gacha o`zgartirish mumkin bo`lgan kondensatoridan tashkil topgan. Kontur qanday to`liq uzunliklarga mo`ljallangan? Berilgan konturning chastotalar diapazonini aniqlang.

Berilgan: $L=2 \cdot 10^{-5} \text{ H}$ -g`altakning induktivligi; $C_1=2 \cdot 10^{-8} \text{ F}$ -kondensatorning maksimal sig`imi; $C_2=10^{-8} \text{ F}$ -kondensatorning minimal sig`imi; jadvaldan: $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ -yorug`likning vakuumdagi tezligi.

Topish kerak. λ_1 va λ_2 -maksimal va minimal to`lqin uzunliklarni: v_1 va v_2 -tebranish konturining chegaraviy chastotalarini.

Yechilishi. To`lqin uzunliklari $\lambda_1=cT_1$ (C_1 sig`imda) dan $\lambda_2=cT_2$ (C_2 sig`imda) gacha intervalga yetadi.

Konturning tebranish davrini quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{LC_1}; T_2 = 2\pi\sqrt{LC_2};$$

$$T_1 = 2 \cdot 3,14\sqrt{2 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^{-8}} = 3,97 \cdot 10^{-6} \text{ s};$$

$$T_2 = 2 \cdot 3,14\sqrt{2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-8}} = 2,81 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

U holda to`lqin uzunliklari

$$\lambda_1=3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 3,97 \cdot 10^{-6} \text{ s}=1191 \text{ m};$$

$$\lambda_2=3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 2,81 \cdot 10^{-6} \text{ s}=843 \text{ m}.$$

ga teng bo`ladi. davrlarni bilgan holda chastotalarni aniqlash mumkin:

$$v_1=1/T_1; v_2=1/T_2; v_1=252 \text{ kHz}; v_2=356 \text{ kHz}.$$

Javobi. Ushbu tebranish konturi to`lqin uzunliklarining $843 \div 1191$ m diapazonida $252 \div 356$ kHz chastotalarda ishlashi mumkin.

24-misol. Tebranish konturidagi kondensatorda maksimal kuchlanish 120 V. Agar g`altakning induktivligi $0,005 \text{ H}$, kondensatorning sig`imi esa 10^{-5} F bo`lsa, maksimal tok kuchini aniqlang. Aktiv qarshilikni e`tiborga olinmaydigan darajada kichik deb hisoblang.

Berilgan: $U_m=120 \text{ V}$ -kondensatordagi maksimal kuchlanish; $L=0,005 \text{ H}$ -g`altakning induktivligi; $C=10^{-5} \text{ F}$ -kondensatorning sig`imi.

Topish kerak: I_m -maksimal tok kuchini.

Yechilishi. Masalani ikki usul bilan yechish mumkin.

1-usul. Rezonans paytida konturning qarshiligi minimal, tok kuchi esa maksimal bo`ladi. Rezonans chastota

$$\omega_0=1/\sqrt{LC} \cdot I_{ms}=U_m/X_c; X_c=1/(\omega_0 C)=\sqrt{L/C}; I_{ms}=U_m/\sqrt{L/C}=U_m\sqrt{C/L}.$$

Shunday tarzda fikr yuritib, induktivlik g`altagidagi tok kuchini ham shunga o`xshash formuladan aniqlash mumkin, degan xulosaga kelamiz.

$$\text{Hisoblaymiz: } I_{ms}=120 \sqrt{\frac{10^{-5}}{5 \cdot 10^{-3}}}=5,37 \text{ A}; I_{ms}=I_m.$$

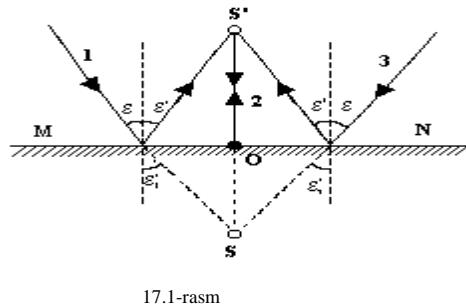
2-usul. Energiyaning saqlanish va bir turdan ikkinchi turga o`tish qonuniga asosan magnit maydonning maksimal energiyasi elektr maydonning maksimal energiyasiga teng bo`lishi kerak:

$$LI_m^2/2=CU_m^2/2; \text{ bundan } I_m=U_m\sqrt{C/L}.$$

Ikkala yechimni o`zaro taqqoslab, ikkinchi usul ancha sodda ekanligini ko`ramiz.

Javobi. Aktiv qarshilik bo`limganda konturdagi maksimal tok kuchi $I_{ms}=5,37 \text{ A}$ ga teng.

OPTIKA



25-misol. Agar yig`iluvchi nurlar dastasi yo`liga yassi ko`zgu joylashtirilsa, qanday hodisa ro`y beradi?

Yechilishi. 17.1-rasmda tasvirlangan chizmaga e`tiborni jalb etamiz. 1, 2, va 3 nurlar yassi ko`zguga yig`iluvchi dasta holida tushadi. Ular qaytgandan so`ng S nuqtaning haqiqiy tasvirini beruvchi S` nuqtada kesishadi.

Ko`zgu bo`lmaqanda nurlar ushbu S nuqtada kesishgan bo`lardi.

Yorug`likning qaytish qonunlaridan foydalangan holda MS`N va MSN uchburchaklarning tengligiga ishonch hosil qilish mumkin, bundan S`O=SO ekanligi kelib chiqadi.

Javobi. Yig`iluvchi nurlar dastasi mavhum shu`lalanuvchi nuqtaning haqiqiy va simmetrik tasvirini beradi.

26-misol. Botiq sferik ko`zgu buyumning uch marta kattalashgan tasvirini beradi. Buyumdan tasvirgacha bo`lgan masofa 2,6 m. Ko`zguning egrilik radiusi nimaga teng?

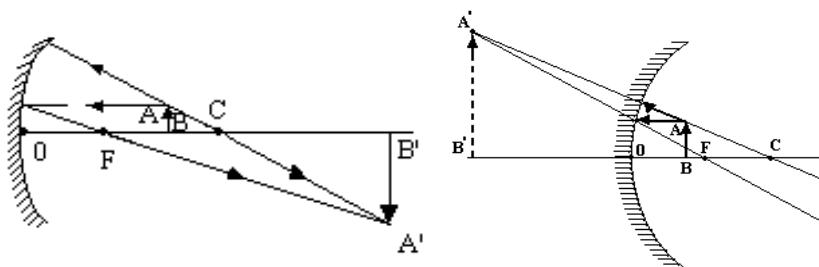
Berilgan. $\beta=3$ -tasvirning chiziqli kattalashishi; $l=2,6$ m-buyumdan tasvirgacha bo`lgan masofa.

Topish kerak: R-ko`zguning egrilik radiusini.

Yechilishi. Ma`lumki $R=2F$, shuning uchun, masalani yechish sferik ko`zguning fokus masofasini topishga qaratiladi.

Botiq ko`zguda ikki hollarda kattalashgan tasvir olish mumkin. Ularning har qaysisini alohida ko`rib chiqamiz.

1. Buyum fokus bilan egrilik markazi orasiga joylashtirilgan (17.2-rasm). A`B` tasvirni olish uchun ikkita nurdan foydalanamiz: ko`zguga optik o`qqa parallel holda tushuvchi va egrilik radiusi bo`ylab yo`nalgan. Nurlar qaytgandan keyin A` nuqtada kesishadi. Optik o`qqa perpendikulyar tushirib, B` nuqtani olamiz. Buyumning chiziqli kattalashishi $a=\beta a$ ga teng bo`lgan haqiqiy tasviri hosil bo`ldi.



17.2-rasm

17.3-rasm

Masalaning shartiga ko`ra $l = a' - a$; shuning uchun $l = \beta a - a$, bundan $a' = \frac{l}{\beta - 1}$ va

$a' = \frac{\beta l}{\beta - 1} \cdot a$ va a' uchun topilgan qiymatlarni sferik ko`zgu formulasiga qo`yib,

fokus masofani aniqlaymiz:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}; \frac{1}{f} = \frac{\beta - 1}{l} + \frac{\beta - 1}{\beta l}; \frac{1}{f} = \frac{\beta^2 - 1}{\beta l}; f = \frac{\beta l}{\beta^2 - 1}; f = \frac{3 \cdot 2,6m}{9 - 1} = 0,975m.$$

Bundan, $R=2 \cdot 0,975$ m=1,95 m.

2. Buyum ko`zgu bilan fokus orasiga joylashtirilgan (17.3-rasm). Tasvir yasash uchun birinchi holdagi nurlardan foydalanamiz. Rasmdan ko`rinib turibdiki, nuqtaning tasviri A` nurlar kesishgan joyda emas, balki ularning davomlari kesishgan joyda hosil bo`lgan, ya`ni tasvir mavhum. Sferik ko`zgu formulasida $1/a'$ kattalikni minus ishora bilan olish kerak. Keyingi mulohazalarimizni birinchi holdagidek davom ettiramiz, faqat bu yerda $l = a + a'$. Natija xuddi oldingidek.

javobi. Sferik botiq ko`zguning egrilik radiusi 1,95 m

1.3 Mustaqil echish uchun masalalar

1. Shishada yorug`lik to`lqining uzunligi 450 nm ga teng. Yorug`lik shishada $1,8 \cdot 10^5$ km/s tezlik bilan tarqaladi. Yorug`likning tebranish chastotasini, shishaning absolyut sindirish ko`rsatkichini va yorug`likning shishadan vakuumga o`tishdagi to`lqin uzunligini aniqlang.

2. Sindirish ko`rsatkichi 1,54 bo`lgan plastinaga tik yo`nalishda 750 nm yorug`lik nuri tushayapti. Qaytgan yorug`lik qizil rangli bo`lishi uchun plastinaning minimal qalinligi qanday bo`lishi kerak? Qora rangli bo`lishi uchunchi?

3. Difraksiyon panjara yordamida yorug`likning to`lqin uzunligini aniqlashga doir laboratoriya ishida ekranda birinchi difraksiyon maksimum markazi chiziqdan 30 sm masofada hosil bo`ldi. Difraksiyon panjaraning davri $2 \cdot 10^{-3}$ mm, ekrandan panjaragacha masofa esa 1,5 m. Shu berilganlar bo`yicha yorug`likni to`lqin uzunligini aniqlang.

FOTOMETRIYA

27-misol. Balandligi 3 mbo`lgan ustunlarga yorug`lik kuchi mos ravishda 200 va 300 cd bo`lgan chiroqlar osilgan. Chiroqlar orasidagi masofa 4 m. Chiroqlar tagidagi va ular orasidagi nuqtalardagi yoritilganlikni aniqlang.

Berilgan: $h=3$ m-chiroqlar osilgan ustunlarning balandligi; $I_1=200$ cd-birinchi chiroqning yorug`lik kuchi; $I_2=300$ cd-ikkinchi chiroqning yorug`lik kuchi; $l=4$ m-chiroqlar orasidagi masofa.

Topish kerak: E_A -A nuqtadagi yoritilganlikni; E_B -B nuqtadagi yoritilganlikni; E_C -C nuqtadagi yoritilganlikni.

Yechilishi. Yer sirtining A,B va C nuqtalaridagi yoritilganlikni ikkala chiroq hosil qiladi. Har qaysi holni alohida-alohida ko`rib chiqamiz.

A nuqtada: $E_A = E_{1A} + E_{2A}$, bunda $E_{1A} - A$ nuqtaning birinchi chiroqdan yoritilanligi; E_{2A} -shu nuqtaning ikkinchi chiroqdan yoritilanligi. Birinchi chiroqdan yorug`lik nurlari A nuqtaga Yer sirtiga perpendikulyar holda keladi, shuning uchun:

$$E_{1A} = \frac{I_1}{h^2}; \quad E_{1A} = \frac{200}{9} = 22,2 \text{ lx.}$$

Xuddi shu nuqtaning ikkinchi chiroqdan yoritilanligini ε burchak ostida tushuvchi nurlar hosil qiladi (18.1-rasmga qarang), shuning uchun $E_{2A} = E_0 \cos \varepsilon$, bu yerda E_0 -nurlar normal tushgandagi Yer sirti A nuqtasining yoritilanligi; $E_0 = \frac{I_2}{r^2}$; $r = \sqrt{h^2 + l^2}$ bo`lganligidan, $E = \frac{I_2}{h^2 + l^2}$. Rasmdan $\cos \varepsilon = \frac{h}{r} = \frac{h}{\sqrt{h^2 + l^2}}$ ekanligini topamiz.

Ikkinchi chiroq A nuqtada quyidagi yoritilanlikni beradi:

$$E_{2A} = \frac{I_2}{h^2 + l^2} \frac{h}{\sqrt{h^2 + l^2}}; \quad E_{2A} = \frac{300 \cdot 3}{25 \cdot 5} = 7,2 \text{ lx.}$$

A nuqtadagi yoritilanlik $E_A = 22,2 \text{ lx} + 7,2 \text{ lx} = 29,4 \text{ lx}$ ga teng.

Yer sirtining B nuqtasidagi yoritilanlikni ham A nuqta uchun izlangandek topamiz: $E_B = E_{1B} + E_{2B}$.

Birinchi chiroqdan kelayotgan nurlarning tushish burchagi avvalgidek qoladi.

$$E_B = \frac{I_1}{r_1^2} \cos \varepsilon + \frac{I_2}{h_2^2}; \quad E_B = \frac{200}{25} 0,6 + \frac{300}{9} = 38,1 \text{ lx.}$$

C nuqtadagi yoritilanlik: $E_C = E_{1C} + E_{2C}$.

C nuqta ikkala chiroqdan birday uzoqlikda bo`lgani uchun ulardan keladigan nurlar

$$\text{bir xil } \varepsilon_1 \text{ burchak tashkil etadi, shuning uchun } E_C = \frac{I_1}{r_1^2} \cos \varepsilon_1 + \frac{I_2}{r_1^2} \cos \varepsilon_1 \text{ yoki}$$

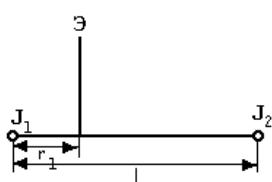
$$E_C = \frac{\cos \varepsilon_1}{r_1^2} (I_1 + I_2). \text{ Bu yerda } r_1^2 = h^2 + (0,5l)^2 = 13m^2, \cos \varepsilon_1 = \frac{h}{r_1} = \frac{3}{3,6} = 0,83.$$

Pirovardida quyidagiga ega bo`lamiz:

$$E_C = \frac{0,83}{13m^2} (200 \text{ cd} + 300 \text{ cd}) = 31,9 \text{ lx.}$$

Javobi. Yer sirtining A, B va C nuqtalaridagi yoritilanlik mos ravishda 29,4; 38,1 va 31,9 lx ga teng.

28-misol. Yorug`lik kuchi 25 va 225 cd ga teng bo`lgan ikkita cho`g`lanma chiroq bir-biridan 1 m masofada joylashgan (18.2-rasmga qarang). Ekran ikkala tomonidan birday yoritilishi uchun uni chiroqlarning oralig`iga qanday joylashtirish kerak?



Berilgan: $I_1 = 25 \text{ cd}$ -birinchi chiroqning yorug`lik kuchi; $I_2 = 225 \text{ cd}$ -ikkinchi chiroqning yorug`lik kuchi; $L = 1 \text{ m}$ - chiroqlar orasidagi masoфа.

Topish kerak. r_1 -birinchi chiroqdan ekrangacha bo`lgan masofani.

Yechilishi. Birinchi va ikkinchi chiroqdan nurlar ekranga perpendikulyar ravishda tushadi, deb hisoblaymiz, u holda ekran tomonlarining chiroqlardan yoritilganligni:

$$E_1 = \frac{I_1}{r_1^2}; \quad E_2 = \frac{I_2}{r_2^2}.$$

Shartga ko`ra, $E_1=E_2$, binobarin, $\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$, lekin $r_2 = l - r_1$, uholda $\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{(l - r_1)^2}$
yoki $\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{(l - r_1)^2}$.

Bu tenglamani r_1 ga nisbatan yechamiz:

$$\frac{\sqrt{I_1}}{\sqrt{I_2}} = \frac{r_1}{l - r_1}; \quad (l - r_1)\sqrt{I_1} = r_1\sqrt{I_2}; \quad l\sqrt{I_1} = r_1(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2}),$$

bundan

$$r_1 = \frac{l\sqrt{I_1}}{\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2}}; \quad r_1 = \frac{1\sqrt{25}}{\sqrt{25} + \sqrt{225}} = 0,25 \text{ m}.$$

Javobi. Ekranni birinchi chiroqdan 0,25 m masofada joylashtirish kerak.

1.3 Mustaqil echish uchun masalalar

1. Quyosh sirtining temperaturasi taxminan 6000 Kda teng deb, energiya maksimumi qaysi to`lqin uzunliklariga to`g`ri kelishini aniqlang. Quyoshni qora jism deb faraz qiling.

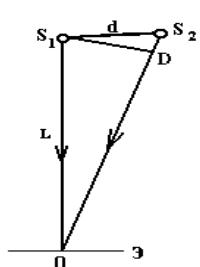
2. Chastotasi $5,3 \cdot 10^{14}$ Hz bo`lgan sariq nurlar shishadan havoga o`tganda ularning to`lqin uzunliklari qanchaga o`zgaradi? Bu nurlarning shishada tarqalish tezligi $1,98 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ga teng.

3. Quyoshning hamma sirtidan 1 s da taxminan $4 \cdot 10^{26} \text{ J}$ energiya nurlanadi. Quyoshning yorituvchanligi keyingi $3 \cdot 10^9$ yil davomida o`zgarmaganligi ma`lum ($3 \cdot 10^9 \text{ yil} = 10^{17} \text{ s}$). Quyoshning 1 s da nurlanish tufayli yo`qotgan massasini, o`tgan $3 \cdot 10^9$ yil davomida jami yo`qotgan massasini aniqlang.

INTERFERENSIYA, DIFRAKSIYA

29-misol. Shishada yorug`lik to`lqinining uzunligi 450 nm ga teng. Yorug`lik shishada $1,8 \cdot 10^5 \text{ km/s}$ tezlik bilan tarqaladi. Yorug`likning tebranish chastotasini, shishaning absolyut sindirish ko`rsatkichini va yorug`likning shishadan vakuumga o`tishdagi to`lqin uzunligini aniqlang.

Berilgan $\lambda_{sh}=450 \text{ nm}=4,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ -yorug`likning shishadagi to`lqin uzunligi; $v=1,8 \cdot 10^5 \text{ km/s}$ -yorug`likning shishadagi tezligi; jadvaldan: $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ -yorug`likning vakuumdagi tezligi.



Topish kerak: v -yorug`likning tebranishlari chastotasini; n -shishaning absolyut sindirish ko`rsatkichini; λ -yorug`likning vakuumdagi to`lqin uzunligini.

Yechilishi. Shishada yorug`likning to`lqin uzunligini va tezligini bilgan holda tebranishlar chastotasini aniqlashimiz mumkin:

19.1-rasm

$$\lambda_{\text{sh}} = \frac{\nu}{v}; \text{ bundan } v = \frac{\nu}{\lambda_{\text{III}}};$$

$$v = \frac{1,8 \cdot 10^8}{4,5 \cdot 10^{-7}} = 4,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = 400 \text{ THz}.$$

Yorug`lik to`lqini bir muhitdan ikkinchi muhitga o`tganda chastotasi o`zgarmaydi, tezligi va to`lqin uzunligi esa o`zgaradi. Demak, yorug`likning vakuumdagi to`lqin uzunligini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\lambda = \frac{c}{v}; \lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{4,0 \cdot 10^{14}} = 0,75 \cdot 10^{-6} \text{ m}.$$

Muhitning optik zichligi absolyut sindirish ko`rsatkichiga teng:

$$n = \frac{c}{v}; n = \frac{3 \cdot 10^8}{1,8 \cdot 10^8} \approx 1,7.$$

Javobi. Yorug`likning tebranish chastotasi 400 THz, vakuumdagi to`lqin uzunligi 750 nm; absolyut sindirish ko`rsatkichi taqriban 1,7 ga teng.

30-misol. Ekranga ikki kogerent yorug`lik manbaidan 550 nm to`lqin uzunlikli yorug`lik tushmoqda va ekranda interferensiyon manzara hosil bo`lmoqda (19.1-rasmga qarang). Manbalar bir-biridan 2,2 m masofada, ekrandan esa 2,2 m masofada joylashgan. Ekranning O nuqtasida qanday hodisa kuzatiladi - yorug`likning susayishimi yoki kuchayishimi?

Berilgan: $\lambda=550 \text{ nm}=5,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ -yorug`lik to`lqinining uzunligi; $l=2,2 \text{ m}$ -birinchi yorug`lik manbaidan ekrangacha bo`lgan eng qisqa masofa; $d=2,2 \text{ mm}=2,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ -yorug`lik manbalari orasidagi masofa.

Topish kerak: Δ -nurlarning yo`l farqini.

Yechilishi. Masalaning savoliga javob berish uchun nurlarning yo`l farqini bilish kerak. Mazkur holda nurlarning optik yo`l farqi ularning geometrik farqiga teng (nurlar bitta muhitda-havoda tarqaladi):

$$\Delta = S_2 D = S_2 O - S_1 O; S_1 O = l.$$

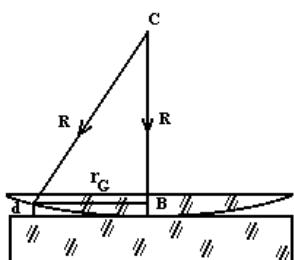
$S_1 OS_2$ uchburchakdan $S_2 O$ ni aniqlaymiz: $S_2 O = \sqrt{l^2 + d^2} = l\sqrt{1 + (d/l)^2}$. d/l kattalik I kattalikka nisbatan juda kichik ekanligini hisobga olgan holda taqrifiy hisoblash formulasidan foydalanish mumkin:

$$\left(\sqrt{1 \pm a^2} = 1 \pm \frac{1}{2} a^2 \right); S_2 O = l \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{d}{l} \right)^2 \right], \text{ u holda } \Delta = l \left[1 + \frac{1}{2} \frac{d^2}{l^2} - 1 \right] = \frac{d^2}{2l};$$

$$\Delta = \frac{(2,2 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{2 \cdot 2,2 \text{ m}} = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}.$$

Ekranning O nuqtasida agar yo`l farqi butun to`lqin soniga, ya`ni $k=1, 2, 3, \dots$, ga to`g`ri kelsa, u holda maksimal kuchayish kuzatiladi:

$$k = \frac{\Delta}{\lambda} = \frac{1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{5,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 2.$$



19.2-rasm

javobi. O nuqtada yorug`likning kuchayishi (yorug`polosa) kuzatiladi.

1.3 Mustaqil echish uchun masalalar

1. Metr etalonini uzunligiga kripton — 86 atomi vakuumda nurlagan to`q sariq rang nurlari to`lqin uzunligining 1650763,73 tasi joylashadi. Bu nurlanishning tebranish chastotasi nimaga teng?

2. Spektrning ko`rinuvchan qismidagi eng chetki qizil va eng chetki binafsha nurlarning chastotalari mos ravishda $3,95 \cdot 10^{14}$ va $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz ga teng. Bu nurlarning to`lqin uzunliklarini aniqlang.

3. Spektrning eng chetki qizil (800 nm) va binafsha (400 nm) nurlarining shaffof muhitidagi tezligini aniqlang. Bu nurlar uchun berilgan muhitning sindirish ko`rsatkichi mos ravishda 1,62 va 1,67 ga teng. Bu yorug`lik nurlarining shaffof muhitidagi chastotasi va to`lqin uzunliklari qanchaga teng?

NURLANISH VA SPEKTRLAR

31-misol. Quyosh sirtining temperaturasi taxminan 6000 K da teng deb, energiya maksimumi qaysi to`lqin uzunliklariga to`g`ri kelishini aniqlang. Quyoshni qora jism deb faraz qiling.

Berilgan: $T=6000\text{K}$ —Quyosh sirtining temperaturasi; jadvaldan: $b=2,89 \cdot 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}$ — Vin doimiysi.

Topish kerak: λ_{\max} — energiya maksimumi to`g`ri keladigan to`lqin uzunligini.

Yechilishi. Qora jism spektridagi berilgan temperaturada nurlanish energiyasining maksimal qiymati to`g`ri keladigan to`lqin uzunligini Vin qonuni ($b=\lambda_{\max} \cdot T$) dan topish mumkin:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}; \quad \lambda_{\max} = \frac{2,89 \cdot 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}}{6000\text{K}} = 4,82 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Javobi. Energiya maksimumi 482 nm to`lqin uzunligiga to`g`ri keladi.

32-misol. 15 J energiyali nurlanish 2 sm^2 yuzani 1 min davomida yoritadi: a) sirt nurlarni to`la yutadigan; b) nurlarni to`la qaytaradigan hoi uchun nurlanishning sirt yuziga ko`rsatadigan bosimni aniqlang.

Berilgan: $W=15\text{J}$ —nurlanish energiyasi; $t=60\text{s}$ —vaqt; $S=2\text{sm}^2=2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ — nurlanish tushayotgan sirt yuzi; jadvaldan: $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ —yorug`likning vakuumdagi tezligi.

Topish kerak: r_1 — nurlanish to`la yutiladigan hoi uchun bosimni; r_2 — nurlanish to`la qaytariladigan hol uchun bosimni.

Yechilishi. Nurlanishning modda bilan o`zaro ta`siri natijasida yuzaga kelgan yorug`lik bosimini

$$p = \frac{W_0}{c}(1+\rho),$$

formuladan topish mumkin, bunda W_0 —birlik vaqtida birlik sirt yuziga to`g`ri kelgan nurlanish energiyasi; ρ —qaytarish koefitsiyenti.

a) nurlanish to`la yutilgan hol uchun $\rho=0$, u holda

$$p_1 = \frac{W}{c}; \quad W_0 = \frac{W}{S t}; \quad p_1 = \frac{W}{S c t} = \frac{15}{2 \cdot 10^{-4} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 60} = 4,2 \cdot 10^{-6} Pa$$

b) nurlanish to`la qaytarilgan holda esa $\rho=1$, u holda

$$p_2 = \frac{2W}{Sct}; \quad \rho_2 = 8,4 \cdot 10^{-6} Pa.$$

Javobi. Birinchi hol uchun nurlanish bosimi taxminan $4,2 \cdot 10^{-6}$ Pa ga teng, ikkinchi holda esa ikki marta ko`proq.

1.3 Mustaqil echish uchun masalalar

1. Sirius yulduzi sirtida temperatura 10^4 K ga teng. Yulduz qaysi to`lqin uzunligida eng ko`p energiya nurlaydi?

2. Quyoshning hamma sirtidan 1 s da taxminan $4 \cdot 10^{26} J$ energiya nurlanadi. Quyoshning yorituvchanligi keyingi $3 \cdot 10^9$ yil davomida o`zgarmaganligi ma`lum ($3 \cdot 10^9 \text{ yil} = 10^{17} \text{ s}$). Quyoshning 1 s da nurlanish tufayli yo`qotgan massasini, o`tgan $3 \cdot 10^9$ yil davomida jami yo`qotgan massasini aniqlang.

1. Volframning energiya maksimumi to`g`ri keladigan to`lqin uzunligi uning spektirining qizil sohasiga va 784 nm ga teng bo`lsa, volframning erish temperaturasi qanchaga teng?

MAXSUS NISBIYLIK NAZARIYASI ASOSLARI

33-misol. Raketa tinch turgan kuzatuvchiga nisbatan yorug`likning vakuumdagi tezligining 0,6 ulushiga teng tezlik bilan harakatlanmoqda. Raketadagi bir metrlik po`lat lineykaning uzunligi va uning materialining zichligi (harakat yo`nalishi bo`yicha) tinch turgan kuzatuvchi uchun qanday o`zgaradi. Agar harakatlanayotgan raketadagi soat bo`yicha 6 yil o`tgan bo`lsa, tinch turgan kuzatuvchining soati bo`yicha qancha vaqt o`tadi?

Berilgan: $v=0,6c$ —raketaning tinch turgan kuzatuvchiga nisbatan tezligi; $l_0=1$ m —lineykaning xususiy uzunligi; $t_o=6$ yil-xususiy vaqt; jadvaldan: $\rho_0=7,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ — po`latning xususiy zichligi.

Topish kerak: l —lineykaning uzunligini; ρ —po`latning zichligini; t — vaqtini.

Yechilishi. Yerdagi kuzatuvchi uchun, raketa aynan shu kuzatuvchiga nisbatan harakatlanadi, bir mertlik lineykaning uzunligi (harakat yo`nalishi bo`yicha) quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$l = l_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2}; \quad l = 1 \sqrt{1 - \frac{0,36c^2}{c^2}} = 0,8m.$$

Moddaning zichligi uning massasi va hajmi bo`yicha quyidagicha yoziladi: $\rho = m/V$ biroq $V = l S = l_0 S \sqrt{1 - v^2 / c^2}$. Biz qarayotgan holda jismning ko`ndalang o`lchamlari o`zgarmaydi, binobarin

$$\rho = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2} l_0 S \sqrt{1 - v^2 / c^2}} \quad \text{biroq} \quad \frac{m_0}{l_0 S} = \rho_0 \text{ shuning uchun} \quad \rho = \frac{\rho_0}{1 - v^2 / c^2};$$

$$\rho = \frac{7,8 \cdot 10^3}{0,64} = 1,2 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3.$$

Yerdagi kuzatuvchi uchun vaqtning o`tishi sekinlashadi va u quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}; \quad t = \frac{6 \text{ yil}}{0,8} = 7,5 \text{ yil}$$

Javobi. Yerdagi kuztuvchi uchun lineykaning uzunligi 0,8 m; lineyka materialining zichligi $1,2 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3$; vaqt davomiyligi 7,5 yil.

34-misol. Protonning tinchlikdagi energiyasi taqriban 938 MeV ga teng. Protonning tinchlikdagi massasini, protonlarga tezlatkichda 70 GeV kinetik energiya berilgandan keyingi massasini va tezligini aniqlang.

Berilgan: $E_0 = 938 \text{ MeV}$ — protonning tinchlikdagi energiyasi; $E_k = 70 \text{ GeV}$ — protonning tezlatkichdagi olgan kinetik energiyasi; jadvaldan: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ — yorug`likning vakuumdagi tezligi.

Topish kerak: m_{p_0} — protonning tinchlikdagi massasini; m_p — protonning tezlashtirilgandan keyingi massasini; ϑ — protonning tezlashtirilgandan keyingi tezligini.

Yechilishi. Masalani yechish uchun energiyasi HBS birliklarida - joul hisobida ifodalaymiz.

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ V} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}; \quad 1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}.$$

demak, tinchlikdagi energiyasi

$$E_0 = 938 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ J}.$$

Protonning tezlashtirilgandan keyingi kinetik energiyasi:

$$E_k = 7 \cdot 10^{10} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,12 \cdot 10^{-8} \text{ J}.$$

Protonning tinchlikdagi massasini topish uchun Eynshteyn formulasi $E_0 = m_{p_0} c^2$ dan foydalanamiz:

$$m_{p_0} = \frac{E_0}{c^2}; \quad m_{p_0} = \frac{1,5 \cdot 10^{-10}}{9 \cdot 10^{16}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}.$$

Protonning to`la kinetik energiyasini $E = E_k + E_0 = m_r c^2$ formuladan aniqlaymiz. Tenglikning har ikkala tomonini $E_0 = m_{p_0} c^2$ ga bo`lgandan so`ng,

$$\frac{m_p}{m_{p_0}} = \frac{E_k + E_0}{E_0} \quad yoki \quad \frac{m_p}{m_{p_0}} = \frac{E_k}{E_0} + 1 \quad ni \quad olamiz, \quad bundan$$

$$m_p = \left(\frac{E_k}{E_0} + 1 \right) m_{p_0}; \quad m_p = \left(\frac{1,12 \cdot 10^{-8}}{1,5 \cdot 10^{-10}} + 1 \right) 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,26 \cdot 10^{-25} \text{ kg}.$$

Protonning tezlashtirilgandan keyingi massasini aniqlab, uning tezligini topamiz:

$$m_p = \frac{m_{p_0}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}; \quad \sqrt{1 - v^2/c^2} = \frac{m_{p_0}}{m_p}; \quad 1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{m_{p_0}^2}{m_p^2}$$

bundan

$$v = c \sqrt{1 - \frac{m_{p_0}^2}{m_p^2}}; \quad v = c \sqrt{1 - \left(\frac{1,67 \cdot 10^{-27}}{1,26 \cdot 10^{-25}} \right)} = 0,99c.$$

Javobi. Protonning tinchlikdagi massasi $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg ga teng bo`lib jadvaldagi qiymatiga mos keladi; protonning tezlashtirilgandan keyingi massasi taqriban tinchlikdagi massasidan 75 marta katta, tezligi 0,99 c ga teng.

ATOM VAYADIO FIZIKASI ASOSLARI

35-misol. Atom elektr stantsiyalari (AES) radioaktiv chiqindilari tarkibida yarim yemirilish davri 28 yilga teng bo`lgan radioaktiv stronotsiy $^{90}_{38}Sr$ izotopi bor. Qancha vaqt ichida chiqindidagi storontsiy miqdori to`rt marta kamayadi?

Berilgan: $^{90}_{38}Sr$ -stronotsiy izotopi; $T_{1/2}=28$ yil—yarim yemirilish davri. $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{4}$

Topish kerak: t - stronotsiy miqdori to`rt marta kamayishi uchun kerak bo`lgan vaqtini.

Yechilishi. Yemiriluvchi yadrolar miqdorining yarim yemirilish davriga bog`liqligini grafikda tasvirlash mumkin (22.1- rasmga qarang). Grafikni tahlil qilib, ikkita yarim yemirilish davri, ya`ni $2 \cdot 28$ yil=56 yil o`tgandan so`ng chiqindi tarkibidagi stronotsiy yadrolari miqdori to`rt marta kamayadi degan xulosaga kelish mumkin.

36-misol. Yarim yemirilish davri 30 yil bo`lgan $^{137}_{55}Cs$ radioaktiv seziyning qancha qismi 1 yil davomida yemiriladi? Yemirilish doimiysi aniqlang.

Berilgan: $^{137}_{55}Cs$ -radioaktiv tseziy izotopi; $T_{1/2}=30$ yil—yarim yemirilish davri; $t=1$ yil-vaqt.

Topish kerak: $\frac{\Delta N}{N_0}$ — yemirilgan yadrolar ulushini; λ — yemirilish doimiysi.

Yechilishi. Atomlarning boshlang`ich sonini N_0 orqali, t-vaqt o`tgandan keyingi qolgan atomlar sonini N orqali belgilaymiz. U holda $\Delta N = N_0 - N$ ni yozish mumkin, bunda ΔN - t vaqt ichida yemirilgan atomlar soni.

Radioaktiv yemirilish qonuniga ko`ra $N = N_0 e^{-\lambda t}$, bunda $e=2,718\dots$ —natural logarifm asosi.

t vaqt yarim yemirilish davri T ga nisbatan juda kichik bo`lgani uchun ushbu taqribiy formuladan foydalanish mumkin:

$$\Delta N = \frac{0,693}{T} N_0 t \quad yoki \quad \frac{\Delta N}{N_0} = \frac{0,693}{T} t; \quad \frac{\Delta N}{N_0} = \frac{0,693 \cdot 1 \text{ yil}}{30 \text{ yil}} = 0,023.$$

Yemirilish doimiysi λ radioaktiv yemirilish tezligini xarakterlaydi va u quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{0,693}{T}; \quad \lambda = \frac{0,693}{30 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600c} = 7,3 \cdot 10^{-10} s^{-1}.$$

javobi. 1 yil davomida seziy yadrolarining taxminan 2,3% i yemiriladi; yemirilish doimiysi $7,3 \cdot 10^{-10} s^{-1}$.

1.3 Mustaqil echish uchun masalalar

1. Atom elektr stantsiyalari (AES) radioaktiv chiqindilari tarkibida yarim yemirilish davri 28 yilga teng bo`lgan radioaktiv strontsiy $^{90}_{38}Sr$ izotopi bor. Qancha vaqt ichida chiqindidagi storontsiy miqdori to`rt marta kamayadi?

2. Tezligi $1,9 \cdot 10^7 m/s$ bo`lgan α zarra oltin atomi yadrosining markazidan o`tuvchi to`g`ri chiziq bo`yicha harakatlanib, yadroga qanday eng kichik masofagacha yaqinlashishini hisoblang. α zarraning massasi $6,6 \cdot 10^{-27} kg$, zaryadi $3,2 \cdot 10^{-19} C$, oltin yadrosining zaryadi $1,3 \cdot 10^{-17} C$.

3. Impuls rejimida ishlayotgan lazer 1 kW quvvat iste`mol qiladi. Bitta impulsning davom etish muddati 5 mks, 1 s dagi impulslar soni 200 ga teng. Agar iste`mol qilinayotgan quvvatning 0,1% nurlanishga sarflanayotgan bo`lsa, bitta impulsning nurlanayotgan energiyasi va quvvatini toping.

4.15 J energiyali nurlanish 2 sm^2 yuzani 1 min davomida yoritadi: a) sirt nurlarni to`la yutadigan; b) nurlarni to`la qaytaradigan hoi uchun nurlanishning sirt yuziga ko`rsatadigan bosimni aniqlang.

5. Rux uchun elektronning chiqish ishi 3,74eV ga teng. Rux uchun fotoeffektning qizil chegarasini aniqlang. Rux 200 nm to`lqin uzunlikli ultrabinafsha nurlanish bilan nurlanganda undan ajralib chiqqan elektronlar qanday tezlikka erishadi?

6. To`lqin uzunligi 4900\AA bo`lgan yorug`lik dastasi sirtga perpendikulyar holda tushib, unga $5 \cdot 10^{-6} N/m^2$ bosim beradi. Yorug`likning sirtdan qaytish koefitsiyenti 0,25 ga teng. Shu sirtning birlik yuzasiga bir sekundda qancha foton tushadi?

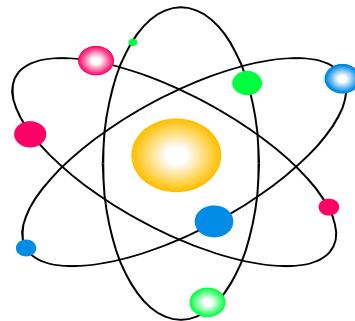
1,2-SEMESTR UCHUN LABORATORIYA MASHG'ULOTLARI
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI

NAMANGAN DAVLAT INSTITUTI
FIZIKA FAKULTETI

"FIZIKA" KAFEDRASI

Mehanika bo'limidan tajriba ishlarni bajarish bo'yicha

USLUBIY KORSATMA



Namangan-2021

SO'Z BOSHI

Jamiyatimizning hozirgi taraqqiyotida fan-texnika yutuqlarini ishlab chiqarishga joriy qilish har qachongidan ko'ra katta ahamiyat kasb etmoqda. Bu borada texnika oliy o'quv yurtlari tomonidan tayyorlanayotgan malakali injener-mutaxassislarining roli mislsiz kengdir. Binobarin, ishlab chiqarishni fan yutuqlari, ayniqsa mikroelektronika, hisoblash texnikasi, asbobsozlik, mashinasozlik asosida yangilash bilan uning samaradorligini oshira oluvchi, moddiy boyliklarni iqtisod eta oluvchi injenerlar tayyorlash oliy texnika o'quv yurflarining asosiy vazifalaridan biri hisoblanadi. Hozirda kunda prizdentimizning ta'limga bo'lgan etibori malakali o'qituvchilar va yosh kadrlar va albatta yetishib chiqayotgan kadrlar hammamiz bunga labbay deb javob qaytarishimiz kerek. Bu esa hozirgi zamon texnologiyasini taraqqiy ettirishga katta hissa qo'shayotgan fundamental fanlardan biri hisoblangan fizika va uning tatbiqiga alohida e'tibor berilishini taqozo etadi. Ushbu fan bo'yicha bulg'usi yosh kadrlarga chuqur bilim berish bilan bir qatorda, fizikaning yutuqlarini texnikaga, ishlab chiqarishning turli sohalariga qo'llay bilish ko'nikmalarini shakllantirish ham zarur. Shu jihatdan qaraganda, fizika fani bo'yicha o'tkaziladigan laboratoriya mashg'ulotlari katta ahamiyatga va keng imkoniyatlarga egadir.

Ma'lumki, oliy o'quv yurtiga kirgan talabalarning dastlabki bilim va ko'nikmalarini turlichadir: o'rta maktabni bitirib oliy o'quv yurti studenti bo'lgan yoshlarda nazariy bilim kengroq bo'lib, amaliy ko'nikmalar yetarli bo'lmaydi, ishlab chiqarish stajiga ega bo'lganlarda esa aksincha. Boshlang'ich kurslarda o'tiladigan amaliy mashg'ulotlarda, jumladan, laboratoriya mashg'ulotlarida bu tafovutni yo'qotish imkoniyatlarini izlash maqsadga muvofiq.

Ana shu kamchiliklarni yo'qotish maqsadida qo'llanmada har bir bo'limga doir laboratoriya ishlaringning tavsifini keltirishdan avval asboblar bilan tanishuv ishlari beriladi va o'quv jarayonida dastlab ularning bajarilishi ko'zda tutiladi. Ushbu holat asosiy laboratoriya ishlarini muvaffaqiyatli bajarishga studentlarni tayyorlash bilan bir qatorda qisqa muddat ichida o'rta maktab fizika kursining mazkur bo'limi bo'yicha olgan bilimlarini qayta eslash imkonini beradi.

Qo'llanmadagi hisoblashlari murakkabroq bo'lgan laboratoriya mashg'ulotlari so'ngida kompyuter yordamida laboratoriya ishi natijalarini hisoblash uchun "fortran" tilida dasturlar va xatoliklarini hisoblash yo'llari va jadvallar keltirilgan.

Qo'llanma Namangan muhandislik-texnologiya institutining barcha ta'lim yo'nalishidagi talabalar uchun mo'ljallangan.

FIZIK KATTALIKLAR QIYMATLARINI O'LCHASH VA ULARNING XATOLIKLARINI ANIQLASH USULLARI

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

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

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

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

Sanash bilan hisoblanadigan ayrim holatlarda, masalan, sinfdagi o'quvchilar sonini, stol ustidagi o'quvchi foydalanayotgan kitoblar sonini hisoblashda va sh.k.da mutlaqo xatolik bo'lmasligi mumkin. Demak, har qanday turdagи fizik kattalikni o'lchashda muayyan xatolikka yo'l qo'yiladi. Unda *haqiqiy qiymat* (x_{haq}) bilan o'lchanigan x *qiymat* o'rtaida musbat yoki manfiy ishorali Δx farq bo'ladi. Bundan o'lchanigan har qanday kattalik o'ziga xos xatolik bilan tavsiflanadi, degan fikr kelib chiqadi.

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

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

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

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

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

uning o'rtacha qiymati esa

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

Yuqoridagi ifodalarda n – o'lchashlar soni; x_i – biror i -o'lchash natijasi; $x_{o'rt}$ – hamma o'lchanalarning o'rta arifmetik qiymati; Δx_i – o'lchash uchun absolut xatolik bolib, $\Delta x_{o'rt}$ – uning o'rtacha qiymati.

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

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

$$E = \frac{\Delta x_{o'rt}}{x_{o'rt}} \cdot 100 \% \quad (4)$$

1.Gorizontal burchak ostida otilgan jisimning harakati

Tajriba maqsadi

- Uchish uzoqligini otish burchagini funksiyasi sifatida aniqlash.
- Ko'tarilish balandligini otish burchagini funksiyasi sifatida aniqlash.

Nazariy tamoyili

Tajribada m massali po'lat sharcha gorizontga a burchak ostida v_0 boshlang'ich burchak ostida otilgan.Po'lat sharchaning gravitatsiya maydonidagi harakatining tekisligidagi proeksiysi quydagi tenglama bilan tavsiflanadi.

Quyidagi boshlangich shartlar asosidagi

$$\vec{r}(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \text{va} \quad \vec{v}(0) = \begin{pmatrix} v_0 \cdot \cos \alpha \\ v_0 \cdot \sin \alpha \end{pmatrix}$$

(I) tenglama yechimi po'lat shar koordinatalarining t vaqt funksiyasi kabi ifodalananadi:

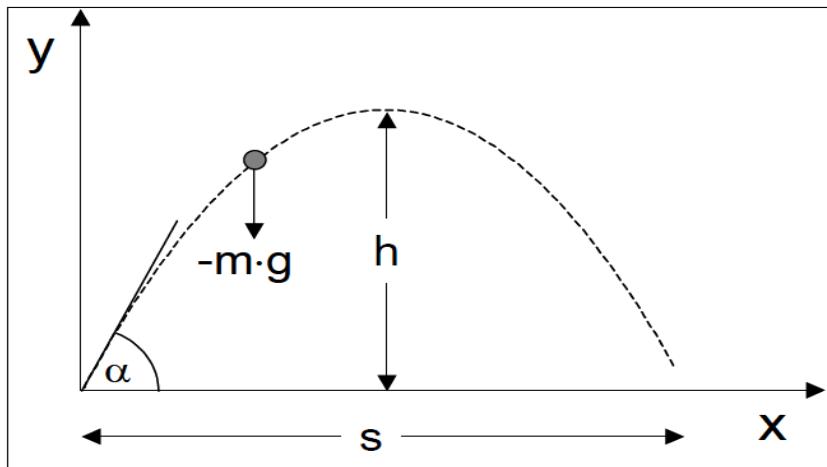
$$\begin{aligned} x(t) &= v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t \\ y(t) &= v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \end{aligned} \tag{II}$$

Bularni s uchish masofasi va h maksimal ko'tarilish balandligining h og'ish burchagi α va v_0 boshlang'ich tezlikka bog'liq tenglamalar kabi ifodalash mimkin:

$$s = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha \tag{III}$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2 \alpha \tag{IV}$$

Bu tajribada uchish uzoqligi s va h maksimal ko'tarilish balandligi α og'ish burchagini funksiyasi sifatida v_0 boshlang'ich tezlikning uchta turli qiymati uchun aniqlangan.



1-rasm: Moddiy nuqtaning gravitatsiya maydonidagi harakati. (I) tenglama asosida bo'ladigan harakatning tanlangan koordinatalar sistemasida tafsiflanishi.

Qurilma asbob-anjomlari

1 Katta proeksiyon qurilma	336 56
2 Qisqich	301 06
1 Vertikal shkala, 1 m.....	311 22
1 Po'lat o'Ichov lentasi, 2 m.....	311 77
1 Egarsimon asos.....	300 11
1 Laboratoriya tagligi II.....	300 76
1 Lotok, 552 x 197 x 48 mm	649 42
1 Kvarts quv 1 kg	309 00 743

Texnika xavfsizligi

Proyektion qurilma yorlig'idaqti texnika xavfsizligi bo'yicha tavsiyalar bilan tanishing. Qurilmani o'rnatishda yoki ish jarayonida barmoqlaringizning xavfli zonalarda bo'lishiga yo'l qo'y mang. Qo'lingizni jaraholashdan saqlaning

Qurilma

- Proyektion qurilmani 2-rasmida ko'rsatilgani kabi stolga o'mating.
- Latokni laboratoriya tagligiga o'mating.
- Qum to'shalma sathi (I usulda) yoki oq qog'oz varagiustidagi nusxa olish qog'ozni (II usulda) sathi proyektionqurilmadagi sharcha sathi (10 sm) bilan bir xil sathdabo'lsin.
- Traektoriyaning h maksimal ko'tarilish balandligini o'chash uchun shoxsimon asosga shkala o'mating.

Tajribani o'tkazish tartibi

a) Uchish uzoqligining otilish burchagiga bog'liqligini aniqlash.

- Berilgan boshlang'ich v_0 tezlikda s uchish uzoqligining otilish burchagiga bo'g'liqligini o'lchang.
- Tajribani proyekcion qurilma prujinasining boshqa ikki holatiy'ani v_0 boshlang'ich tezlikning yana ikki qiymati uchun ham takrorlang.

Eslatma: Sharchaning tushish tuqtasi ikki usulda Qum to'shalma (I usul) yoki oq qog'oz varagi ustidagi nusxa olish qog'ozini qo'yish (II usul) bilan qayd qilinishi mumkin. Ikkinci usul uchun nusxa olish va oq qog'ozni yopishqoq lenta bilan mahkamlash tavsiya qilinadi. Har bir tushish nuqtasini raqamlab boring(336 56 raqamli qurilma yo'riqnomasiga qarang).

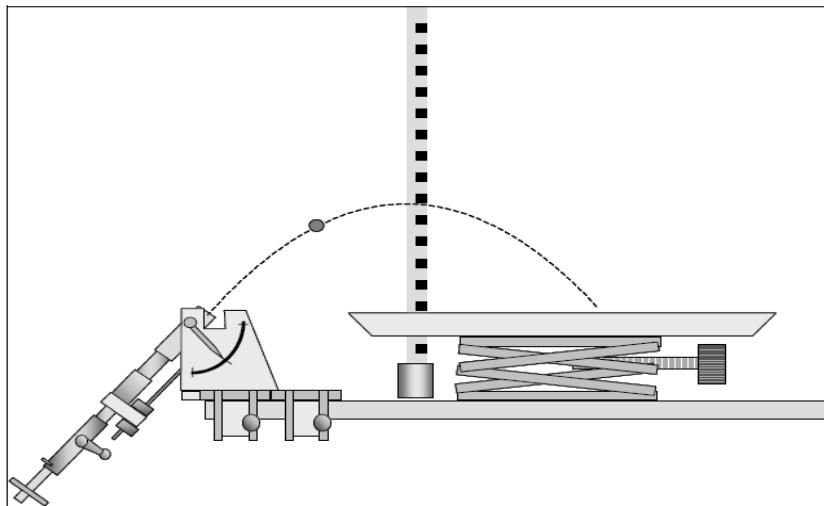
b) Ko'tarilish balandligining otilish burchagiga

bog'liqligini aniqlash

- Berilgan v_0 boshlang'ich tezlikda maksimal ko'tarilishbalandligining otilish burchagiga bog'liqligini o'lchang.
- Tajribani proyekcion qurilma prujinasining boshqa ikki holati y'ani boshlang'ich tezlikning yana ikki qiymati uchun ham takrorlang.

Eslatma. Trayektorianing h maksimal ko'tarilish balandligi vertikal shkalali harakatlanuvchi chizg'ich bilan oson va aniq aniqlanishi mumkin.

Qo'shimcha ma'lumot uchun 336 56 raqamli qurilma yo'riqnomasiga qarang.



2-rasm. Uchish uzoqligi va balandligining otilish burchagiga bog'liqligini aniqlovchi tajriba qurilmasi tuzilish chizmasi. Biror o'zgarish borligini tekshirish uchun 336 56 raqamli qurilma yo'riqnomasi bilan solishtirina.

O'lchash namunasi

a) Determination of the range as function of inclination angle

1-jadval. Turli boshlang'ich tezliklarda uchish uzoqligining α otilish burchagiga bog'liqligi.

1-jadval

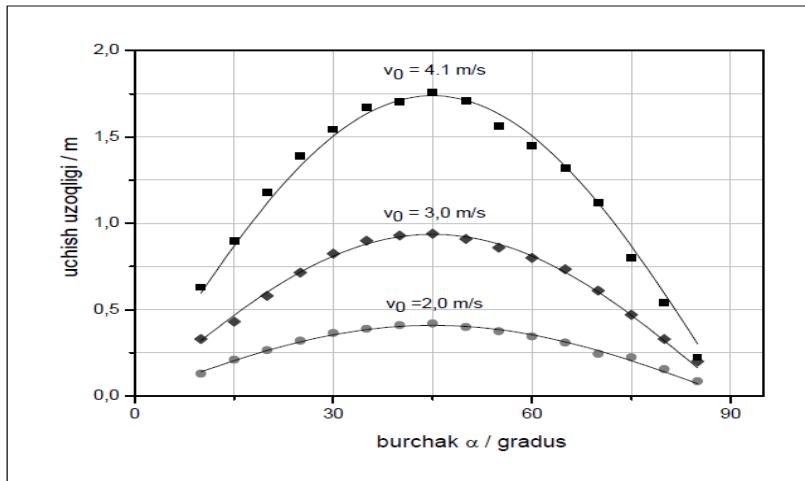
2-jadval

$\frac{\alpha}{gradus}$	$\frac{s_1}{m}$	$\frac{s_2}{m}$	$\frac{s_3}{m}$
10	0.130	0.330	0.630
15	0.210	0.430	0.900
20	0.265	0.580	1.180
25	0.320	0.715	1.390
30	0.365	0.825	1.545
35	0.390	0.900	1.670
40	0.410	0.930	1.705
45	0.420	0.940	1.760
50	0.400	0.910	1.710
55	0.375	0.860	1.565
60	0.345	0.800	1.450
65	0.310	0.735	1.320
70	0.245	0.610	1.120
75	0.225	0.470	0.800
80	0.155	0.330	0.540

$\frac{\alpha}{gradus}$	$\frac{h_1}{m}$	$\frac{h_2}{m}$	$\frac{h_3}{m}$
10	—	0.025	0.035
15	0.0250	0.035	0.075
20	0.030	0.065	0.115
25	0.035	0.105	0.180
30	0.065	0.140	0.235
35	0.080	0.175	0.305
40	0.085	0.213	0.375
45	0.110	0.230	0.460
50	0.130	0.285	0.530
55	0.150	0.320	0.580
60	0.165	0.375	0.640
65	0.185	0.410	0.730
70	0.195	0.422	0.760
75	0.225	0.430	0.825
80	0.235	0.445	0.840

b) Balandlik va uchish otilish burchagiga bog'liqligini aniqlash.

2-jadval: Uchta har xil boshlang'ich tezliklar uchun h maksimum ko'tarilish blandligining otilish burchagiga bog'liqligi.



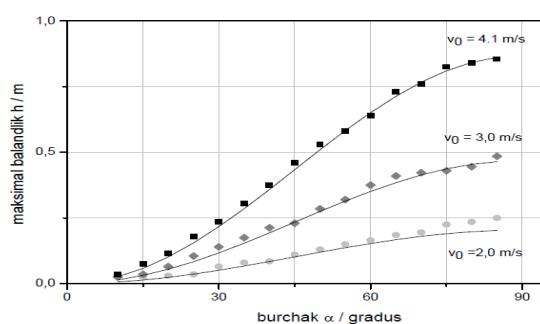
3-rasm: Uchta v_0 boshlang'ich tezliklar qiymaatida s bosib o'tilgan yo'l qiymatining α o'gish burchagiga bog'liqligi. Uzluksiz chiziqlar (III) tenglama asosida kichik kvadraatlar usuli bilan hisoblangan qiymatlarga mos keladi.

3-rasmdan boshlang'ich v_0 tezlik $\alpha = 45^\circ$ burchak uchun (III) tenglamadan aniqlangan:

$$v_1 = 2.0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_2 = 3.0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_3 = 4.1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



4-rasm: v_0 boshlang'ich tezlikning uchta turli qiymatlaridamaksimal ko'tarilish balandligining α og'ish burchagigabog'liqligi. Uzliksiz chiziqlar (IV) tenglama asosida kichikkvadratlar usulida aniqlangan qiymatlarga mos keladi. Parabolik qonuniyatdan chetlashish havoning qarshiliginatijasi bo'lishi mumkin. 3- va 4-rasmlardagi grafiklar (III) va (IV) tenglamalarda ifodalangan qonuniyatlarni

vertikal erkin tushishda vagorizontal harakatda qarshilik bo'lmanan deb hisoblansa to'latasdiqlaydi. Po'lat sharcha trayektoriyasi kengligi va balandligi otilish burchagi va boshlang'ich tezligi qiymatiga bog'liqbo'lgan parabaladir.

Tajriba maqsadi

- Bu tajriba shuni ko'rsatadiki, qiya trayektoriya bo'ylab harakatni vertikal ba gorizonttal yo'nalgan ilgarilanma harakatlaryig'indisi deb qarash mumkin. .

Nazariy tamoyili

Tajribada v_0 boshlang'ich tezlikli jims (sharcha) gorizontga bnisbatan a burchak ostida $t=0$ vaqtida otilgan. Jism ko'chishianiqlash uchun koordinatalar sistemasi kiritilgan bo'lib, harakat trayektoriyasi xy-tekislikka chiziladi va jismning boshlang'ich vaziyati koordinatalar boshi bilan mos tushadi(1-rasmga qarang). Harakatning x_1 va y_1 tashkil qiluvchilariquyidagilardir.

$$x_1(t) = v_0 t \cos \alpha$$

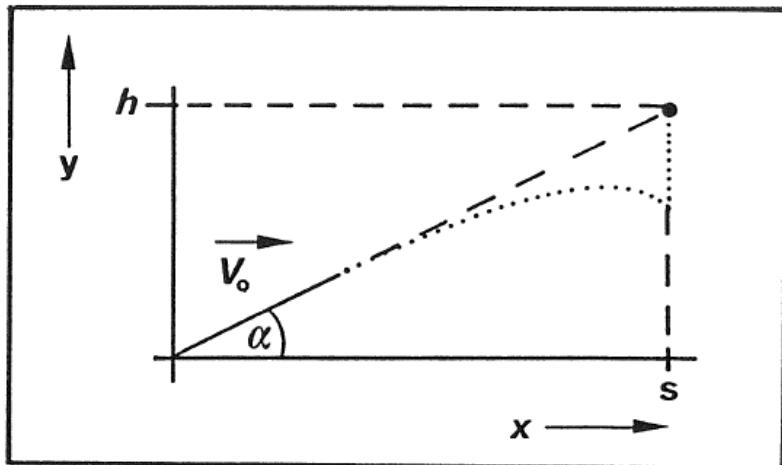
$$y_1(t) = v_0 t \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2$$

bu yerda g -erkin tushish tezlanishi. x_1 tashkil qiluvchi ilgarilanma harakatni y_1 tashkil qiluvchi esa $v_0 \sin \alpha$ boshlang'ich tezlikli vertikal harakatni tavsiflaydi.(1) va (2) tenglamalarni tajribada tekshirish uchun ikkinchi sharcha koordinatalar sistemasida (s, h) nuqtaga o'rnatilgan(1-rasmga qarang) va birinchi jism otilgach qo'yib yuboriladihamda erkin tushadi. Bu ko'chish quyidagich ifodalanadi (y_2 tashkil qiluvchi)

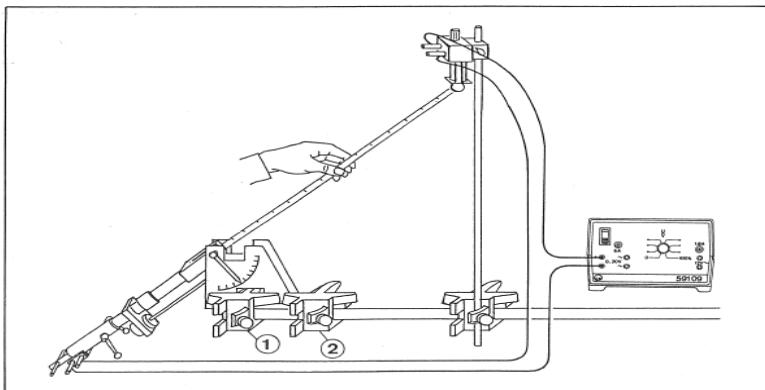
$$y_1(t = t_s) = \frac{s * \sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{1}{2} g t_s^2 = h - \frac{1}{2} g t_s^2$$

$$y_2(t) = h - \frac{1}{2} g t^2 \quad t_s = \frac{s}{v_0 \cos\alpha} \quad \left(\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \tan\alpha \right)$$

$$y_2(t) = -\frac{1}{2} g t^2$$



5-rasm: Qiya otilgan jism harakatini erkin tushuvchi jismharakati bilan solishtirish.



6-rasm. Qiyalik bo'ylab harakatni o'rganish qurilmasi va qiyalik burchagini o'rnatish.

Qurilma tarkibi

1. katta namoyish qurilmasi
2. ushlab turuvchi magnit

3.ta'minlash manbai 10 V DC va 2A

4. past kuchlanishli transformator
5. metall o'lchov lentasi
6. qisqichlar
7. asosli sterjen, 75 sm

Tajribani bajarish tartibi:

Proyekcion qurilmaning ishga tushirish uchun qattiq siqilgan prujinasini bo'shatish mexnizmini bosing va sharlar uchishi trayektoriyasini kuzating. Kerak bo'lsa proyekcion qurilmani qayta sozlang. Agar sharlar to'qnashsa prujinaning siqilish darajasini o'zgartiring va tajribani takrorlang.

2. Matematik mayatnikyordamida og'irlik kuchi tezlanishini aniqlash

Tajriba maqsadi

- Mayatnik tebranish davrining mayatnik ipi uzunligiga bog'liqligini aniqlash.
- Mayatnik tebranish davrining mayatnik og'ish burchagiga bog'liqligini aniqlash.
- Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash.

Kirish

Tebranish (va to'lqin) tabiatda va texnikada ko'p kuzatiladigan va yaxshi ma'lum bo'lgan hodisadir. Buhodisani ham nazariy ham amaliy o'rganish fizikaning fundamental asoslarini tushunish va o'rganishda judamuhim hisoblanadi.

Shuningdek bu tajribalar nazariy vaamaliy fizika orasidagi bog'liqlikni elementar darajada tushunishga imkon beradi.

Matematik mayatnik tajribasi mehanik tebranishni modelinivaqt va uzunlikni o'lchash bilan tavsiflovchi ko'plab turlitajribalar orasida eng mashhuri hisoblanadi. Boshqa mehaniktebranishlar modelini tadqiq qilish uchun quyidagilarga murojat qiling: fizik mayatnik (ya'ni teskari mayatnik:P1.5.1.2 to P1.5.1.6), prujinali mayatnik (P1.5.2.1 yokiS-laserli harakat sensori bilan CASSY tajribalari: PCP1.5.1

dan PCP1.5.5 gacha) va aylanma tebaranish (P1.5.3.1 danP1.5.3.4 gacha) bularning bari o'rganilishi zarur bo'lgantebranishlarning asosiy turlaridir (erkin, majburiy va vaotiktebranishlar titrash tebranishi bilan birga).

Nazariy tamoyillari

Oddiy matematik mayatnik deganda L uzunlikdagivaznsiz ipga osilgan m massali moddiy nuqtatushuniladi. Ishqalanish kuchlarini hisobga olmagan holdamoddiy nuqta harakati Nyuton qonunlari asosida nazariyravishda quyidagicha tavsiflanishi mumkin:

$$J \frac{d^2\varphi}{dt^2} + D \sin \varphi = 0 \quad (I)$$

J = m·L² : osma chetiga nisbatan inertsiya momenti

D = m·g·L kuch momenti

g: erkin tushish tezlanishi

φ : og'ish burchagi

m: massa

Kichik burchaklar ($\sin \varphi \approx \varphi$) uchun (I) tenglama yechimimoddiy nuqta quyidagi tebranish davri bilan o'g'irlik kuchita'sirida tebranishini ko'rsatadi:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{D}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (\text{II})$$

Shuning uchun mayatnik tebranish davri T va L uzunligini bilgan holda matematik mayatnikdan g erkin tushish tezlanishini aniqlash mumkin. Mayatnik tebranishi ham energiya aylanishini kuzatish mumkin bo'lgan standart namunadir. (I) tenglamani t vaqt bo'yicha integrallab energiyaning saqlanish teqlamasi ilinishi mumkin:

$$L^2 \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + 2gL(1 - \cos \varphi) = E_{kin} + E_{pot} + E_0 = cons \quad (\text{III})$$

E_{kin} : kinetik energiya

E_{pot} : potensial energiya

E_0 : to'la energya

φ = abo'lgan nuqtada burchak tezlik nolga tenglashadi va potensial energiya minimal qiymatiga erishadi:

$$2gL(1 - \cos \varphi) = E_0 \quad (\text{IV})$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{D}} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \varphi + \dots \right) \quad V$$

Natijalar aniqligini oshirish uchun tebranishlar sonini hamoshirish zarur. Bunday holda erkin tushish qiymatidagixatolik faqat mayatnik uzunligi qiymatidagi xatolikkabog'liq bo'ladi.

Asbollar va anjomlar

1. Osmaga osilgan sharli mayatnik
2. Po'lat o'lchash lentasi, 2 m
3. Stopli soat

Tajribaning borishi

a) Tebranish davrini og'ish burchagi funksiyasi sifatida aniqlash

- Mayatnik uzunligini 1.0 metrdan uzunroq qilib tanlang.
- Bir nechta burchaklar uchun 10 davrni olchang. Og'ish burchagini ϕ ni aniqlash uchun mayatnik tagiga x ni aniq o'lchash uchun metall o'lchagich o'rnatilgan (1-rasmga qarang). Og'ish burchagi quyida berilgan trigonometrik tenglamadan aniqlanadi:

$$\varphi = \arcsin \frac{x}{L} \quad (\text{VI})$$

b) Tebranish davrining uzunlikka bog'liqligini aniqlash

- Mayatnik uzunligini 1.0 metrdan uzunroq qilib tanlang.
- O'lchash xatoligini kaamaaytirish uchun 10 tebranish davrini o'lchang
- Mayatnik uzunligi L ni o'lchang.
- tajribani mayatnikning uzunligini ozgartirib takrorlang. Mayatnik uzunligini 0.8 m dan 2.0 m gacha oraliqda tanlash tavsiya qilinadi.

O'lchash namunasi

a) Tebranish davrining o'g'ish burchagiga bog'liqligini aniqlash.

1-Jadval. Mayatnik uzunligi $L=2.05$ m bo'lganda T tebranish davrining (o'lchashda tebranishlar soni 10 dan ko'proq) og'ish masofasi (amplitudasi) va burchagiga bog'liqligi. Og'ish burchagi (VI) tenglama asosida aniqlanadi

$\frac{x}{m}$	$\frac{\phi}{^{\circ} \text{deg}}$	$\frac{T}{s}$
0.10	2,8	2.83
0.20	5,6	2.83
0.30	8,4	2.83
0.40	11,3	2.84
0.50	14,1	2.84
0.60	17,0	2.85
0.80	23,0	2.86
1.00	29,2	2.88
1.20	35,8	2.89
1.35	41,2	2.93
1.50	47,0	2.96
1.70	56,0	3.00

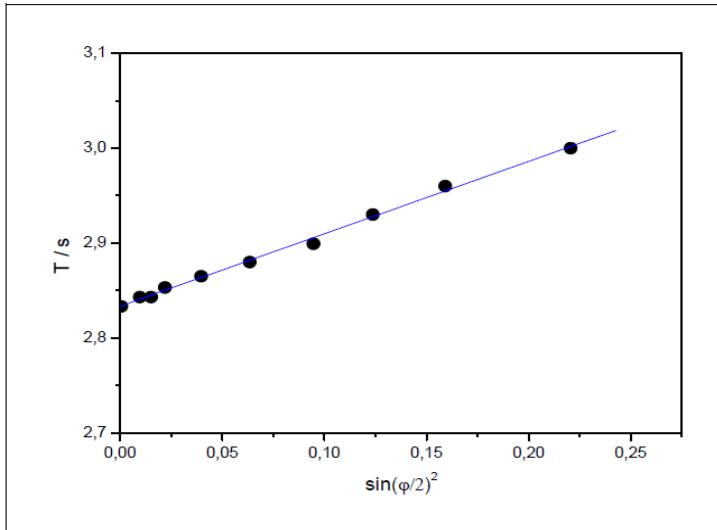
b) Tebranish davrining uzunlikka bog'liqligini o'lchash

2-jadval. Tebranish davri T (o'lchash 10 tebranishda) L uzunlik funksiyasi sifatida (kichik og'ish burchaklarida).

$\frac{L}{m}$	$\frac{T}{s}$
0.80	1.77
1.00	2.10
1.25	2.24
1.50	2.44
1.75	2.66
2.05	2.84

Baholash va natijalar

2-rasm 1-jadval natijalarini akslantiradi: Tebranish davri T (V) tenglamaga asosan $\sin^2(\phi/2)$ qiymatiga proporsionaldir.



2-rasm. Uzunligi $L = 2.05$ m bo'lgan mayatnikning T tebranish davrining og'ish burchagiga bog'liqligi. Bog'lanish yaqqolroq korinishi uchun T qiymatining $\sin^2(\phi/2)$ ga bog'liqligi tasvirlangan. Uzlusiz chiziq (V) tenglama asosida olingan bog'lanishdir.

3.Giroskop chayqalishi

Giroskop pressesiyasi giroskop tashqi kuch ta'siridaharakatlanganda sodir bo'ladi. Giroskop shindeligaaylantiruvchi moment tasir qilsa shindel buaylantiruvchi momentga mos aylanmaydi, u faqatto'g'ri burchakka buriladi. Giroskopda koordinata boshidan o'tuvchi vakoordinata boshiga burchak ostida bo'lgan aylanisho'qi mavjud(1-rasm). Koordinata boshidan giroskop og'irlilik markazigacha bo'lgan masofa s vagiroskop o'qining Z-o'qiga nisbatan og'ishi α gateng. Giroskopning impuls momenti quyidagi teng

$$\vec{L} = \vec{J} \cdot \vec{\omega}$$

bu erda ω - giroskop aylanma chastotasi, J -giroskopning 3-o'qqa nisbatan inertsiya momenti

L qiymati odatda vaqtga bof'liq bo'ladi ya'ni $L=f(t)$. Giroskopning og'irlilik markaziga ta'sir qiluvchi $F=mg$ og'irlilik kuchi aylantiruvchi momentni hosil qiladi va giroskop o'qining aylanishiga sabab bo'ladi.

$$\vec{M} = \vec{d} \times \vec{F} = \vec{m} \cdot \vec{d} \times \vec{g}$$

shuning uchun

$$M = F \cdot d \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot d \sin \alpha$$

M kuch momenti F va d ga bog'liq bo'lib tekislikkanisbatan perpendikulyar yo'nalgan bo'lib dL impuls momentining o'zgarishiga olib keladi. dL impuls

momentining o'zgarishi impuls momenti oniyqiyomatiga perpendikulyar yo'nalган. M kuchmomenti tomonidan hosl qilingan qo'shimcha impuls momenti quydagicha boladi:

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} \quad \text{bu erda} \quad d\vec{L} = L \sin \alpha \cdot d\varphi \quad (1-\text{rasmga qarang}), \text{ quyidagi kelib chiqadi}$$

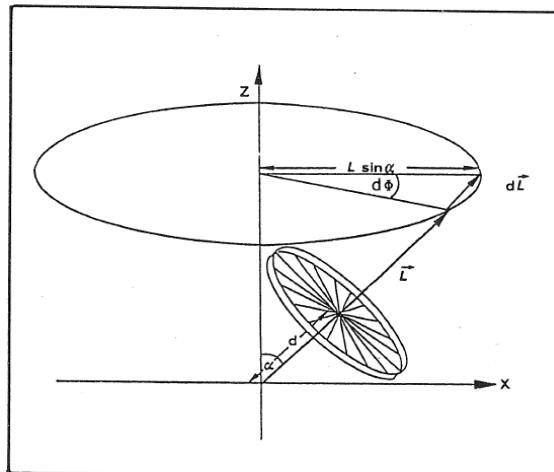
$$M = L \sin \alpha \frac{d\varphi}{dt} = L \cdot \sin \alpha \cdot \omega_p \quad \text{bu erda} \quad \omega_p = \frac{d\varphi}{dt}$$

presession chastota

(2), (1) va (3) asosida quyidagini olishmumkin:

$$\omega_p = \frac{m \cdot g \cdot d}{L} = \frac{d}{\omega} \cdot \frac{m \cdot g}{J}$$

Bundan aytish mumkinki pressesiya chastotasi dog'irlilik markazidan tayanch nuqtasigacha bo'lgan masofaga to'g'ri proporsional va giroskop aylanish chastotasiga teskari proporsionaldir. Bu giroskop shpindeli va Z-o'q orasidagi burchakkabog'liq emas. (bu yerda diferensiallash uchun w << w giroskop tez deb qaralgan)

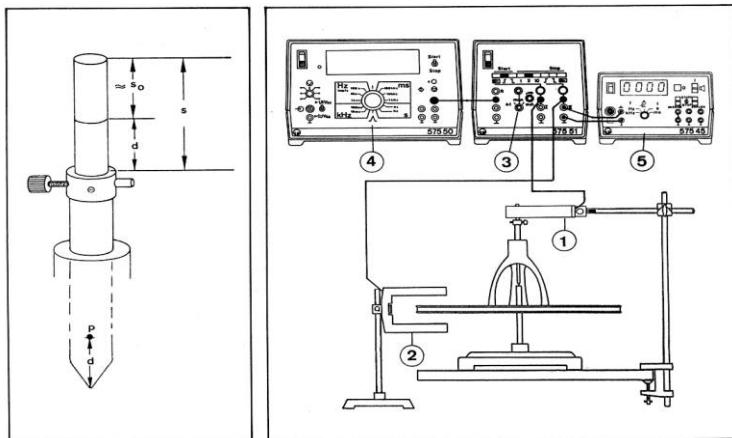


Qurilma tarkibi

1 taglikli sterjen, 100 sm	300 44
2 taglikli sterjenlar, 25 sm	300 44
1 Leybold multiqisqichlar	301 01
1 burama qisqich, yakkalik	301 07
2 Shoxsimon yorug'lik datchigi	337 46
1 katta giroskop	348 18
2 ulanish kabellari, 6-pinli, 1.5 m	501 16
1 P-sanagich	575 51
1 raqamli sanagich	575 50
1 boshqarish kalitlari	575 51

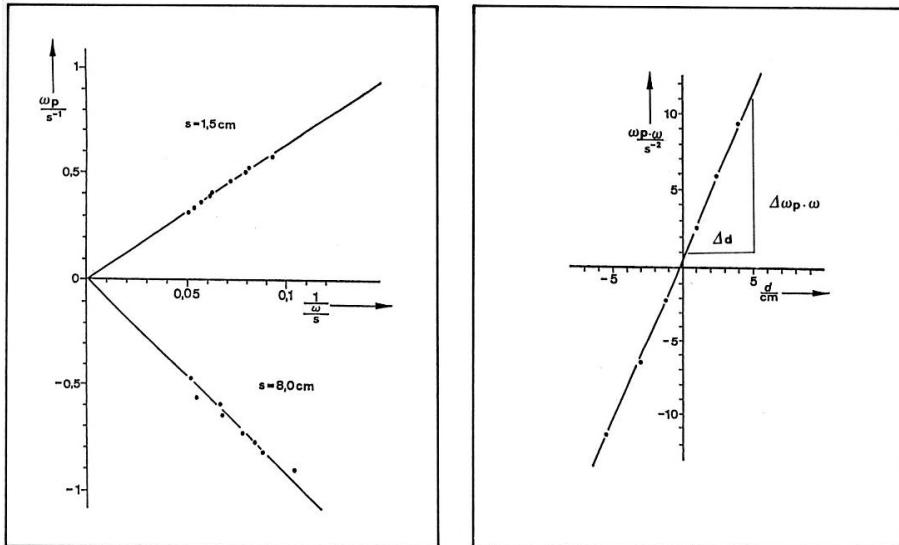
- 1 10 dona yuklar, har biri 100 g590 24
 2 ulanish simlari, 25 sm501 23
 1 bir juft shtangosirkul311 52
 1 dinamometr, 100 N314 201
 1 taglik asos300 02

O'rnatish:



Tajribaning borishi

Maqbul s masofani stangensirkul bilan o'rnating. Groskopni vertikal o'rnating va asos tagliknishunday joylashtiringki giroskop spesiyalariyirug'lik datchigi virtual o'qida yorug'lik nurinikesib o'tsin. Giroskopni harakatga keltiring. O'ng qo'l bilan yuqori nuqtasidan mahkam ushlab chapqo'l bilan giroskop g'ildiragini aylantiring, giroskoptez aylansin ammo 3 Hz dan tezroq emas. Giroskop shpindelini sekin qiyalatingki goroskoppressessiyasi shindellarning qo'shimcha tebranishisiz sodir bo'lsin. Giroskop sekin-asta sekinalasguncha ω_p va ω qiymatlarni bir necha marta o'lchang. Aminbo'lingki, pressessiya chastotasi mos w aylanishchastotasida o'lchanan bo'lsin. Tajribani s ning bir necha qiymatida olib boring. S0 ni shtangensirkul bilan o'lchang. 4–5-rasm. ω_p , $s_1=1.5$ sm va $s_2=8.0$ sm bo'lganda 1/ ω funksiyasidir; ω (6) ga asosan aniqlanadi.



Natijalar:

4-rasm ko'rsatadiki ω va $1/\omega$ qiymatlari orasida(4) tenglamaga asosan d ning turli qiymatlaridachiziqli proporsionallik mavjud.

5-rasmdan ko'rindiki ω/ω_p va d orasida to'g'riproporsionallik mavjud ekan.

4.Gravitatsiya doimiysi Kavendishning torsion tarozilari bilan aniqlash

Tajriba maqsadi

- Aylanma mayatnikning muvozanat vaziyati atrofida tebranishlari so'nishining vatqa bog'liqligini qayd qilish.

- Gravitatsiya doimiysi g ni eng chekka og'ishni aniqlash usulida topish.

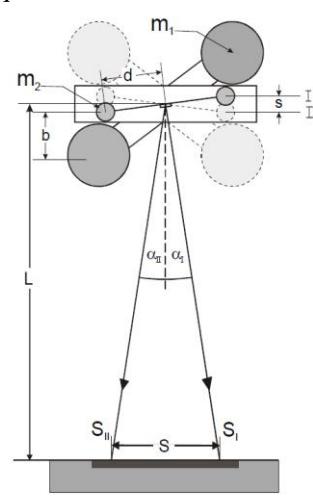
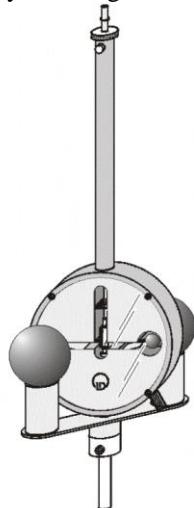
- Gravitatsiya doimiysi g ni tezlanish usulida aniqlash..

Qisqacha nazariya

Torsion balansir –Kevendish tarozisi asosini uchlariga osilish nuqtasidan d masofada m_2 massali sharchalar o'rnatilgan, ingichka elastik torga osilgan yengil ko'ndalang tayoqcha tashqil qiladi. Bu ikki sharchalar m_1 massali ikkita katta sharlar ta'sirlashadilar. Ta'sirlashuv kuchi $10\text{-}9 \text{ N}$ tartibida bo'lismiga qaramasdan bu kuchni o'ta sezgir gravitatsion torsion balansir bilan kuzatish mumkin. Kichik sharlar harakati infraqizil harakat detektori bilan payqaladi va o'lchanadi (1-rasmga qarang).

Infracizil harakat detektorida to'rtta infraqizil diod mavjud bo'lib, ular torsion mayatnikning ko'ndalang to'siniga o'rnatilgan botiq oynani yoritadilar. Oynadan qaytgan nur qator fototranzistorlarga tushadi va m_2 massali sharcha tebranishini qayd qiladi. m_1 massali jism harakati haqidagi va qurilma geometriyasi haqidagi ma'lumotlar asosida maksimal o'gish usuli yoki oddiyoq bo'lgan tezlanish

usulidan foydalanim gravitatsiya doimiysini aniqlash mumkin.



Qurilma tarkibi

- | | |
|---|---------|
| 1 Gravitatsion torsion balansir..... | 332 101 |
| 1 IQ holat detektori (IRPD) | 332 11 |
| 1 Optik rels, standard ko'ndalang kesimli 1 m | 460 32 |
| 1 Optik surgich 60/50..... | 460 373 |
| 1 Optik surgich 90/50 | 460 374 |
| 1 Taglik sterjeni, 25 sm | 300 41 |

qo'shimch zarur narsalar: Windows 98 yoki yuqori versiyali OT ega kompyuter

1-rasm.Kavendishning gravitatsion torsion balansir (chapda) va tajriba qurilmasining tuzilish chizmasi (o'ngda).

a) Maksimal og'ish usuli

Maksimal og'ish usuli m_1 va m_2 massali ikki sferik sharcha orasidagi gravitatsion tortishish kuchini berilgan masofada aniqlashga asoslangan(1-rasm).

$$F = G \cdot \frac{m_1 m_2}{b^2} \quad (I)$$

Shunday qilib m_1 massali ikkita katta sharlar 1 vaziyatda bo'lganlarida(1-rasmga qarang) torsion mayatnikka ta'sir qiluvchi kuch miqdori momenti M_I quyidagiga teng

$$M_I = 2 \cdot F \cdot d = 2 \cdot G \cdot \frac{m_1 m_2}{b^2} \cdot d \quad (II)$$

Tortishish hosil qilgan kuch momenti sterjenning aylanish momenti bilan kompensatsiya qilinadi va shunday qilib s_1 vaziyatda muvozanat hosil bo'ladi.

II vaziytdagi katta qo'rg'oshin sharchalarni siljитib kuch simmetrik inverterlanadi(kompensatsiyalanadi). Endi jismlarga ta'sir qiluvchi kuch momentlari uchun $M_{II} = -M_I$ tenglik o'rинli. Mayatnik tebranishlari s_{II} muvozanat vaziyati atrofida so'nadi. Bu ikki kuch momentlari farqi mos rвishda α_I va α_{II} burchaklar farqiga bog'liqdir.

$$D \cdot (\alpha_I - \alpha_{II}) = M_I - M_{II} = 2 \cdot M_I \quad (III)$$

D burchak yo'naltirilganligi qiymati torsion mayatnik T tebranish davri va J inersiya momenti bilan aniqlanadi:

$$D = \frac{4 \pi^2}{T^2} \cdot J \quad (IV)$$

Texnika xavfsizligi

Gravitatsion torsion balansir va infraqizil harakat detektori yo'riqnomasini o'qib chiqing:

- Mehanik ta'sirlarga o'ta sezgir gravitatsion torsion balansir va infraqizil harakat detektorini mehanik zo'riqishlardan saqlang.
- Foydalanimagan paytlarda ham gravitatsion torsion balansir holatini ko'zdan kechirib turing.

- Statik elektr zaryadi IQ harakat detektori elektorn qismiga zarar yetkazishi mumkin.
- Tajriba uchun shunday joy tanlangki u erda biror qurilmalar yoki foydalanuvchi tomonida statik elektr zaryadi hosil qilinmasin.
- Doimo, qurlmani ko'chirishda va qayta yig'ishda tebranuvchi tizimi mahkamlamganiga e'tibor qiling.

Bu erdag'i J inertsiya momenti ikki kichik sharlar inertsiya momentlari yig'indisiga teng:

$$J = 2m_2 d^2 \quad (\text{V})$$

Unda (IV) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi

$$D = \frac{8\pi^2}{T^2} \cdot m_2 \cdot d^2 \quad (\text{VI})$$

(I), (III) va (IV) tenglamalardan quyidagiga ega bo'lamiz

$$G = \frac{2\pi^2}{T^2} \cdot \frac{b^2 \cdot d}{m_1} (\alpha_I - \alpha_{II}) \quad (\text{VII})$$

Geometrik munosabatdan (vaziyatlari bo'yicha)

$$\tan 2\alpha = \frac{S_I}{L}$$

Kichik burchaklar uchun quyidagi kelib chiqadi:

$$\alpha = \frac{S_I}{2L} \quad (\text{VIII})$$

Bu (VIII) va (VII) teglamadan quyidagiga ega bo'lamiz (bat afsil ma'lumotlar uchun 332 11 yoki P1.1.3.1 yo'riqnomalarga qarang):

$$G = \frac{2\pi^2}{T^2} \cdot \frac{b^2 \cdot d}{m_1} \frac{(S_I - S_{II})}{L} \quad (\text{IX})$$

b) Tezlanish usuli

Katta qo'rgoshin sharchalar I vaziyatdan II vaziyatga o'tgach, quyidagi harakat tenglamsiga asosan kichik sharlar $a=0$ tezlanishga ega bo'ladilar:

$$m_2 \cdot a_0 = 2 \cdot G \frac{m_1 m_2}{b^2} \quad (X)$$

Bundan gravitatsiya doimiysi kelib chiqadi:

$$G = \frac{a_0 b^2}{2 m_1} \quad (XI)$$

m_2 massali jismga berilgan tezlanish a_0 , a'_0 tezlanish va geometrik masofalar d va L orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$a_0 = a'_0 - \frac{d}{2L} \quad (XII)$$

Bosib o'tilgan yo'l tenglamasi quyidagicha bo'lgani uchun

$$s(t) = \frac{1}{2} a_0 t^2 \quad (XIII)$$

a'_0 harakatning birinchi fazasi umumiy tenglamasi

$$s(t) = A \cdot t^2 + B \cdot t + C \quad (XIV)$$

dan keltirib chiqrilishi mumkin.

(XIII) tenglamani (XIV) tenglama bilan solishtirib quyidagini olamiz:

$$a'_0 = 2 \cdot A$$

(XII) tenglama bilan gravitatsiya doimiysi ham aniqlanadi

$$G = a_0 \frac{db^2}{4 m_1 L} \quad (XV)$$

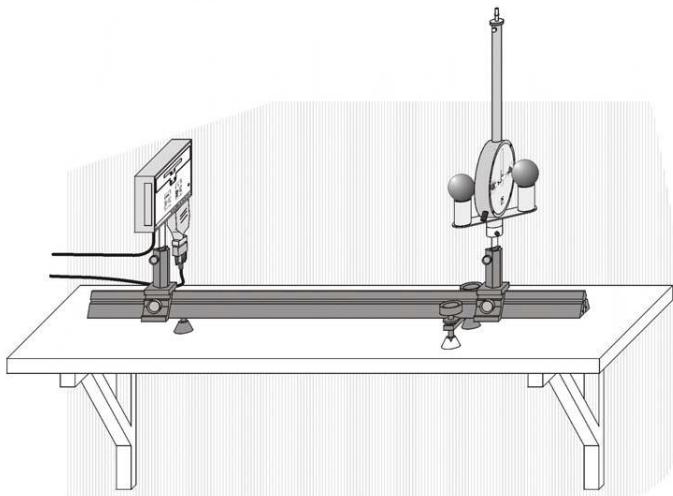
Tajriba qurilmasi

Muhim: torsion balansir talab bo'yicha sozlangan bo'lsagina o'lchash natijalari qoniqarli bo'lishi mumkin. Bundan tashqari jismlar orasidagi ta'srilashuv myatnikning tashqaridan tebranishlari bilan buzilmasligi kerak. Torsion mayatnik korpusiga beriladika tashqi mexanik ta'sirlarga jud sezgirdir. Torsion balansir korpusidagi harorat farqi tufayli yuzaga keladigan konveksiaylar ham torsion mayatnik tebranishiga olib kelishi mumkin.

Tajriba qurilmasi uchun mustahkam devor tanlang.

Tajriba uchun to'g'ridan to'gri quyosh nuri tushmaydigan shamol (yelvizak) bo'lmaydigan joyno tanlang. Sharlar asosini burayotganda yoki qo'rg'oshin sharlarni o'rnatayontganda asosga zarb berilmasin.

2-rasmda



tajriba quyilmasi umumiyo ko'rinishi keltirilgan.

Gravitatsion torsion balansirni ishga tushirishdagi yig'ish:

- Tajriba uchun ishchi stolini 2-rasmida ko'rsatilgani kabi yig'ing (332 101 va 322 11 yo'riqnomalarini ham qarab chiqing).
 - Gravitatsion torsion balansir mahkamlangan optik relsni o'rnatning.
 - Gravitatsion torsion balansirni shunday holatga keltiringki (katta sharlar qo'yilmagan holada) katta sharlar o'qi uchu yetarlicha joy bo'lsin.
 - Torsion mayatnikning tutib turish mexanizmini bo'shating va shunday sozlangki mayatnik osmalari uchlardagi ignalari teshik o'rtasida bo'lib, mayatnik erkin aylana olsin.
 - Torsion mayatnikning bir yoki bir necha kun osilgan holda turishiga qo'yib bering. Kerak bo'lganda nolini qayta sozlang (332 101 yo'riqnomasiga qarang).
- Gravitatsion torsion balansir va IQ harakat detektori orasidagi masofani dasrlabki(birinchi marta) tanlash.**
- IQ harakat detektorini optic relsga o'rnatilgan taglik sterjeniga orqa paneli bilan qistiring(mahkamlang).
 - IQ harakat detektorni optik relsga shunday o'rnatiningki, gravitatsion balansir oynasi va IQ detektor orasidagi masofa 70 sm bo'lsin.
 - 12 V o'zgaruvchan tok ta'minlash manbaini IQ harakat detectoriga ulang va IQ yorug'lik diodlarini gravitatsion torsion balansir bilan bir sathga qo'ying.
 - Ikkita qizil yorug'lik diodlari shunday yorqin yonadiki ularning akslangan tasviri qurilma tekisligida ko'rinsin yoki uning yoniqa qo'yilgan oq qog'ozda akslansi

• Agar tasvir oynaning chap yoki o'ng tomonida paydo bo'lsa gravitatsion torsion mayatnikni tebranishini shunday kamaytiringki LED diodlar nuri akslanishi old panelda ko'rinsin.

• Agar tasvir oynadan pastda yoki yuqorida bo'lsa IQ detektorni pastga yoki yuqoriga harakatlantirib nurni markazga olib keling.

- Amin bo'lingki, fototranzistorlar qatori oynadan qaytgan nurlar bilan to'la qoplangan bo'lib barcha tranzistorlar o'lchashda qatnashsin.

- Balandlik sathini yashil va qizil yorug'lik diodlari nuri bilan to'g'irlab oling. Fototranzistorlar yorug'lik nurlari kuchiga qarab ochiladi yoki yopiladi(kalit sifatida ishlaydi)

• Qizil LED miltillasa: yoritilganlik/sozlanganlik yetarlicha

• Yashil LED miltillasa yoritilganlik/sozlanganlik yaxshi

Tajribaning borishi

Dastlabki tayyorgarlik

- Mayatnik biror bir muvozanat holatida tinch turishi uchun qurilma kamida ikki soat davomida tashqi zarba va ta'sirlardan holi bo'lishi zarur.

Eslatma: Yaxshi sozlash uchun maqbul muvozanat holatiga taxminan 20 mm va 50 mm masofalarda bo'ladi. Agar bu holat bajarilmasa, aylanma tortishish tarozisi kichik burchakgagina og'adi. Bu holda bu qadamni bir necha marta bajarilishi kerak bo'ladi.

Agar tutib turuvchi vint bo'shatilgan holda aylanuvchi mayatnik ko'p vaqt davomida ishlatilmay turgan bo'lsa uni muvozanat holatiga keltirish uchun ko'p vaqt talab qilinishi mumkin.

Sanoq boshimi qayd qilayotganda nol nuqtaning stabilligini tekshiring. Tugmasini bosib ma'lumotlarni qabul qilishni boshlang.

- Nol nuqta fluktuatsiyalarini 10 minut davomida kuzating.

a) Maksimal og'ish usuli

Sistema to'la muvozanat holatiga kelgunicha kuting (dastlabki tayyorgarlik ko'rsatmasiga qarang).

- Siz o'lchangan asosiy chiziqni tugmasi yoki F4 klavishi bilan o'chirishingiz mumkin.

- Axborot yig'ishni tugmasini yoki F9 klavishi bosib boshlang.

- Qo'rg'oshin sharli kronshteynni I holatdan II holatga tez (ammo ehtiyyotkorlik bilan) o'tkazing.

- Qo'rg'oshinli sharlarni II holatdan I holatga olib keling va I holat atrofidagi tebranishlarni o'lchashni takrorlang.

- Axborot yig'ishni tugmasi yoki F9 klavishi bilan to'xtating.

Eslatma: O'lchagan natijalariningizni tugmasini yoki F2 klavishini bosib saqlashingiz mumkin.

b) Tezlanish usuli

- Sistema to'la muvozanat holatiga kelgunicha kuting (dastlabki tayyorgarlik ko'rsatmasiga qarang).

- Qo'rg'oshin sharli kronshteynni I holatdan II holatga tez (ammo ehtiyyotkorlik bilan) o'tkazing va harakatning birinchi fazasini yozib oling.

Eslatma: Bu tajribada gravitatsion torsion balansirlar tebranishini qayd qilishga mo'ljallangan IQ harakat detektor maksimal og'ish usulida o'lchalar olib borilganda avtomatik ishga tushadi. O'lhash intervalini kiritish zarur bo'ladi masalan 15 sekund.

5.Erkin tushish tezlanishini VideoCom bilan qayd etish

Tajriba maqsadi

-Erkin tushish traketoriyasini VideoCom bilan qayd qilish.

-g-erkin tushish tezlanishini aniqlash.

Nazariy tamoyili

Agar jism h balandlikdan pastga gravitatsiya maydonida erkin tushsa jismga g o'zgarmas tezlanish ta'sir qiladi va tushish balandligi kichik bo'lganda ishqalanishni hisobga olmaslik mumkin. Bunday harakat erkin tushish deyiladi. Erkin tushish to'g'ri chiziqli tezlanuvchan harakatga misol bo'la oladi. Time $t = 0$ vaqtdagi boshlang'ich tezlik $v_0 = 0$ bo'lsa oniy tezlik quyidagicha $v(t) = g \cdot t$ (I), va t vaqtidan keyin jism bosib o'tgan yo'l

$$s = gt^2/2$$

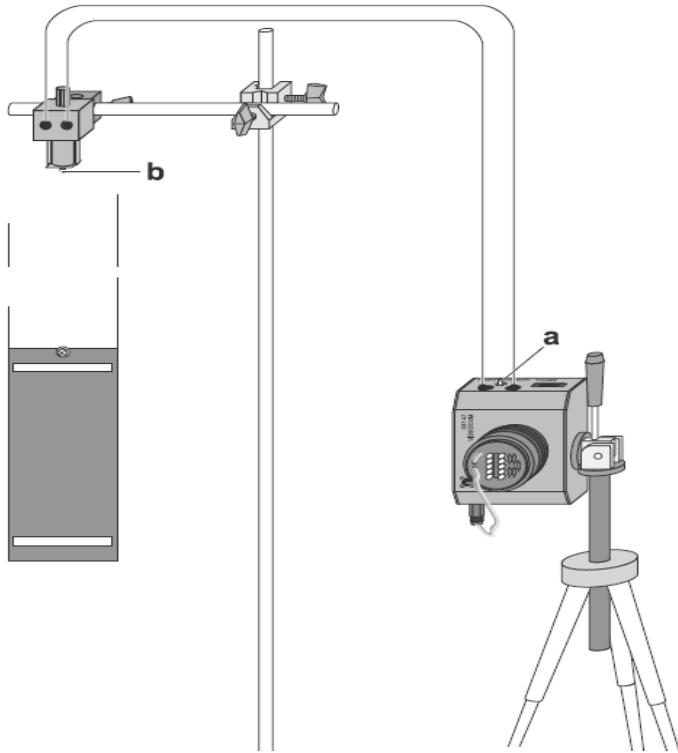
Tajribada erkin tushayotgan jism tezkor bir-kadrli VideoCom CCD kamera bilan tasvirga olinadi. Kamera LED chiroqlar bilan erkin tushuvchi jismga o'rnatilgan akslantiruvchi folgani yoritadi va qaytgan chaqnash nuri kamera obyektivi orqali 2048 piksellı CCD liniyasiga tushadi (CCD: charge-coupled device-fotosezgir yarim o'tkazgichli matritsa). Berilgan Holatida erkin tushayotgan jismning joriy holati tasviri kompyuterga ketma-ket interfeys orqali sekindiga 80 marta uzatiladi. Kompyuter dasturi bilan ta'minlangan VideoCom erkin tushayotgan jismning barcha harakatlarini yo'l-vaqt grafigi sifatida ko'rsatadi va o'lchangan qiyamatlarni tahlil qiladi. Xususan tezlik

$$v(t) = \frac{s(t + \Delta t) - s(t - \Delta t)}{2 \cdot \Delta t} \quad (\text{III})$$

va tezlanish

$$a(t) = \frac{v(t + \Delta t) - v(t - \Delta t)}{2 \cdot \Delta t} \quad (\text{IV})$$

sichqoncha bilan faollashtirilishi mumkin va biror Δt vaqtintervali tanlanishi mumkin.



1.rasm. Erkin tushishni VideoCom bilan qayd qilish tajribasi qurilmasi.
Qurilmalar

1. VideoCom
2. tutashtiruvchi blok 230 V / 12 V_ / 20 W .
3. uch oyoqli kamera
4. VideoCom uchun erkin tashlanuvchi jism
- 5.uslab qoluvchi magnit
- 6.taglik asosi, V-shaklli, 28 sm
- 7.taglik sterjeni, 25 sm
8. taglik sterjeni, 150 sm
9. Leybold multiqisqichlari
10. ularsh simlari, 200 sm

qo'shimcha:

- 1.1 Windows 95/NT yoki yangiroq versiyali OT o'rnatilgankompyuter

VideoCom o'rnatmalarini:

- VideoCom uch oyoqli kamerani qatiy vertikal joylashuvini ta'minlang va u erkin tushish nuqtasidantaxminan 3 m masofada bo'lsin.
- VideoCom kamerasini iloji boricha erkin tushish traektoriyasiga parallel bo'lishini ta'minlang. Qatiyperpendikulyarlik ta'minlanishiga e'tibor qiling.
- VideoCom kamerani tuta shtiruvchi blok orqali tarmoqqa ulang va kompyutering serial (COM1) portiga ulang.

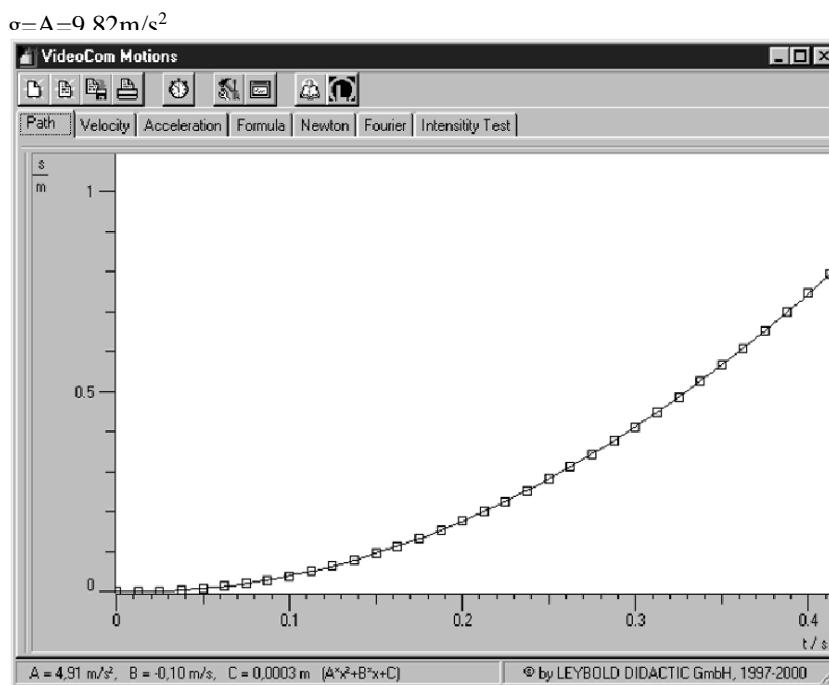
– Zarurati bo'lsa VideoCom dasturiy ta'minotini o'rnating vao'rnatish nomini "VideoCom Motions" deb nomlang va foydalananish tilini va ulanish uchun kerma-ket interfeysitanlang (VideoCom yo'riqnomasiga qarang).

VideoCom sozlash:

- VideoCom uchun mo'ljallangan erkin tushuvchi jismni uslab turuvchi magnitga osilib turishi uchun elektromagnitga iloji boricha kamroq kuchlanish bering. Kuchlanishni VideoCom korpusidagi **(a)** pin bilan sozlang va erkin tushuvchi jism magnitga kuchsiz yopishib turishini ta'minlang.
- Tutib turuvchi elektromagnitning ferromagnit o'zagini moslovchi vint **(b)** bilan shunday rostlangki erkin tushuvchijism vertikal tik bo'lsin.
- "VideoCom Motions" dasturida "Intensity Test" ga bosing.
- Fonni kamaytirish uchun xonani bir oz qorong'ilashtiring.
- VideoCom ni shunday sozlangki kameradagi LC displayida yoki ekranda, o'ng tomonda ikkita cho'qqiko'rinsin. Perpendikulyar yustirovkasini ham tekshiring.
- Boshqa cho'qqilar bo'lmashligi uchun interferensilashgan yoki qaytgan yo'ruglik tushishini cheklang.
- Cho'qqilar intensivligi o'zgarishi blan yustirovkani ham yaxshilab boring va 5 dan 1 ga qaytishda ham.

O'lchash namunasi va baholash

3-rasmida erkin tushayotgan jismning yo'l-vaqt diagrammasi (bosib o'tilganyo'lning vaqtga bog'liqligi) keltirilgan. Bundan ko'rindi kisyo'l vaqtga chiziqli bog'liq emasligini ko'rsatadi. Vaqtga bog'liqligi parabaloik qonuniyatga ega. Parabola Ax^2+Bx+C asosida erkin tushin tezlanishi aniqlanadi. U quydagicha $g=2*A=9,8\text{m/s}^2$ Oniy v tezlikning "Velocity" registratorini bosib hisoblangan qiymati vaqtga chiziqli bog'liqdir (4-rasmga qarang va (II) bilan solishtiring). $A*x+B$ to'g'ri chiziq qiyaligidan erkin tushish tezlanishi aniqlanadi:



Agar a oniy tezlanishning nazariy hisoblanadigan qiymati vaqt funksiyasidan topilsa, doimiy qiymati esa “Acceleration” tugmasi bosilib aniqlik chegarasida o’lchnadi (5-rasmga qarang). Uning o’rtacha qiymati quyidagicha $g=9,82 \text{ m/s}^2$ Adabiyotlarda keltrilgan erkin tushish tezlanishi $g=A=9,81 \text{ m/s}^2$

6. Elastik to’qnashuvda energiya va impuls ikki shoxsimon yorug’lik datchigi bilan o’lhash

Tajriba maqsadi

Elastik to’qnashuvda energiyasini o’lhash
Impulsni ikki shoxsimon yorug’lik datchigi bilan aniqlash

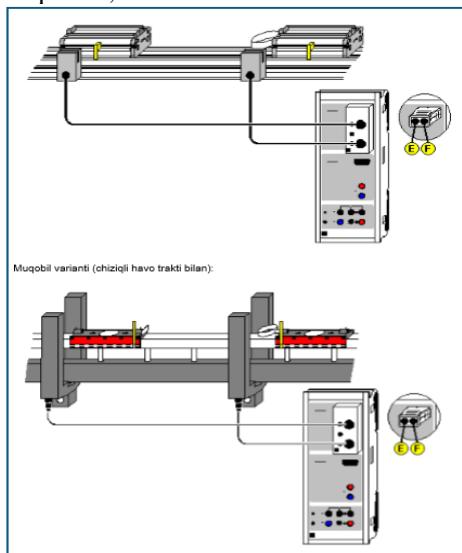
Tajriba tavslifi

Ikki aravachaning v tezliklari to’qnashuvdan oldin va kegin ikki yorug’lik datchiklari orasidan o’tish vaqtini o’lhash orqali o’lchanadi. Shu usulda elastic va noelastik to’qnashuvda impulsning saqlanishi hamda elastic to’qnashuvda energiya saqlanish qonunini tekshirib ko’rish.

Kerakli jihozlar

1 Cassy-sensori 524 010 yoki 524 013

- 1 Cassy Lab 2 dasturi 524 220
 1 Taymerli adapter yoki Taymer S 524 034 yoki 524
 1 Trakt 072 337 130
 2 Aravacha 33 110
 1 Qo'shimcha yuklar jufti 337 114
 1 Aravacha uchun zarb purjuna 337 112
 2 Universal yorug'lik datchigi 337 462
 2 Ko'p negizli kabellar 6-qutubli, 1.5m 501 16



Tajriba qurilmasi (rasmga qarang)

Dastlab traktni ishga tushiring va ikki yorug'lik datchikli ayirlarni o'rnating (E va F kirishlarga taymerni ulang). Aravalar datchikli ayri orasidan bemalol o'ta olsin. Ikki aravachaga o'rnatilgan bayroqchalar aravacha ayri orasidan o'tganda yorug'lik datchiklari yaqinidan o'tishi lozim.

Tajribaning o'tkazish tartibi

Parametrlarni o'rnatish

Jadvalga m_1 va m_2 massalarni kriting (sichqoncha bilan m_1 va m_2 kiritiladigan xonalarga bosib klaviaturadan kiritishni faollashtiring).

To'qnashuvdan oldin aravachalarning E va F datchiklarga bo'lgan o'rmini kriting (Settings v_1 , v_2 , v_1' yoki v_2'). To'rtta turli joylashish holatlari mavjud: Ikkala arava ham yorug'lik datchigi orqasida. Chap aravacha yorug'lik datchiklari orasida, o'ng aravacha esa yorug'lik datchigi orqasida. O'ng aravacha yorug'lik datchiklari orasida, chap aravacha esa yorug'lik datchigi orqasida. Ikkala aravacha ham ichkarida (tutashgan holda).

Bayroqchalarni o'rnating (Settings v_1 , v_2 , va v_2' ga ham).

To'qnashuvni yuzaga keltiring (agar to'qnashuvdan oldin tezlik qiymati noldan farq qilsa $\rightarrow 0 \leftarrow$ amali bilan nolga keltiring) va amin bo'lingki yorug'lik

datchiklari biron bir boshqa zarb yoki impulsni qayd qilmasin (masalan aravaning trakt oxiridagi qaytish zarbini va h.k.).

O'lchashlarni End of Collision funksiyasi bilan chegaralang (o'lchashlar to'rtta tezlik o'lchab bo'lingach avtomatik to'xtatiladi). $\rightarrow 0 \leftarrow$ amali bilan yangi o'lchashlarni boshlang.

Baholash .Jadvallar to'qnashishni amalga oshirishda oldin tayyorlanishi zarur, to'la impuls, energiya, to'la energiya va yo'qotilgan energiya qiymatlarini siz yoqorida tayyorlagan jadvallaringizga tugmasi bilan kriting. Natijalarini belgilash uchun jadval kataklariga Click qiling. Agar siz qiymatlar to'qnashuvdan keyin shu zahoti kiritilishi zarur bo'lsa ekrandagi mos tugmalarni bosing. Siz nazariya va tajriba natijalarini tekshirish uchun qo'shimcha formulalarga zarurat sezasiz. Elastik to'qnashuv uchun quyidagi egamiz $v_1' = (2*m_2*v_2 + (m_1-m_2)*v_1) / (m_1+m_2)$ $v_2' = (2*m_1*v_1 + (m_2-m_1)*v_2) / (m_1+m_2)$ Noelastik to'qnashuv uchun quyidagi o'rinni: $v_1' = v_2' = (m_1*v_1 + m_2*v_2) / (m_1+m_2)$.

7. Maksvel mayatnigi yordamida inersiya momentini aniqlash

Tajribaning maqsadi

- Energiya saqlanishi qonuniga kirish
- Potensial energiyaning kinetik va yalanma harakat energiyasiga aylanishida energiya miqdorini o'lchash
- Maksvel mayatnigi inertsiya momentini aniqlash

Qisqacha nazariya

Mexanik energiyaning saqlanish qonunini namoyish qilish uchun Maksvel mayatnidan foydalilanadi. Agar disk qo'lda yuqoriga ko'tarilsa va pastga tusha boshlasa E_{pot} potensial energiya kinetik energiyaga aylanadi $E_{rot} + E_{trans}$ (aylanish va o'zgorgan energiya). Siytemaning to'la energiyasi T esa o'zgarmasdir:

$$E = E_{rot} + E_{tras} + E_{pot} \quad (1)$$

yoki

$$E = mgh + \frac{m}{2}v^2 + \frac{I}{2}w^2 \quad (2)$$

bu erda m -massa va I -disk inertsiya momenti, h -ko'tarilsh balandligi, v -chiziqli tezligi va ω -burchak tezligi. g -erkin tushish tezlanishi. Tinch holatda ($v = 0$ va $\omega = 0$) deb hisoblab, harakat pastga yo'nalganda (2) tenglamani quyidagicha yozish mumkin.

$$mgh = \frac{m}{2}v^2 + \frac{I}{2}w^2 \quad (3)$$

r shpindel radiusini bilgan holda v chstotani quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\mathbf{v} = \mathbf{w} \cdot \mathbf{r} \quad (4)$$

(4) va (3) bilan disk inertsiya momentini aniqlash mumkin:

$$I = mr^2 \left(\frac{2gh}{v^2} - 1 \right) \quad (5)$$

bunda $m = 450$ g, $r = 3$ mm va $g = 9.81$ m/s².

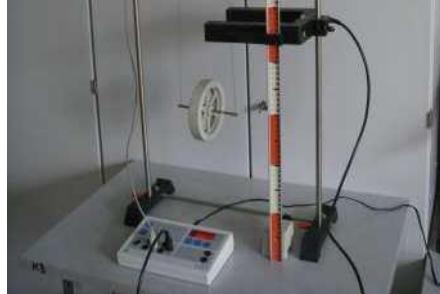
Kerakli jihozlar

- | | |
|--|---------|
| 1. Maksvel disklari | 331 22 |
| 2. U-simon tutgichga o'rnatilgan yorug'lik datchigi | 337 46 |
| 3. Ko'p o'zakli kabel, $l = 1.5$ m | 501 16 |
| 4. Sanagich-S | 575 471 |
| 5. Magnit tutgichli qaytuvchi mexanizmli adapter..... | 336 25 |
| 6. Ko'rsatkichli o'lchagich | 311 23 |
| 7. Egarsimon asos..... | 300 11 |
| 8. Support block..... | 301 25 |
| 9. Taglik asos MF | 301 21 |
| 10. Sterjen ustun, 50 cm | 301 27 |
| 11. Sterjen ustun, 100 cm | 300 44 |
| 12. Leybold multiqisqichi..... | 301 01 |

Tajriba qurilmasi

Tajriba qurilmasini 1-rasmga asosan yig'ing. Dastlab yo'rug'lik to'silishi sezuvchi datchikli ramka o'rnatiladigan po'lat ustunlarni yig'ing. Keyin Maksvel diskli sterjenni shunday o'rnatitingki disk o'qi ikki uchi bir sathda bo'lsin. Tajribani boshlashdan oldin diskni pastga va yuqoriga bir necha marta harakatlantirsangiz yaxshi natijaga erishasiz. Ulash kalitini boshqaqarish blokiga ulang. Shkalali o'lchagichni U-simon tutgichga o'rnatting. Shkala ko'rsatkichi yuqoridan disk o'qininig eng yuqori holatiga to'g'rilangan bo'lsin. Bunday holati tajriba davomida o'zgarmasligi kerak. Eng quyi ko'rsatkichi esa yorug'lik nurini to'sish nuqtasi o'rni bilan barobar bo'lsin.





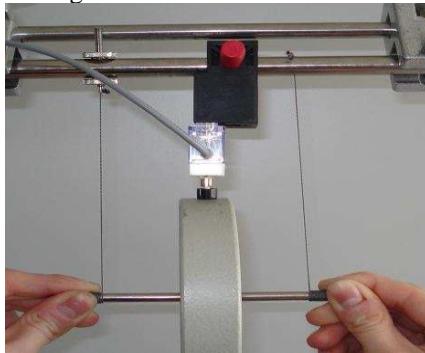
1-rasm: Maksvel disklari yordamida energiya saqlanishi qonunini tekshirish uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasi.

Tajribaning borishi

Tajribada disk boshlang'ich holatdan yorug'liq datchigigacha bo'lgan masofani o'tguncha ketgan vaqt t o'lchanadi va s masofa o'tgandagi disk tezligi aniqlanadi. Masofa 15 sm dan 55 sm gacha bo'lib 5 sm oralatib o'zgartirib boriladi.

a) Boshlang'ich holatdan yo'rug'lik datchigigacha bo'lgan s masofada t harakat vaqtini o'lhash

- Klavishli kalitni sanagichning E portiga . Yorug'lik datchigini F portga ulang.
- $t_E \rightarrow F$ rejimini tanlang
- Diskni yuqqori nuqtasiga kalit tugmasini bosguncha ko'taring(2-rasm).
- START tugmasini bosing
- Diskni qo'yib yuborin(sga nagich hisoblashni boshlaydi)
- Disk yorug'lik datchigidan o'tishi bilan o'lhash to'xtaydi
- t tushish vaqtini yozib oling.



2-rasm.Diskning boshlang'ich holati

b) Yorug'lik datchigi yaqinidagi v tezlikni aniqlash

- Yorug'lik datchigini elektron sanagichini E portiga ulang
- t_E rejimini tanlang
- Diskni yuqqori nuqtasiga kalit tugmasini bosguncha ko'taring(2-rasm).
- Start tugmasini bosing.

- Diskni qo'yib yuboring (sanagich hali hisoblashni boshlamaydi)
- Disk yorug'lik datchigidan o'tishi davomida o'lchash amalga oshiriladi
- D t vaqtini yozib oling.
- v tezlik qiymatini quyidagi ifodadan aniqlang

$$v = \frac{d}{\Delta t} \quad (5)$$

shpindel diametri $d = 6$ mm.

O'lchash namunalari

1-jadval: h masofa tanlangan, t vaqt o'lchangan delta t va tezlik hisoblanadi

$\frac{h}{\text{sm}}$	$\frac{t}{\text{s}}$	$\frac{\Delta t}{\text{ms}}$	$\frac{v}{\text{m/s}}$
15	2.63	56.50	0.11
20	3.06	47.80	0.13
25	3.47	43.84	0.14
30	3.82	39.35	0.15
35	4.05	36.73	0.16
40	4.45	33.76	0.18
45	4.71	32.13	0.19
50	5.06	30.68	0.20
55	5.18	29.25	0.21

Natijalar tahlili

a) Harakat dinamikasini tahlil qilish

3-rasm: s-masofa (qora to'rtburchak) va v tezlik(qizil uchburchak)
b)qiymatining t vaqtga bog'liqligi.



3-rasm

1-jadvalda keltrilgan o'lhash natijaları grafik tarzda keltirilgan. E'tibor qilingki, x o'qidagi o'lchangan vaqt qiymatlari masofa va tezlikka ham tegishlidir. Ko'rinish turibdiki masofaning vaqtga bog'liqligi chiziqli, tezlik qiymati esa parabolik boglanishga ega. Demak, $s \sim t^2$ va $v \sim t$ bog'lanishga ega bo'lamiz.

b) I inertsiya momentini aniqlash

h va v ning o'lchangan qiymatlarini (5) tenglamaga qo'yib har bir o'lchangan

qiymatlar uchun I inertsiya momentini

aniqlang. 2-jadval:

$\frac{h}{\text{sm}}$	$\frac{v}{\text{m/s}}$	$\frac{I}{10^{-3} \text{kg m}^2}$
15	0.11	1.05
20	0.13	1.00
25	0.14	1.06
30	0.15	1.02
35	0.16	1.04
40	0.18	1.00
45	0.19	1.02
50	0.20	1.03
55	0.21	1.03

Aniqlangan o'rtacha qiymat quyidagicha

$$I = (1.03 \pm 0.03) \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^2$$

c) Energiya aylanishi

(3) va (4) tenglamalardan hamda I inertsiya momenti qiymatidan foydalanib biz potensial E_{pot} va E_{kin} kinetik energiyani aylanma E_{ayl} va oz'garish energiyasi E_{trans} yig'indisi sifatida hisoblab topish mumkin (3-jadval).

$$E_{kin} = E_{rot} + E_{trans} \quad (6)$$

4-rasmida (manfiy) potensial energiya va kinetik energiya keltirilgan. Ular doimo bri xil qiymatga ega bo'ladi.

Ilgarilanma harakat energiyasi qiymati juda kichik bo'lgani uchun, xulosa qilishimiz mumkinki potensial energiyaning katta qismi aylanma harakat energiyasiga aylanadi.

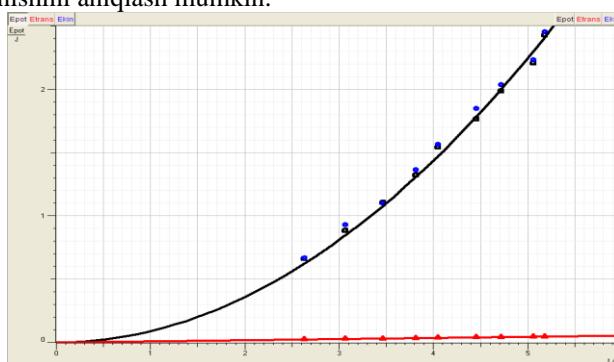
3-jadval: Energiyani hisoblash.

$\frac{t}{s}$	$\frac{E_{pot}}{J}$	$\frac{E_{kin}}{J}$	$\frac{E_{aylanish}}{J}$	$\frac{E_{trans}}{J}$
2.63	0,66	0,67	0,65	0,02
3.06	0,88	0,93	0,90	0,03
3.47	1,10	1,10	1,07	0,03
3.82	1,32	1,36	1,33	0,03
4.05	1,55	1,56	1,52	0,04
4.45	1,77	1,85	1,81	0,04
4.71	1,99	2,04	2,00	0,04
5.06	2,21	2,23	2,19	0,04
5.18	2,43	2,45	2,40	0,05

Qo'shimcha ma'lumot

Bu tajribani o'tkazishda o'lchashlar uchun taxminan 20 minutva natijalarini baholash uchun 30 min vaqt talab qilinadi.

Qo'shimcha mashqda olingan inertsiya momenti qiymati $I = 1 \text{ kg m}_2$ bo'yicha erkin tushish tezlanishini aniqlash mumkin.



4-rasm. Potensial (qora to'rtburchak), kinetik (ko'k doira) va aylangan energiya (qizil uchburchak).

Shuningdek har bir tebranishda ishqalanish tufayli energiya yo'qotilishini balandlik pasayishini o'lchab hisoblash mumkin. Ilg'or talabalar uchun harakatni yo'nalishi o'zgarishini deyarli elastik to'qnashuvdagidek deb hisoblab tahlil qilishni tavsiya qilamiz.

8. Havodagi tovush tezligining haroratga bog'liqligini o'rghanish

Tajriba maqsadi

tovush tezligini xavoda tarqalish tezligini o'rganish
tovush tezligini xaroratga bog'liqligini o'rganish

Tajriba tavsifi

Mazkur tajriba tovush impulsining havodagi tarqalish tezligini gruppaviy va fazaviy tezliklari teng bo'lgan holda aniqlaydi. Tovush impulsi "titrovchi" membranalı karnayga arrasimon kuchlanish berib hosil qilinadi. Bunda zarb natijasida havoda zerb to'lqini hosil bo'ladi. Tovush impulsi mikrofon yordamida karnaydan malum masofada qabul qilinadi.

c-tovush tezligini aniqlash uchun biz, tovush impulsining karnayda hosil bolishi va mikrofonda qabul qilinishi orasidagi t vaqtini o'lchaymiz. Karnayda shakllanadigan impulsning aniq boshlanish nuqtasini to'g'ridan-to'g'ri aniqlab bo'lmaydi. Shuning uchun mikrofonni bir marta s_1 ikkinchisi marta s_2 nuqtaga qo'yib o'lchash olib boriladi. Tovush tezligi $\Delta s = s_1 - s_2$ yollar farqi va o'tish vaqtleri farqi

$\Delta t = t_1 - t_2$ nisbati kabi quyidagicha aniqlanadi

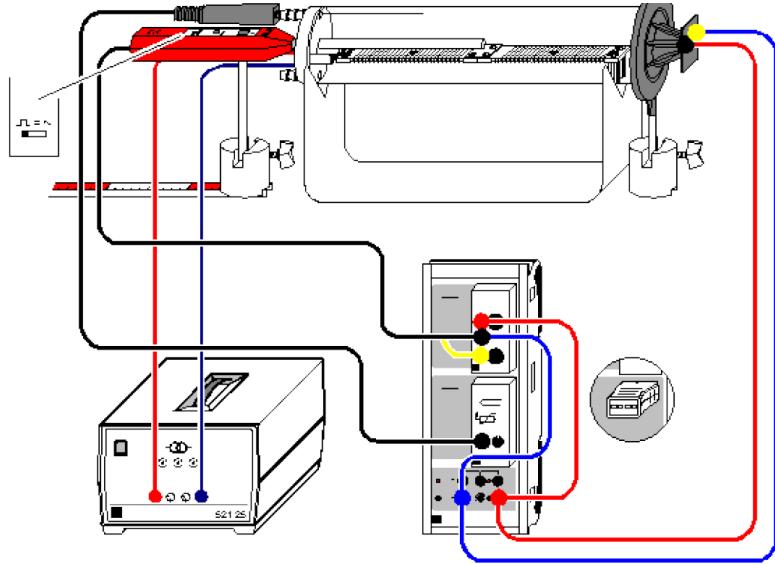
$$c = \Delta s / \Delta t$$

Tovush qurilmasiga isitgichdan isitilgan havo yuboriladi shu bilan birga shu vaqtida bu qurilma o'lchashga ta'sir qiluvchi tashqi faktorlar harorat farqi va havo konveksiyasi kabilarni blokirovka qiladi. Bu tizimda p bosim o'zgarmas saqlanadi (atrof muhitning amaldagi bosimi). T harorat ortishi bilan p havo zichligi kamayadi va tovish tezligi ortadi.

Asboblar ro'yxati

1. Sensor-CASSY
2. CASSY Lab 2
3. Timer 1 Haroratni o'lchash bloki
4. NiCr-Ni harorat sensori
5. NiCr-Ni S adapteri
6. NiCr-Ni harorat sensori, K tipli
7. Tovush tezligini qayd qilish qurilmasi
8. Quvur va ga'l taklar uchun taglik
9. Yuqori chstotali tovush dinamigi
10. Universal mikrofon
11. Transformator 12 V/3.5 A.
12. Shkalali metall rels, 0.5 m
13. Egarsimon izolyatsiyali taglik
14. Juft kabe l2,5 sm, qizil va qora
15. Juft kabel, 100 sm, qizil va ko'k
16. Windows XP/Vista/7/8 OT kompyuter

Tajriba qurilmasi (rasmga qarang)



Isitgichni tovush tezligini o'lchash qurilmasidagi plastik quvurga tutashtiring.

- Plastik quvurni quvur va shlangalar uchun mo'ljallangan taglikka joylashtiring va yuqori chastotali karnayni iloji boricha mushtahkam o'rnatiting.
- Universal mikrofonni o'tradagi tirqishga taxminan 1 sm chuqurlikka o'rning va harkatlanganda quvur ko'ndalangkesimiga parallel qolishini ta'minlang. Universal mikrofon rezimlarni tanlash muruvatini "Trigger" (ishga tushurish)holatiga o'tkazing. Mikrofonni ishga tushirishni esdan chiqarmang.
- Darajalangan metall relsni tezda egarsimon tutgich ostiga qo'ying.
- Sensor-CASSY dagi A kirishga timerni va B kirishga haroratni qayd qilish qurilmasini ulang va zahirni rasmdagikabi ulang, S ta'minlash manbaidan kuchlanishni maksimal qilib o'rnatiting.

Ehtiyyot choralar

Yuqori haroratlarda havo uzatuvchi va tezlikni o'lchashda qo'llaniladigan plastik quvurlar buzilishi (erishi) mumkin.

- 80 °C dan yuqori haroratgacha qizdirmang
- Qizdirgichga beriladigan maksimum kuchlanishni 25 V dan oshirmang (tok kuchi esa 5 A atrofida).

Tajribani o'tkazish tartibi

- a) Xona haroratidagi o'lchashlar Qurilmani ishga tushuring
- orqali o'lchashlarni bir necha marta takrorlang.
- Siljiydigan kontaktga ega bo'lgan mikrofon butun yo'l davomida plastik quvur ichida bo'lib, metall relsda Δs masofada o'zgarishlarni sezsa oladi.
- $c = \Delta s / \Delta t$ ifodadan foydalanib tovush tezligini aniqlang (Draw Mean dan foydalanib grafikdan tovush o'tishi

vaqtining o'rtacha qiymatini aniqlang).

b) Haroratga bog'liqligini o'lchash Qurilmani ishga tushiring

- Universal mikrofonni o'rnatning.

- Xona haroratida yana Δt_{A1} o'tish vaqtini aniqlang va aniqlangan tovush tezligidan foydalanib s=c Δt_{A1} mikrofan va dinamik orasidagi masofani hisoblang, hamda bu qiymatni jadvalga yozing (s-ustundagi birinchi qatorga kiritning).

- Qizdirgichni ta'minlash manbaiga (12 V , tok 3.5 A atrofida) himoyalangan kabell bilan ulang.

- Tok o'tish vaqtini orqali har 5 °C da aniqlang.

Tahlik

Xona haroratida tovush tezligini aniqlaganingizda (a-holda) s mikrofon va dinamik o'rtasidagi masofadir. b) holda komyuter dasturi har bir Δt_{A1} o'tish vaqtida tovush tezligining to'g'ri qiymatini simulyatsiyalab hisoblaydi. Tovush tezligi qiymati o'lchash(tajriba) davomida Harorat ekranida harorat funksiyasi sifatida yozib boriladi. Tuzatma kiritilgan to'g'ri chiziqni adabiyotlarda keltirilgan quyidagi qiymat bilan solishtirishingiz mumkin.

$$c = (331.3 + 0.6 \cdot 9/\text{°C}) \text{ m/s.}$$

Mundarija.

LAB:1. Fizik kattaliklar qiymatlarini o'lhash va ularning xatoliklarini aniqlash usullari.....	4
LAB:2. Gorizontal burchak ostida otilgan jisimning harakati.....	6
LAB:3. Matematik mayatnikyordamida og'irlik kuchi tezlanishini aniqlash	10
LAB:4.Giroskopchayqalishi.....	16
LAB:5. Gravitatsiya doimiysini Kavendishning torsion tarozilari bilan aniqlash	19
LAB:6 Erkin tushish tezlanishini VideoCom bilan qayd etish	26
LAB:7. Elastik to'qnashuvda energiya va impuls ikki shoxsimon yorug'lik datchigi bilan o'lhash	29
LAB:8 Maksvel mayatnigi yordamida inersiya momentini aniqlash.....	32
LAB:9 Havodagi tovush tezligining haroratga bog'liqligini o'rganish	37

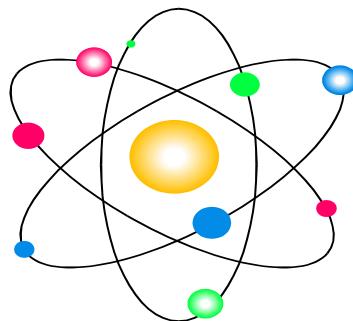
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
FIZIKA FAKULTETI

"FIZIKA" KAFEDRASI

Molekulyar fizika bo'limidan tajriba ishlarni bajarish bo'yicha

USLUBIY KO'RSATMA



Namangan-2021

SO'Z BOSHI

Hozirgi davr jadal taraqqiyotida fan-texnika yutuqlarini ishlab chiqarishga joriy qilish har qachongidan ko'ra katta ahamiyat kasb etmoqda. Bu borada texnika oliv o'quv yurtlari tomonidan tayyorlanayotgan malakali injener-mutaxassislarining roli mislsiz kengdir. Binobarin, ishlab chiqarishni fan yutuqlari, ayniqsa mikroelektronika, hisoblash texnikasi, asbobsozlik, mashinasozlik asosida yangilash bilan uning samaradorligini oshira oluvchi, moddiy boyliklarni iqtisod eta oluvchi injenerlar tayyorlash oliv texnika o'quv yurflarining asosiy vazifalaridan biri hisoblanadi. Hozirda kunda prizdentimizning ta'limga bo'lgan etibori malakali o'qituvchilar va yosh kadrlar va albatta yetishib chiqayotgan kadrlar hammamiz bunga labbay deb javob qaytarishimiz kerek. Bu esa hozirgi zamon texnologiyasini taraqqiy ettirishga katta hissa qo'shayotgan fundamental fanlardan biri hisoblangan fizika va uning tatbiqiga alohida e'tibor berilishini taqozo etadi. Ushbu fan bo'yicha bulg'usi yosh kadrlarga chuqur bilim berish bilan bir qatorda, fizikaning yutuqlarini texnikaga, ishlab chiqarishning turli sohalariga qo'llay bilish ko'nikmalarini shakllantirish ham zarur. Shu jihatdan qaraganda, fizika fani bo'yicha o'tkaziladigan laboratoriya mashg'ulotlari katta ahamiyatga va keng imkoniyatlarga egadir.

Ma'lumki, oliv o'quv yurtiga kirgan talabalarning dastlabki bilim va ko'nikmalarini turlichadir: o'rta maktabni bitirib oliv o'quv yurti studenti bo'lgan yoshlarda nazariy bilim kengroq bo'lib, amaliy ko'nikmalarini yetarli bo'lmaydi, ishlab chiqarish stajiga ega bo'lganlarda esa aksincha. Boshlang'ich kurslarda o'tiladigan amaliy mashg'ulotlarda, jumladan, laboratoriya mashg'ulotlarida bu tafovutni yo'qotish imkoniyatlarini izlash maqsadga muvofiq.

Ana shu kamchiliklarni yo'qotish maqsadida qo'llanmada har bir bo'limga doir laboratoriya ishlaring tavsiyini keltirishdan avval asboblar bilan tanishuv ishlari beriladi va o'quv jarayonida dastlab ularning bajarilishi ko'zda tutiladi. Ushbu holat asosiy laboratoriya ishlarini muvaffaqiyatli bajarishga studentlarni tayyorlash bilan bir qatorda qisqa muddat ichida o'rta maktab fizika kursining mazkur bo'limi bo'yicha olgan bilimlarini qayta eslash imkonini beradi.

Qo'llanmadagi hisoblashlari murakkabroq bo'lgan laboratoriya mashg'ulotlari so'ngida kompyuter yordamida laboratoriya ishi natijalarini hisoblash uchun "fortran" tilida dasturlar va xatoliklarini hisoblash yo'llari va jadvallar keltirilgan.

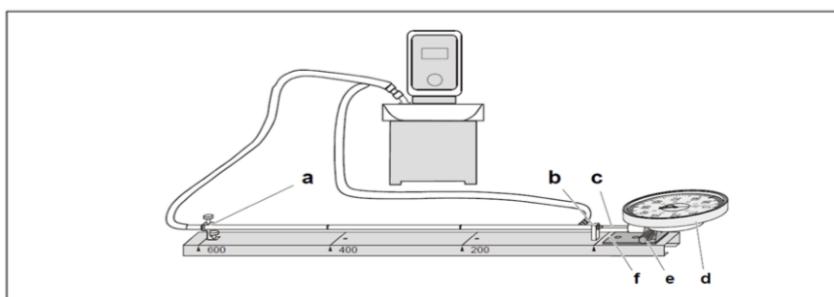
Qo'llanma Namangan muhandislik-texnologiya institutining barcha ta'lim yo'nalishidagi talabalar uchun mo'ljallangan.

1.Qattiq jismлarni chiziqli kengayish koeffisiyentining temperaturaga bog'liqligini o'lchash

Ishning maqsadi

- Latun, po'lat va shishani chiziqli kengayish koeffisiyentlarining temperaturaga bog'liqligini o'lchash
 - Latun, po'lat va shishani chiziqli kengayish koeffisiyentlarini aniqlash.
- Nazariy ma'lumotlar Qattiq jismning uzunligi s temperaturaga t chiziqli bog'liq:
 $s = s_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$, (I)

bu yerda s_0 – xona temperaturasidagi uzunlik, t – $^{\circ}\text{C}$ dagi temperatura. Qattiq jismlarning chiziqli kengayish koefisiyenti α , ularning materiali bilan aniqlanadi. Mazkur ishda suvn qizdirish uchun sirkulyasion termostatdan foydalaniladi va qizigan suv turli materiallardan tayyorlangan quvurlar ichidan oqadi. Aylanma shkalasi 0,01 milimetrl shkalalar bo'linmalaridan iborat asbobdan uzunlikning o'zgarishini $\Delta s = s - s_0$ temperaturaning funksiyasi t sifatida o'lchashda foydalaniladi.



1-rasm. Quvurlarning chiziqli kengayishini temperatura funksiyasi sifatida o'lchash bo'yicha tajriba qurilmasini kengaytiruvchi apparat bilan birgalikdagi sxematik ko'rinishi.

Kerakli asboblar va ashyolar

- 1 Bo'ylama kengayishni o'rganish uchun asbob D381 341
- 1 Siferblatl indikator, 10 mm.....361 15
- 1 Siferblatl indikatorni tutgich 381 36
- 1 Termometr -10... dan +110 $^{\circ}\text{C}$ gacha 382 34
- 1 Sirkulyasion termostat +25 ...dan +100 $^{\circ}\text{C}$ gacha..... 666 768
- 1 Nasos..... 666 7703
- 2 Silikonli quvurlar, 7 mm..... 667 194
- 2 Toza suv, 5 l 675 3410

Tajriba qurilmasi

1-rasmida tajriba qurilmasi sxematik tarzda tasvirlangan. - Siferblatl indikatorni 381 36 (e) tutgichdagi vintni burang (tafsilotlar uchun kengaytiruvchi apparat instruksiyasidan 381 341 foydalaning) va siferblatl indikatorni 361 15 (d) o'z o'miga o'rnating. - Kengaytiruvchi apparatning qo'zg'almas tayanchini (a) 600 belgisiga o'rnating va latun quvurning ochiq uchini qo'zg'almas tayanchga kiritib, bir tekis siljiting. - Latun quvurning yopiq uchini biriktiruvchi quvur qismini yo'naltirgichga (b) shunday bir tekis siljitingki qisqa quvur (f) pastga qarasin. - Latun quvurni qo'zg'almas tayanchga mustahkamlash uchun vintni burab qotiring (vint quvurdagi xalqasimon o'yingga kirishi kerak). - Kengayuvchi qismni o'rnating (c) (siferblatl indikator 361 instruksiyasining mos varag'iga qarang) - Sirkulyasion termostatni ishga tayyorlang va uni ulang. To'liqroq bayonnomma tafsilotlari uchun, 666 768 instruksiyaning mos varag'iga murojat qiling.

Diqqat: Sirkulyasion termostatdan 666 768

foydalinishdan oldin uning instruksiyasini diqqat bilan o'qib chiqing. - Sirkulyasion termostat vannasini distillangan suv bilan to'ldiring. - Asbobni silikonli quvurlar yordamida sirkulyasion termostatga ulang, ya'ni latun quvurning ochiq uchini va qisqa quvurni (f) termostat nasosining qisqa quvuriga biriktiring - Suv vannasining temperaturasini 9 o'lhash uchun termometrdan 382 foydalaning.

Tajribani o'tkazish tartibi

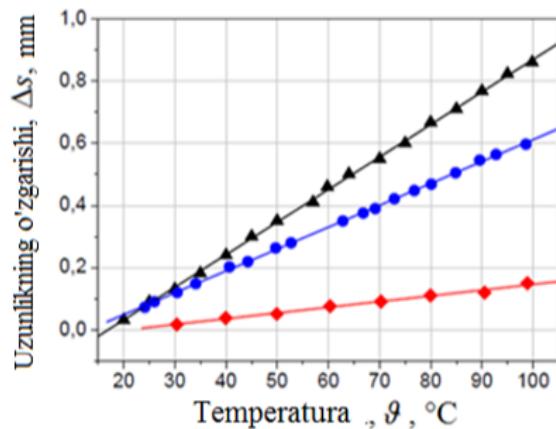
- Nolni o'rnatish uchun siferblatlari indikatorning korpusini buring.
- Boshlang'ich temperaturani o'lchang, ya'ni xona temperaturasini 90. - Sirkulyasion termostatni ulang va uning temperaturasini 90 ga nisbatan 5 °C ga kattaroq qilib o'rnatiting. - Toki termodinamik muvozanat o'rnatilmaguncha kuting. - Temperaturani 9 o'lchang. - Siferblatlari indikatorning ko'rsatishini yozib oling. - 9 temperaturani taxminan 5° C qadam bilan 100° C gacha ko'taring. - Latun quvur xona temperaturasigacha sovushiga imkon bering. - Latun quvurni po'lat quvur bilan almashtiring va kengaytiruvchi apparatning qo'zg'almas tayanchini (a) 600 belgisiga o'rnatiting va po'lat quvurning ochiq uchini qo'zg'almas tayanchga kiritib, bir tekis siljiting - Shunday tajribalarni shisha trubka bilan ham bajaring. Bu holda temperatura 9 ni taxminan 10 °C qadam bilan ko'taring.

Texnika xavfsizligi

- Issiq svuning nazoratsiz chiqishini va bu bilan atrofdagilarga shikast va talofat yetishini oldini olish uchun, apparatning har bir ishlashidan oldin silikonli birikmalarni tekshiring.
- Sirkulyasion termostatdan foydalinish bo'yicha maslahatlarga amal qiling.
- Shisha trubka bilan ishlaganingizda, apparatning bayonida keltirilgan instruksiyalarga amal qiling.

Latun		Po'lat		Shisha	
$\vartheta, ^\circ C$	$\Delta s, mm$	$\vartheta, ^\circ C$	$\Delta s, mm$	$\vartheta, ^\circ C$	$\Delta s, mm$
20.0	0.03	24.1	0.07	30.4	0.02
25.0	0.09	26.0	0.09	39.9	0.04
30.0	0.13	30.5	0.12	49.9	0.05
35.0	0.18	34.1	0.15	60.3	0.08
40.0	0.24	40.7	0.20	70.3	0.09
45.0	0.30	44.3	0.22	79.9	0.11
50.0	0.35	49.7	0.26	90.5	0.12
57.0	0.41	52.7	0.28	98.9	0.15
59.8	0.46	62.8	0.35	-	-
64.0	0.50	66.8	0.38	-	-
70.0	0.55	69.1	0.39	-	-
75.0	0.60	72.9	0.42	-	-
80.0	0.67	76.8	0.45	-	-
85.0	0.71	80.1	0.47	-	-
90.0	0.77	84.9	0.51	-	-
95.0	0.82	89.6	0.55	-	-
99.8	0.86	92.8	0.56	-	-
-	-	98.6	0.60	-	-

2-jadval.Temperaturaning t funksiyasi sifatida uzunlikni o'lchanan qiyatlari



3-jadval temperatura t funksiyasi sifatida uzunlikning o'zgarishi Δs : latun (\blacktriangle), po'lat (\bullet), shisha (\blacklozenge). Uzlucksiz chiziqlar (II) tenglama bo'yicha approksimasiyaga mos keladi.

Natijalar va ularning tahlili

Turli o'lhashlar jadval 1 da keltirigan. Chiziqli kengayish koefissiyentini α temperatura t funksiyasi sifatida aniqlash uchun uzunlikning o'zgarishini Δs o'lhash asosida grafik tuzilgan (2-rasmga qarang) Xona temperaturasida aniqlangan boshlang'ich uzunlikni s_0 tenglamanning (I)

ikki tomonidan ham ayirib, uzunlikning o'zgarishi Δs uchun quyidagini olish mumkin:

$$s - s_0 = s_0 \cdot \alpha \cdot t$$

$$\Delta s = k \cdot t, \quad (\text{II})$$

bu yerda $k = s_0 \cdot \alpha$. (II) tenglamani o'lchanigan natijalar bo'yicha chiziqli approksimasiyasi beradi α (2-rasm). Natijalar jadval 2 da keltirilgan.

Jadval 2. (II) tenglama bo'yicha tuzilgan 2-rasm bo'yicha aniqlangan chiziqli kengayish koeffisiyentlari α .

Material	$\Delta s, mm$	Tajriba, α, K^{-1}	Adabiyotdagi natijalar, α, K^{-1}
Latun	600	$17 \cdot 10^{-6}$	$18 \cdot 10^{-6}$
Po'lat	600	$11.7 \cdot 10^{-6}$	$11 \cdot 10^{-6}$
Shisha	600	$3.1 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$

Qo'shimcha ma'lumot

Qo'shimcha, issiqlikdan chiziqli kengayish quvurning to'liq uzunligi s_0 funksiyasi sifatida o'lchanishi mumkin. Issiqlikdan chiziqli kengayishni temperatura farqiga $\Delta t = t_1 - t_0$ bog'liqligini aniqlashning tajriba tartibi P2.1.1.2. instruksiyada keltirilgan. Sirkulyasion termostat o'rniغا bug' generatoridan P2.1.1.2 foydalananish uzunlikning o'zgarishini Δs aniqlashga imkon beradi. Shunday qilib, chiziqli kengayish koeffisiyenti, masalan turli uzunlikdagi (200 mm, 400 mm, 600 mm) latun quvurlarniki, sirkulyasion termostatda o'rnatiladigan boshlang'ich 90 va yakuniy 91 temperaturalarni o'lchab, P2.1.1.2 instruksiyadagi 2-rasmida ko'rsatilganidek aniqlanishi mumkin (shuningdek asbobning 381 341 instruksiyasiga qarang).

2.Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffisiyentini aniqlash

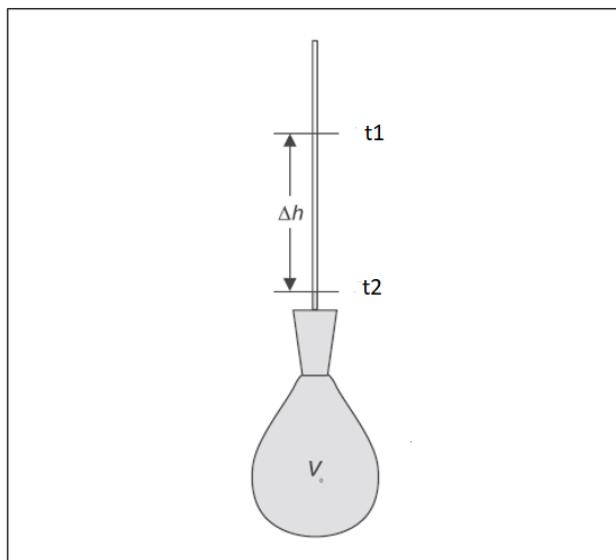
Ishning maqsadi

- Dilatometrning hajmini V_0 aniqlash.
- Suvni va etanolni hajmlarining kengayishini temperaturaning funksiyasi sifatida o'lchash va ularning hajmiy kengayish koeffisiyentlarini γ aniqlash.
- Suv bilan etanolning hajmiy kengayish koeffisiyentlarini taqqoslash.

Nazariy ma'lumotlar

Agar idish ichidagi V_0 hajmga ega suyuqlikning temperaturasi t , Δt ga o'zgarsa, qattiq jismda kuzatiladigandek, uning hajmi ΔV_0 ga o'zgaradi. $\Delta V_0 = \gamma \times V_0 \times \Delta t$ (I).

Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffisiyentini aniqlash



1-rasm

Amalda hajmiy kengayish koeffisiyenti γ suyuqlikning temperaturasiga t bog'liq emas, ammo suyuqlikning turiga bog'liq. Umuman olganda suyuqliklar odatda, qattiq jismlarga nisbatan ko'proq kengayadi. Hajmiy kengayish koeffisiyenti dilatometr yordamida aniqlanishi mumkin.

Dilatometr tor bo'g'izli shisha kolba bo'lib, uning ustki tomonidan, radiusi r ma'lum bo'lgan ochiq kapillyar mahkamlanadi. Kapillyardagi suyuqlikning sathi h, uning yon tomoniga chizib qo'yilgan milimetrali shkala bo'yicha aniqlanadi. Shisha kolba svulvi vannada bir tekis qizdirilsa, suyuqlikning hajmi kengayishi evaziga kapillyardagi suyuqlikning sathi ko'tariladi. Suyuqlik sathining o'zgarishi Δh hajmnning o'zgarishiga mos keladi, ya'ni

$$\Delta V = \pi r^2 \Delta h, \quad (II)$$

bu yerda $r = (1.5 \pm 0.08)$ mm. Ammo, bundan tashqari qizishda dilatometrni o'zining ham kengayishini hisobga olish kerak. Bunday kengayish suyuqlik sathining o'zgarishiga to'sqinlik qiladi. Shunday qilib, suyuqlik hajmining o'zgarishini quyidagidan aniqlash mumkin:

$$\Delta V_0 = \Delta V + \Delta VD, \quad (III)$$

bu yerda ΔVD dilatometr hajmining o'zgarishi bo'lib, u quyidagidan aniqlanadi: $\Delta VD = \gamma D \times V_0 \times \Delta \theta$, (IV)

bu yerda

$\gamma D = 0.84 \times 10^{-4}$ K-1. (I), (III), va (IV) formulalardan foydalanib, suyuqlikning hajmiy kengayish koefisiyentini aniqlash formulasini keltirib chiqarish mumkin: $\gamma = (1/V_0) \times (\Delta V / \Delta t) + \gamma D$. (V)

(jad.1 ga qarang) foydalangan holda, dilatometrning hajmi quyidagi formuladan topiladi:

$$V_0 = (m_2 - m_1)/\rho. \quad (\text{VI})$$

Jadval 1. Toza suv zichligining ρ temperaturaga bog'liq t funksiyasi sifatida adabiyotlarda keltirilgan natijalar

t	$\rho, g \cdot sm^{-3}$	t	$\rho, g \cdot sm^{-3}$
15 °C	0.999099	23 °C	0.997540
16 °C	0.998943	24 °C	0.997299
17 °C	0.998775	25 °C	0.997047
18 °C	0.998596	26 °C	0.996785
19 °C	0.998406	27 °C	0.996515
20 °C	0.998205	28 °C	0.996235
21 °C	0.997994	29 °C	0.995946
22 °C	0.997772	30 °C	0.995649

Kerakli asboblar va ashylolar

- 1 dilatometer 382 15
- 1 termometr, 10 dan 110 0C gacha..... 382 34 yoki
- 1 NiCr-Ni temperatura datchigi..... 666 193
- 1 Yakka kirishli raqamli termometr..... 666 190
- 1 O'quv laboratoriya tarozisi 311..... 315 05

1 Diametri $d = 150$ mm va quvvati 1500 W bo'lgan qizdirgich..... 666 767
 1 Mustahkam shishadan tayyorlangan, hajmi 400 ml bo'lgan menzurka.

664 104

- 1 V shaklidagi shtativ asosi..... 300 02
- 1 Uzunligi 47 sm bo'lgan shtativ ustumi 300 42
- 2 Multi qisgich Leybold..... 301 01
- 2 Diametri 0÷80 mm bo'lgan universal qisgichlar... 666 555
- 1 Etanol, denaturat, 1 l..... 671 972

bundan tashqari kerak: distillangan yoki tuzsizlantirilgan suv

Dilatometning V_0 hajmini ham aniqlash kerak bo'ladi. U quyidagicha aniqlanadi: oldin bo'sh quruq dilatometrning massasi m_1 o'lchanadi, shundan so'ng ochiq kapillyarning pastki belgisigacha suv bilan to'ldirilgan dilatometrning massasi m_2 o'lchanadi. Turli temperaturalar uchun suv zichliklari keltirilgan jadvaldan

Laboratoriya qurilmasi va tajribalarni o'tkazish tartibi

Eslatmalar: Turli kuchlanganlikli kapillyar kuchlar ta'siri tufayli suyuqlik sathini h o'lhashda anchagina xatoliklarga yo'l qo'yilishi mumkin. Ulardan xoli bo'lish

uchun kapillyarni toza tuting va zururiyat tug'ilganda uni mos tozalovchi eritmalar bilan tozalang va shundan so'ng uni distillangan suv bilan chaying.

a) Dilatometrni kalibrash: - Bo'sh dilatometrning massasini m_1 aniqlang. - Kolbani ochiq tomonidan uchdan birigacha suv soling. - Suv pufakchalaridan xoli bo'lish uchun, kapillyar trubkani mahkamlamasdan oldin, dilatometrni suv vannasida qaynash temperaturasigacha qizdiring. - Suv vannasini xona haroratigachasovushini kuting; shundan so'ng zurur bo'lgan sathgacha yana suyuqlik quyib to'ldiring. Temperaturani θ qayd qiling. - Kapillyar trubkani o'z joyiga o'rnating. Trubkaning ochiq tomoniga barmog'ingizni bosib, kapillyar trubkani chiqarib oling va suyuqliknинг sizishiga yo'l qo'ying. - Kolbadagi kapillyarni o'zgartiring, dilatometrni quriting va suv bilan to'ldirilgan dilatometrning massasini m_2 o'lchang.

b) Suv va etanol hajmlarining kengayishini o'lchash. Diqqat: Qizdirgich o'chirilganidan keyin ham suyuqliknинг qandaydir vaqt mobaynida qizishi davom etadi va shu sababli suyuqlik dilatometrdan toshib ketishi mumkin. Ayniqsa, kolba etanol bilan to'ldirilgan holatda ishlaganingizda, etanol toshib ketishining oldini olish uchun, qizdirgichni ancha ilgari o'chiring. Tajriba qurilmasi 1-rasmda tasvirlangan. LD

Dilatometrni qiziyotgan suvli vannaga shunday tushirikki, kapillyar trubka vannadagi suv sathidan chiqib tursin. - Qizdirgichni eng quyi qadam bilan o'zgaradigan pog'onada ulang va dilatometrdagi suyuqliknинг sathi shkaladagi eng yuqorida belgiga yetganda uni o'chiring. - Suyuqliknинг sathi o'zining maksimumiga yetguncha kuting va shundan so'ng suvli vannining taxminan 1-2 K gasovushiga yo'l bering. - Keyin suvli vannaningsovushi davom etishiga yo'l berib, kapillyar trubkadagi suv sathini h temperatura funksiyasi sifatida aniqlang (2-jadvalga qarang),

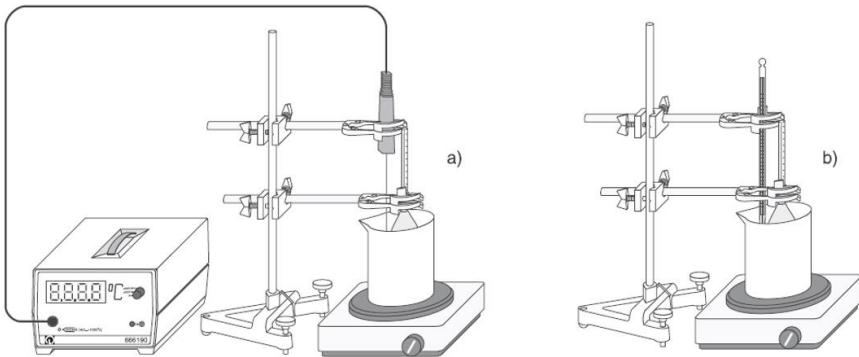
- Keyinchalik, to'liq quritilgan dilatometrni etanol bilan to'ldiring va uni suvli vannada qizdirib, suyuqlik sathini h temperatura funksiyasi sifatida o'lhashni takrorlang (3jadvalga qarang).

Tajriba namunasi a) Dilatometrni kalibrash:

$$m_1 = 31.29 \text{ g}$$

$$m_2 = 88.01 \text{ g}$$

$$t = 22^{\circ}\text{C}$$



1-rasm. Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffisiyentini aniqlash uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasi. a) temperatura datchigidan foydalanilganda; b) termometrdan foydalanilganda.

b) Suv bilan etanolning hajmiy kengayishlarini o'lchash: Baholash va natijalar Jadval 2. Toza suv sathi h temperatura t funksiyasi sifatida

ϑ	$\frac{h}{sm}$	ϑ	$\frac{h}{sm}$
60 °C	9.5	45 °C	4.25
59 °C	9.3	44 °C	3.9
58 °C	8.9	43 °C	3.55
57 °C	8.6	42 °C	3.2
56 °C	8.2	41 °C	2.9
55 °C	7.85	40 °C	2.6
54 °C	7.5	39 °C	2.3
53 °C	7.1	38 °C	2.0
52 °C	6.75	37 °C	1.7
51 °C	6.4	36 °C	1.4
50 °C	6.0	35 °C	1.1
49 °C	5.7	34 °C	0.8
48 °C	5.3	33 °C	0.55
47 °C	4.9	32 °C	0.3
46 °C	4.6		

Jadval 3. Etanol sathi h temperatura t funksiyasi sifatida

ϑ	$\frac{h}{sm}$	ϑ	$\frac{h}{sm}$
38 °C	9.9	32 °C	4.6
37 °C	9.1	31 °C	3.7
36 °C	8.25	30 °C	2.7
35 °C	7.4	29 °C	1.8
34 °C	6.5	28 °C	0.9
33 °C	5.55		

a) Dilatometri kalibrash:

massalar farqi: $m_2 - m_1 = 56.72$ g

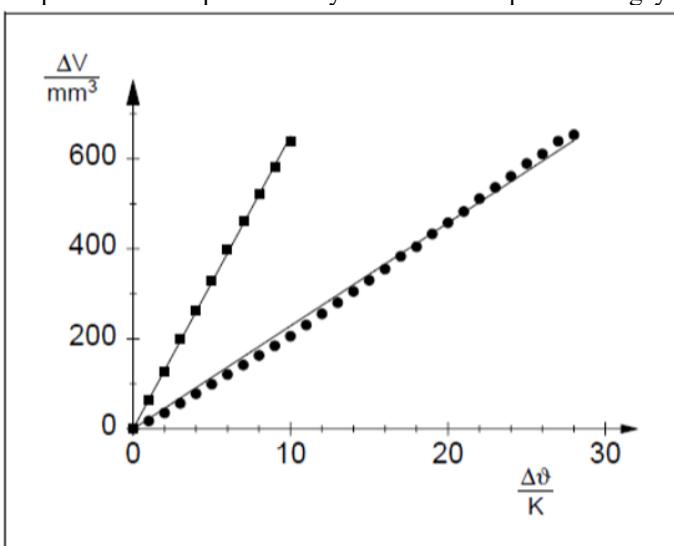
$t = 22$ °C dagi zichlik $\rho = 0.9978$ g/sm³ ga teng (1jadvaldan)

(VI) ifodadan $V_0 = 56.85$ cm³ ekanligini aniqlaymiz.

b) Suv bilan etanolning hajmiy kengayishlarini o'lchash:

2-rasm. Suv hajmining ΔV (doiralar) va etanol hajmining (to'rtburchaklar)

temperaturalar farqi Δt funksiyasi sifatida issiqqlikdan kengayishi



2-rasmda $\Delta h = h - h_0$ sathning o'zgarishi bo'yicha (II) formula bilan hisoblangan, suyuqlik hajmining o'zgarishini ΔV temperaturalar farqi $\Delta t = t - t_0$ funksiyasi sifatidagi bog'lanish grafiklari keltirilgan (mos ravishda $t_0 = 32$ °C suv uchun va 28 °C etanol uchun, 2 va 3-jadvallarni taqqoslang). Suv uchun koordinata boshidagi nuqtadan o'tgan to'g'ri chiziq og'masi $\Delta V / \Delta t = 22.9$ mm³/K va etanol uchun esa to'g'ri chiziq og'masi $\Delta V / \Delta t = 65.0$ mm³/K. (V) formuladan foydalanib, suv va etanol uchun hajmiy kengayish koeffisiyentlarini topish mumkin: $\gamma = 4.9 \times 10^{-4}$ K⁻¹ (suv), $\gamma = 12.3 \times 10^{-4}$ K⁻¹ (etanol). Suv holida o'lchangan qiyatlarda chiziqli o'zgarishdan sistematik chetlanishlar mavjud.

Suvning hajmiy kengayish koeffisiyenti doimiy emas va u tajribada ko'rsatilganidek, temperatura 30 °C dan 60 °C ga ortganda oshadi. Etanolning hajmiy kengayish koeffisiyenti suvnikiga nisbatan ancha katta. Temperaturalarning keng ko'lamida bu koeffisiyent o'zgarmaganligi tufayli, etanoldan termometrlar uchun suyuqlik sifatida foydalanish mumkin.

Qo'shimcha eslatmalar:

Suvning issiqlik anomaliyasi, ya'ni 0 °C dan 4 °C gacha oraliqda suv hajmining kamayishi P2.1.3.1 tajribada o'rjaniladi.

3. Yakka plastina metodi bilan issiqlik o'tkazuvchanlikni aniqlash Ishning maqsadi

Qurilish materiallarida issiqlik o'tkazuvchanlik fizikaviy hodisasini va issiqliknинг jamg'arilishini o'rganish.

Turli qurilish materiallarining temperaturaviy o'zgarishlarini vaqt funksiyasi sifatida qayd qilish. Qurilmaning issiqlik muvozanatini sifatiy kuzatish.

Qurilish materiallarining issiqlik o'tkazuvchanligini aniqlashda temperaturalar farqidan foydalanish.

Nazariy ma'lumotlar

Yakka plastina metodi bilan issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisiyentini λ aniqlashda, Δt vaqt ichida qurilish materiali ichidan o'tgan issiqlik miqdori ΔQ , plastinaning tashqi va ichki tomonlaridagi temperaturalar farqiga Δt va plastinaning yuzasiga A to'g'ri proporsionalligi, plastina qalinligiga d esa teskari proporsionalligi faktlaridan foydalaniladi.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \lambda \frac{d}{t}$$

Bu formuladan λ uchun quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$\lambda = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \cdot \frac{d}{A} \cdot \frac{1}{\Delta \vartheta}$$

$\Delta t \cdot d \cdot A \cdot 1 \cdot \Delta t$. O'lchashlar o'tkazilayotganda, issiqlik oqimi faqat namuna orqali o'tayotganiga (issiqlik miqdori sizib ketishining boshqa yo'llari yo'q) va u bir jinsli ekanligiga amin bo'lish kerak. Shuni e'tiborga olish kerakki, mazkur ishda issiqlikni izolyasiyalovchi devorli kalorimetrik kameradan foydalaniladi. Issiqlik oqimi qurilish materiali namunasining ichidan o'tishi uchun quyidagilar zarur:

kamerani ichki qismdan elektr qizdirish va - muzni bevosita namunaning tashqi tomoniga joylashtirish. Issiqlik muvozanatida, ya'ni har bir nuqtada temperatura uzoq vaqt mobaynida doimiy bo'lgan stasionar holatda, uzatilayotgan elektr energiya quvvati P aynan issiqlik oqimiga mos keladi

$$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t},$$

Yoki

$$P \cdot t = W = Q,$$

Shunday qilib, t vaqt ichida qizdirgichdan nurlantirilgan elektr energiya qiymati W , shu vaqt ichida qurilish materiali namunasidan o'tgan issiqlik miqdoriga Q teng. Buni hisobga olgan holda, qurilish materiali namunasining issiqlik o'tkazuvchanligi λ quyidagi munosabat yordamida hisoblanishi mumkin:

$$\lambda = P \cdot \frac{d}{A} \cdot \frac{1}{\Delta \theta}$$



1- rasm. Yakka plastina metodidan foydalanan, qurilish materiali namunasining issiqlik o'tkazuvchanligini aniqlash uchun qurilma.

Kerakli asboblar va ashyolar

1 Kalorimetrik kamera.....	389 29
1 Kalorimetrik kamera uchun qurilish materialari.....	389 30
1 Transformator 2 12 V; 120 Vt.....	521 25
1 Datchik-CASSY 2	524 013
1 CASSY Lab 2.....	524 220
1 NiCr-Ni Adapter S, Tip K	524 0673
2 NiCr-Ni – temperatura datchigi, 1.5 mm, Tip K.....	529 676
1 Biriktiruvchi simlar 19 A, 50 sm, qora, juft.....	501 451
4 Biriktiruvchi simlar 32 A, 100 cm, qor.	501 33
muz Yupqa plastikli pylonka 1 PK s Windows XP/Vista/7/8	

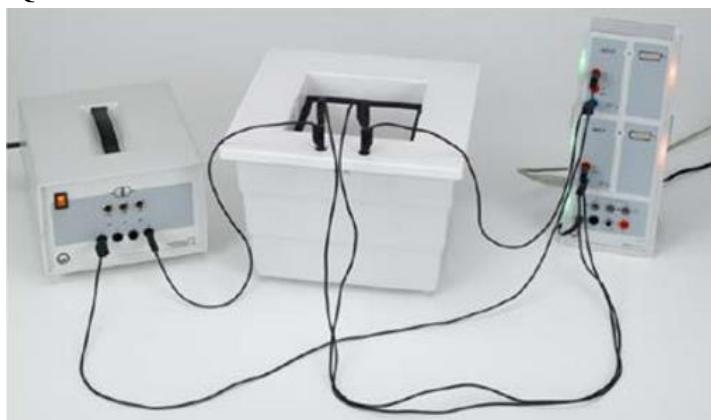
Mazkur tajribada kameraning ichidagi qurilish materialini pastki qismining temperaturasi va kameraning tashqi qismining (bu holda muz) temperaturasi o'lchanadi. Elektr plita ulanganidan sistema birdaniga

issiqlik muvozanatiga erishmaydi. Temperatura muvozanati holatida, temperaturalar farqini saqlash uchun, yetarli darajada uzoq vaqt dan keyin (taxminan 1 soat) temperaturaning o'zgarishini yozib boring. Ichki temperaturaning vaqt o'tishi bilan o'zgarishi temperaturaga va plyus qandaydir konstantaga proporsional:

$\Delta\vartheta/\Delta t = a \cdot \vartheta + b$. Bu tenglamaning vaqt funksiyasi $\vartheta(t)$ sifatidagi yechimi quyidagi ko'rinishga ega: $\vartheta(t) = \vartheta_{IM} - \vartheta_{Farq} \cdot e^{-\tau}$, bu yerda, ϑ_{IM} – issiqlik muvozanati holatidagi ichki temperatura, $\vartheta_{Farq} = \vartheta_{IM} - \vartheta_{Bosh}$ temperaturalar farqi, τ – vaqt doimisi. Issiqlik muvozanatida qurilish materiali namunasini qizlirilayotgan qismining temperaturasini quyidagi ko'rinishdagi funksiya bilan ifodalanishi mumkin: $f(x) = A - B \cdot \exp(-x/C)$, va u tajribadagi o'lchanayotgan temperatura qiymatlarini aks etiradi. Mos keltirish uchun olingan parametr A berilgan temperaturaga aynan to'g'ri keladi. Kamera tashqarisida joylashgan muz, qurilish materiali namunasi ustining temperaturasini past va eng asosiysi doimiy qilib ushlab turadi. Ammo, bunda temperatura qiymatining kichik tebranishlari bo'lishi mumkin, shuning uchun tashqi temperaturaning qiymati o'rtachalashtiriladi va shu o'rtacha qiymatdan temperaturalarning farqini hisoblashda foydalанилди. $\Delta\vartheta = \vartheta_{IM} - \vartheta_{sovuq}$. Va provardida issiqlik o'tkazuvchanlik hisoblanib topilishi mumkin.

Tajriba qurilmasi

a) Quvvatni o'lhash



2- rasm. Elektroplitkaning quvvatini aniqlash

2-rasmida tajriba qurilmasi keltirilgan. Odatda tajribani boshlashdan oldin, elektroplitkaning quvvatini P aniqlash kerak. Buning uchun kalorimetrik kamerani qurilish materiali plastinkasisiz qisqa vaqt ulang. • Elektroplitkanilari kalorimetrik kameraga joylashtiring. Biroq hali transformatorni ulamang! • 2-rasmida tasvirlaganidek kuchlanish va tok kuchini o'lhash uchun transformator va kalorimetrik kamerani CASSY datchigiga (Sensor-CASSY) ulang.

b) Temperaturani o'lhash

1-rasmda tajriba qurilmasi keltirilgan. • elektroplitkani kalorimetrik kameraga joylashtiring. • Qurilish materiali plastinkasini kalorimetrik kameraga joylashtirish uchun tayyorlang. • Qurilish materiali plastinkasida o'rnatish uchun mo'ljallangan aylana o'yiquar ichiga, issiqlik o'tkazuvchi pastadan foydalanib, alyuminiyli kontakt disklarni o'rnatiting. O'rnatishda kontakt diskda qilingan belgi o'yiqdagi chiziq bilan mos kelsin. • Kontakt disklarni o'rnatishda faqat issiqlik o'tkazuvchi pastadan foydalaning. • Diqqat bilan, egmasdan, yupqa alyuminiy plastinani (qalinligi 0.3 mm) qora tarafi bilan qurilish materiali namunasining issiqlik o'tkazuvchi pasta surilgan tashqi tomoniga o'rnatib, bu ikki plastinani bir biriga qising. • Bu amalni qurilish materiali namunasining boshqa tomoni uchun ham bajaring. • Diqqat bilan, egmasdan, temperatura datchigining uchini rezinali tiqindagi teshik (diametri 1.5 mm) orqali siljiting. Uni hali kalorimetrik kameraga o'rnatmang! • Tayyor qurilish materiali namunasini ochiq kameraga o'rnatiting va temperatura datchiklarini asosga hamda namuna ustiga qo'ying. Agar qurilish materiali namunasini ko'tarishga ehtiyoj tug'ilsa, ilgakli tutgichdan foydalaning. • Adapter NiCr-Ni S dan foydalanib, 1-rasmda keltirilganidek qilib, temperatura datchigini SASSUga ulang.

Transformatorni elektroplitka bilan ulang. Hali transformatorni ishga tushirmang! • Kalorimetrik kamerani yupqa va suv o'tkazmaydigan plastmassali pylonka (masalan, plastmassa o'ram) bilan qoplang. Muz kubiklarili sumkani alyuminiy plastinaning tepasiga qo'ying. Suv kameraga kirib ketmasligiga yoki kabellar bilan kontaktlashmasligiga amin bo'ling.

Eslatma: muz temperaturasiga bog'liq ravishda, agar temperatura 0 °C dan ancha past bo'lsa, bu maqsadga muvofiq bo'lishi mumkin. Shu temperaturani o'lchash mobaynida imkonli boricha doimiy qilib ushlab turish kerak, bu temperatura -2 °C dan +4 °C gacha oraliqda bo'lishi tavsiya etiladi. • Transformatorni ishga tushiring. Hali o'lchashni boshlamang! • Ikkala temperaturaning ham o'zgarishlarini kuzating va to yuqoriroq temperaturaning oshishi boshlanmaguncha kuting.

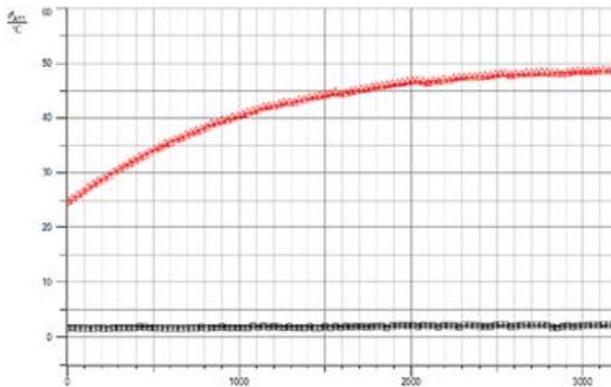
• O'lchashni dan boshlang. • Ichki temperatura ortishni boshlaganda, muz tagidagi tashqi temperatura doimiy qoladi. Tashqi temperatura 0.5 °C ga oshsa, muz bilan kontaktlashishni yaxshilang. Zaruriyat tug'ilganda, o'lchash vaqtida bunday tuzatishlarni qaytaring. • Agar ichki temperatura 60 °C ga erishsa, transformatorni o'chiring va tajribani pastroq kuchlanish yoki quvvat bilan takrorlang. • Agar ichki temperatura juda sekin yoki o'zgarmay qolsa (yoki taxminan minutiga 0.15 °C ga o'zgarsa), dan o'lchash to'xtatilishi mumkin. • Transformatorni tarmoqdan uzing.

Eslatma: Qismlarga ajratish vaqtida, birinchi navbatda temperatura datchiklarini oling va keyin idgakli tutqichdan foydalanib, qurilish materiali namunasini chiqarib oling.

Tajriba namunasi

3 – 6-rasmlarda turli qurilish materialari namunalari uchun uzoq vaqt davomida temperaturaning o'zgarishi tasvirlangan. Temperatura 9 IM ichki temperatura(namuna asosining temperaturasi) egriligidan 9 A11 moslashtirish orqali aniqlangan. Uzluksiz chiziq aynan moslashtirishdan olingen funksiya.

Tashqi past temperaturaning (namunaning muzli tepasi) o'rtacha qiymati ϑ A12 temperatura ϑ sovuq ni beradi. U temperatura farqini hisoblash uchun xizmat qiladi. $\Delta t = t_{IM} - t_{sovug}$



3- rasm Polistirol

Eslatmalar: Sumka juda kichik bo'masligi kerak. Muz iloji boricha alyuminiy plastina bilan zichroq kontaktlashuvi kerak. Muz kubiklari qanchalik kichik bo'lsa, qurilish materiali namunasi bilan muz shunchalik yaxshi kontaktlashadi. Sumkaga zarar yetkazmaydigan qilib joylashtiriladigan og'ir obyekt ham foydadan xoli emas.

4.Quyosh kollektorining effektivligini qizdirilayotgan suv hajmining funksiyasi sifatida aniqlash

Ishning maqsadi

Temperatura egriligini majburiy sirkulyasiya vaqtining funksiyasi sifatida olish

Quyosh kollektorining effektivligini baholash

Nazariy ma'lumotlar

Quyosh kollektori quyosh radiasiyasini yutadi va o'zi hamda to'ldirilgan suvni qizdiradi. Quyosh kollektorining effektivligi η suv yutgan issiqlik energiyasining ΔQ kollektorga tushayotgan radiasion energiyaga ΔE nisbatli bilan o'lchanadi: $\eta = \Delta Q / \Delta E$. Bu yerda radiasion energiya quyidagidan aniqlanadi: $\Delta E = \Delta t$, bunda F radiasiya quvvati. Kollektor atrof muhitga nisbatan issiqliq bo'lganda, u atrof muhitga nurlanish, konveksiya va issiqlik o'tkazuvchanlik orqali issiqlik ajratadi. Shu yo'qotishlar sababli kollektoring effektivligi kamayadi. Tajribada suyuqlikning majburiy sirkulyasiyasi nasos yordamida amalga oshiriladi. Sistema (kollektor, quvurlar va bak) tomonidan yutilgan issiqlik energiyasi asosan suvda mujasamlashganligi uchun quyosh kollektorining

temperaturasi juda yuqori bo'lib keta olmaydi. Tajribalarda quyosh kollektori issiqlik izolyasiyasi bilan hamda usiz qo'llaniladi. Bunda bakda suvning temperaturaviy xarakteristikalari o'lchanadi.



1- rasm Tajriba qurilmasi

Kerakli asboblar va ashyolar

1 Quyosh kollektori.....	389 50
1 Quvvati 1000 W, och tusli cho'g'lanma lampa....	450 72
1 Suv nasosi STE2/50	579220
1.Boshqariladigan past kuchlanishli kuchlanish transformatori S. 521 35	
1. Uzunligi 100 sm bir juft kabel (qizil/sariq)..	501 46
1 Mobil CASSY524	009
1.K tipli NiCr-Ni- Adapter S.....	524 067
1 NiCr-Ni-temperatura datchigi, 1,5 mm, K tipli.....	529 676
1 Po'latli o'lchash poloskasi, 2 m	31177
1 Taymer.....	31317
1 V shaklsimon shtativ asosi, 20 sm	300 02
1 Shtativ ustunchasi 25 sm.,12 mm	300 41
1 Shtativ ustunchasi 47 sm, 12 mm.....	300 42
1 Shtativ ustunchasi 75 sm, 12 mm.....	300 43
1 multi qisqichlar Leybold	301 01
1 Universal tutgich 0...80 mm.....	666 555
1 Plastik stakan	59006
1 Silikon quvurlar 5 mm ,1m.....	604 431

1 Silikon quvurlar 6 mm ,1m..... 604 432

1 Silikon quvurlar 8 mm ,1m.....604 434

1 Bevosita ulagich, 6/8 mm 665 226

Tajriba qurilmasi 1-rasmida tajriba qurilmasi keltirilgan. Nakonechniklar bilan quvurlarni ulash uchun mos silikon quvurlar va ulagichlardan foydalaning. • Suv nasosini shunday ulangki, u suvni quyosh kollektorining tubidan quyosh kollektori orqali haydasin, ya’ni nasos nakonechnigini kirish kamerasining nakonechnigi bilan ulash kerak. • Temperatura datchigini bevosita rezinali jipslagich yordamida quyosh kollektorining chiqish kamerasidagi, 1,5 mm qilib parmalangan teshikka o’rnating. Temperaturani o’lhashning bu bandi quyosh kollektorini qizib ketishining oldini olish uchun ham qo’llaniladi. Kollektordagi suvning temperaturasi 60 °C dan ortib ketmasligi kerak. • Chiqish kamerasining nakonechnigini bak nakonechnigi bilan ulang. • Bak chiqish nakonechnigini suv nasosining kirishi bilan ulang. • Bakga 1000 ml suv soling. • Bakni shunday ko’taringki, suv nasosi orqali suvning oqib tushishi quyosh kollektordan o’tib, ortga bakning kirishiga qaytsin. Suv qarshiliksiz oqishi uchun, barcha quvurlar doimo to’g’ri (burishgan va egilgan joylsiz) bo’lishi kerak • Bakni shtativ ustunidagi oldindan belgilangan joyga o’rnating. • Suv nasosining elektr ta’minotini ulang va qutbga riosa qilib, taxminan 6 V kuchlanish o’rnating. • Quvur shlanglar sistemasida pufaklar yo’qligiga amin bo’ling. a) Temperaturani o’lhash • Universal tutgich yordamida ikkinchi Yoritish vositasi • Cho’g’lanma lampani shtativga o’rnating va uni quyosh kollektorining old tomonidan taxminan 50 sm masofada joylashtiring. • Cho’g’lanma lampani ulang va uni shunday joylashtiringki, bunda kollektoring aktiv qismi to’liq yorililsin. Ehtiyoj bo’lganda, korpusning plastmassa qismi yoritilmasligiga erishing. • Cho’g’lanma lampani o’chiring va quyosh kollektorining sovushiga yo’l qo’ying. Boshlaganigizdan keyin 30 minut o’tganda o’lhashni to’xtating Diqqat: Uzoqroq vaqt mobaynida o’lhashlarni o’tkazganingizda maksimal ruxsat etilgan temperaturaning qiymatini e’tiborga oling.

• Issiq suvni shunchalik miqdordagi sovuq suv bilan almashtiring. Tajribalarни boshlash iloji boricha boshlang’ich temperaturadagidek temperaturada amalga oshirilishi kerak.

• Quyosh kollektorining old qismiga issiqlik izolyasiyasini o’rnating

Tajriba namunasi

Jadval 1: Bakdagи suvning temperaturaviy xarakteristikalari

	Oqim tezligi		
	Sekin	O'rtacha	Katta
vaqt	Temperatura		
$\frac{t}{min}$	$\frac{\Delta T_1}{^{\circ}C}$	$\frac{\Delta T_2}{^{\circ}C}$	$\frac{\Delta T_3}{^{\circ}C}$
0	21.2	21.2	21.2
1	22.0	22.5	22.9
2	23.5	24.6	24.7
3	25.7	26.2	26.6
4	27.4	28.0	28.3
5	28.7	29.7	30.3
6	29.9	31.4	31.9
7	31.6	32.9	33.6
8	33.3	34.5	35.1
9	34.7	36.0	36.5
10	35.7	37.4	37.9

Jadval 2: Quyosh kollektori bilan bak orasidagi temperaturalar farqi

Oqim tezligi		
Sekin	O'rtacha	Katta
Temperaturalar farqi		
$\frac{\Delta T_1}{^{\circ}C}$	$\frac{\Delta T_2}{^{\circ}C}$	$\frac{\Delta T_3}{^{\circ}C}$
Taxminan 6	Taxminan 3	Taxminan 1

Grafikdan yaqqolki, o'lhash vaqtiga o'tishi bidan temperatura chiziqli ortadi. Oqim tezligi ortishi bilan temperatura tezroq ko'tariladi, chunki bu holda suv ko'proq nur energiyasini oladi. Shunday qilib, bu holda nur energiyasidan suv olgan issiqlik energiyasining ulushi ko'proq. Oqimning past tezliklarida quyosh kollektorining bevosita chiqishidagi temperatura yuqori (jadval 2 ga qarang). Quyosh kollektorining yuqori temperaturasi tufayli issiqlik energiyasining yo'qotilishi ko'proq. Tajriba qurilmasida elektr lampaning qo'llanilishi qurilma effektivligining yomonlashuviga olib keladi. Lampa 1000 W quvvat ajratadi. Bu energiyaning bir qismi lampani qizdirishga sarf bo'ladi. Energiyaning boshqa qismi quyosh kollektori yoritish uchun qo'llanilmaydi va yana bir qismi esa akslanib qaytadi. Shunday qilib, quyosh kollektori olgan radiasion energiya 1000

W dan ancha kam. Suv yutgan issiqlik energiyasining miqdori Q, massa m va solishtirma issiqlik sig'imi koeffisiyenti orqali quyidagi formula bilan hisoblanishi mumkin: $Q/t = cm\Delta T/t$

5.Suv aralashmasi temperaturasini aniqlash

Ishning maqsadi

- Temperaturalari t_1 va t_2 bo'lган, m_1 va m_2 massali suv miqdorlarini kalorimetrdan aralashdirish va aralashmaning temperaturasini t_n aniqlash.

Tajriba qurilmasi



1-rasm. Tajriba qurilmasi versiya (a)

Kerakli asboblar va ashyolar	
1 Dyuar idishi g'ilofi.....	384 161
1 Kalorimetri Dyuar idishi.....	386 48
1 O'quv laboratoriya torozisi 610 posangi torozi toshlari bilan.....	315 23
2 Menzurka DURAN (DURAN), 400 ml, keng.....	664 104
1 Taymer l.....	313 07
1 Elektroplitika	666 767
<i>(a)versiya bo'yicha o'chash</i>	
1 Termometr, -10 dan+110 °C/0.2 K gacha...	382 34
<i>yoki (b)versiya bo'yicha o'chash</i>	
1 Bir kirishli raqamli termometr	666 190
1 Temperatura datchigi, tip NiCr-Ni, 1.5 mm.	666 193
<i>yoki (s)versiya bo'yicha o'chash</i>	
1 Mobil SASSU (CASSY).....	524 009A
1 NiCr-Ni adapter S, Tip K	524 0673
1 Temperatura datchigi, tip NiCr-Ni, 1.5 mm,	529 676

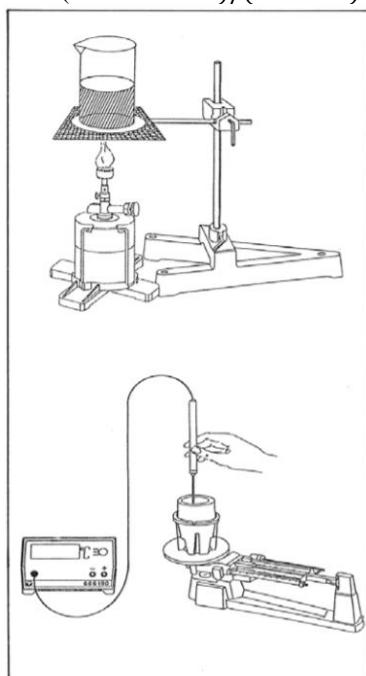
Agar turli temperaturali ikki modda bir biriga tutashtirilsa, issiqlik almashinuvni jarayonidan keyin bu moddalar orasidagi temperaturalar farqi nolga teng bo'ladi. Aralashmaning temperaturasini aniqlash uchun quyidagi qoida qo'llaniladi: $c_1m_1(t_n-t_1)=c_2m_2(t_2-t_n)$, (1) bu yerda

s_1 va s_2 , mos ravishda moddalarning solishtirma issiqlik sig'imi; m_1 va m_2 ularning massalari; t_1 va t_2 mos ravishda ularning temperaturalari, t_h esa aralashmaning umumiy temperaturasi. Turli temperaturali moddalarni aralashmaning bo'yicha tajribalarda issiq jismidan berilgan issiqlik miqdori, sovuq jism olgan issiqlik miqdoriga teng. Ko'rileyotgan holda, issiq suv bergan issiqlik miqdori Q_1 , sovuq suv olgan issiqlik miqdoriga Q_2 teng, ya'ni $Q_1 = Q_2$. Agar suvning solishtirma issiqlik sig'imi s_V ma'lum bo'lsa, unda turli massali suv aralashmasining temperaturasini (1) formula yordamida quyidagi formula bo'yicha hisoblanishi mumkin:

$$sV = s_1 = s_2,$$

$$sV = 4,19 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K}),$$

$$t_n = (m_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot t_2) / (m_1 + m_2)$$



Tajriba sixemasi

Kerakli asboblar va ashyolar

1 Dyuar idishli kalorimetri.....	38416
1 Temperaturani o'lchash uchun raqamlı asbob.....	666 190
1 Temperatura datchigi.....	383 02
1 O'quv laboratoriya torozisi 610.....	315 23
2 Menzurka, 400 ml,.....	664 104
1 Saqlovchi to'r, qizdirish uchun rezistor (elektroplitka).....	303 58
1 Katta shtativ asosi.....	300 01

1 Shtativ ustuni, 25 sm.....	300 02
1 Xalqa va asos.....	302 68
1 Leybold multi qisqichlar.....	301 01
1 Bunzen gorelkasi, butan uchun.....	303 11
1 Kallaklar uchta komplekti 303 11.....	303 12

Tajribani o'tkazish tartibi:

Dyuar idishini toroziga qo'ying va uni bo'sh holatda torting. Unga temperaturasi 60°C gacha qizdirilgan, $m_2 = 0,1 \text{ kg}$ massali suv quying. Oldin sovuq suvning temperaturasini ϑ_1 aniqlang va keyin kalorimetr ichidagi suvning temperurasini ϑ_2 aniqlang. Kalorimetrga $m_1 = 0,15 \text{ kg}$ massali sovuq suv qo'shing. Aralashtiring va aralashmaning temperurasini ϑ_n o'lchang. Tajribani sovuq suv va issiq suv massalarining boshqa nisbatlari uchun qaytaring.

Tajriba namunasi:

Jadval 1.

Suv massasi m_1	kg	0,1	0,125	0,15
Suv massasi m_2	kg	0,15	0,125	0,1
m_1 massali suvning temperurasasi ϑ_1	$^{\circ}\text{C}$	22,6	22,8	23,0
m_2 massali suvning temperurasasi ϑ_2	$^{\circ}\text{C}$	67,0	69,2	64,0
Aralashmaning o'lchanigan temperurasasi ϑ_n	$^{\circ}\text{C}$	48,4	43,4	38,8
Aralashmaning hisoblangan temperurasasi ϑ_n	$^{\circ}\text{C}$	49,2	46,0	39,4

Natijalar va ularning tahlili:

Aralashmaning temperatura qiymati suvning boshlang'ich temperaturalari oralig'ida yotadi. Aralashmaning hisoblangan va o'lchanigan temperaturalari jadval 1 da keltirilgan. Jadval 1 dan ko'rinish turibdiki, temperaturalarning qiymatlari tajriba xatoliklari chegarasida yaxshi mos keladi.

6. Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash

Ishning maqsadi

- Qizdirilgan mis, qo'rg'oshin va shishani sovuq suv bilan aralashdirish va aralashmaning temperurasini o'lhash.
- Mis, qo'rg'oshin va shishanining issiqlik sig'imini aniqlash.
Nazariy ma'lumotlar

Jism qizishida yoki sovushida yutilgan yoki ajralgan issiqlik miqdori ΔQ temperaturaning o'zgarishiga ΔT va massaga m proporsional:

$$\Delta Q = cm\Delta t \quad (\text{I}).$$

Bu yerda proporsionallik koeffisiyenti c – jismning solishtirma issiqlik sig’imi deyiladi va uning qiymati materialning turiga bog’liq. Mazkur tajribada pitra shaklidagi turli materiallarning solishtirma issiqlik sig’imi koeffisiyenti aniqlanadi. Har bir hol uchun pitralar torozida tortiladi va $9\ 1$ temperaturagacha qizdiriladi, keyin massasi torozida tortib aniqlangan $9\ 2$ temperaturali suv quyiladi. Yaxshi aralashgandan keyin issiqlik almashinushi evaziga pitra bilan suv umumiy temperaturaga erishadi t_m . Bunda pitradan ajralgan issiqlik miqdori ΔQ_1

$$\Delta Q_1 = c_1 \cdot m_1 \cdot (t_1 - t_m) \quad (\text{II}),$$

(bu yerda m_1 pitra massasi, c_1 - pitraning solishtirma issiqlik sig’imi) suv yutgan issiqlik miqdoriga ΔQ_2 teng

$$\Delta Q_2 = c_2 \cdot m_2 \cdot (t_M - t_2) \quad (\text{III}),$$

bu yerda m_2 – suv massasi. Bu yerda suvning solishtirma issiqlik sig’imi koeffisiyenti c_2 aniq, temperaturasi esa bug’ temperaturasiga teng deb faraz qilinadi. No’malum c_1 ning qiymati o’lchanagan t_M , t_2 , m_1 va m_2 ning qiymatlari bo’yicha quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$c_1 = c_2 \cdot m_2 (t_M - t_2) / m_1 (t_1 - t_m)$$

Kalorimetrnning idishi ham pitradan ajralgan issiqlikning bir qismini yutadi. Demak, kalorimetrnning issiqlik sig’imi quyidagiga teng bo’ladi

$$C_K = C_2 \cdot m_K \quad (\text{V})$$

Shunday qilib, kalorimetr idishining suv ekvivalenti m_K hisoblashlarda hisobga olinadi. (III) formula bilan hisoblangan yutilgan issiqlikning miqdori ancha aniqroq hisoblanadi

$$\Delta Q_2 = c_2 \cdot (m_2 + m_K) \cdot (t_m - t_2) \quad (\text{VI}),$$

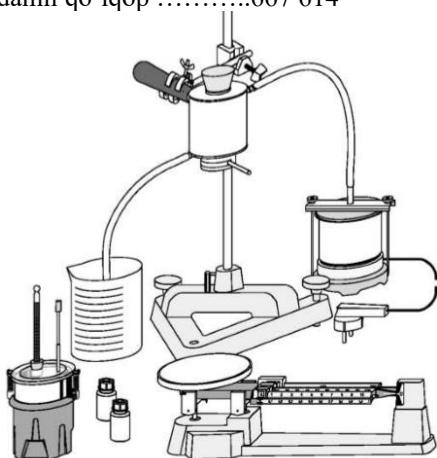
va uni hisobga olgan holdagi (IV) formula quyidagi ko’rinishga keladi:

$$c_1 = c_2 \cdot (m_2 + m_K) \cdot (t_M - t_2) / m_1 (t_1 - t_m)$$

Kerakli asboblar va ashyolar

1 Dyuar idishi	386 48
1 Dyuar idishi g’ilofi	384 161
1 mis pitra, 200 g	384 35
1 shisha pitra, 100 g	348 36
1 qo’rg’oshin pitra, 200 g	315 76
1 o’quv laboratoriya torozisi 610 Tare, 610 g ..	315 23
1 termometr -10 °C dan +110 °C gacha	382 34
1 NiCr-Ni temperatura datchigi.....	666 193
1 raqamli termometr	666 190
1 Bug’ generatori, 550 Vt / 220 V	303 281
1 Qizdirish apparati	384 34
1 menzurka, 400 ml	664 104
1 V-shaklsimon shtativ asosi, 20 sm	300 02

1 shtativ ustuni 47 sm	300 42
1 multi tutgichlar Leybold	301 01
1 Universal tutgich, diametri 0..80 mm	666 555
1 Silikon quvurlar, ichki diam. 7x1.5 mm, 1 m.....	667 194
1 bir juft issiqlikka chidamli qo'lqop	667 614



1- rasm. Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash uchun tajriba qurilmasi.

Qizdirgichni shtativga o'rnating. - Bug' generatorini suv bilan to'ldiring va ehtiyyotlik bilan qurilmani berkiting va uni silikon quvur yordamida qizdirgichning yuqorisidagi (bug' kirishi) shlangli birikmaga ulang. - Silikon quvurni qizdirgichning pastidagi shlangli birikmaga (bug'ning chiqishi) ulang va quvurning ikkinchi uchini menzurkaga soling. Barcha birikmalarda silikon quvurlar ishonchli mahkamlaganini ko'zdan kechiring. - Qizdirgichning namunalar kamerasini qo'rg'oshin pitrasi bilan to'ldiring va imkonli boricha uni stopor bilan zinchil berkiting. - Bug' generatorini elektr tarmoqqa ulang, shundan keyin esa qizdirgichdagi pitralarni ular orqali bug' o'tkazib 20-25 vaqt davomida qizdiring.

Bo'sh Dyuar idishining massasini aniqlang, shundan so'ng unga taxminan 180 g suv quying. - Dyuar idishini g'ilofga soling va mos ravishda termometr yoki temperatura datchigini qo'ying. - Suv temperaturasini t_2 o'lchang. Dyuar idishining qopqog'ini oching va uni chetga suring; namunalar uchun mo'ljallangan to'rni Dyuar idishiga kriting. Temperaturasi 100 °C bo'lgan pitralarni namunalar uchun mo'ljallangan to'rga tashlang, qopqoqni yoping va pitralarni suv bilan astoydil aralashtiring. Suv temperaturasini ko'tarilmay qolganda, aralashmaning temperaturasini aniqlang. Qo'shimcha ravishda pitralarning massasini m aniqlang. Mis va shisha pitralar bilan tajribani takrorlang.

Tajriba namunasi

Suv massasi: $m_1 = 180$ g

Pitra temperaturasi: - $t_2 = 100$ °C

Jadval 1. Moddalar solishtirma issiqlik sig'imining o'lchangan qiymatlari.

Modda	m_2/kg	ϑ_f	ϑ_M
Qo'rg'oshin	77	24.5 °C	25.4 °C
Mis	69	24.0 °C	26.2 °C
Shisha	19	23.8 °C	24.9 °C

Hisoblar: Kalorimetrining suv ekvivalenti: $m_K = 23 \text{ g}$

Suvning solishtirma issiqlik sig'imi: $c_2 = 4.19 \text{ kJ/(K}\cdot\text{kg)}$

Jadval 2: Tajribada aniqlangan solishtirma issiqlik sig'imining qiymatlari va adabiyotlardan olingan ularga mos natijalar

Modda	$c, \text{ kJ}/(\text{K}\cdot\text{kg})$	$c, \text{ kJ}/(\text{K}\cdot\text{kg})$
	tajriba	Adabiyotdagi natija
Qo'rg'oshin	0.133	0.1295
Mis	0.367	0.385
Shisha	0.656	0.746

Jadval 2 da moddalarning (VII) formula bo'yicha hisoblangan solishtirma issiqlik sig'imi qiyamlari keltirilgan. Adabiyotlardan olingan natijalar bilan ularning mos kelishi qoniqarli.

Xulosalar

Materialning turiga bog'liq ravishda qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imi tadqiq qilindi va ularning qiymati suvning solishtirma issiqlik sig'iminikiga nisbatan ancha kichik ekanligi aniqlandi.

7. Gaz qonunlari (Boyl-Mariott qonuni)

Ishning maqsadi:

Doimiy temperaturada havo ustunining hajmini V bosimga p bog'liqligini o'lchash

Boyl-Mariott qonunini tekshirish

Nazariy ma'lumotlar

Ideal gazning holati uchta o'lchanadigan miqdorlar: bosim, temperatura, hajm orqali to'liq ifodalanadi. Bu uch miqdor orasidagi munosabat asosiy gaz qonuni bilan aniqlanadi:

$$pV = vRT, \quad (1)$$

bu yerda r – bosim; V - hajm; T – temperatura; v – ideal gazning moldagi miqdori; R - universal gaz doimiysi ($8,31 \text{ Dj}/(\text{K}\cdot\text{mol})$). Agar miqdorlardan biri- bosim, hajm yoki temperatura doimiy qolsa, qolgan ikki miqdorni bir biridan mustaqil tarzda o'zgartirib bo'lmaydi. Masalan, doimiy temperaturada quyidagi ko'rinishdagi Boyl-Mariott qonuni bajariladi:

$$pV = \text{const}$$

Mazkur tajribada bu qonun gazli termometr yordamida tasdiqlanadi. Gazli termometr shisha kapillyardan tashkil topgan bo'lib, uning bir uchi ochiq. Havoning ma'lum miqdori kapillyar ichida simobning tomchisi bilan zich berkitiladi. Tashqi p_0 bosimda, kapillyar ichidagi havo V_0 hajmga ega. Xona temperaturasida dastaki (qo'l bilan yurgiziladigan) nasos yordamida havoni so'rib olish, havo ustunida $r_0 + \Delta r$ bosim hosil bo'lishiga olib keladi, bu yerda r_0 – tashqi bosim. Simobning tomchisi ham havo ustuniga bosim beradi:

$$p_{Hg} = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h_{Hg}, \quad (III)$$

bu yerda $\rho_{Hg}=13,6 \text{ g/sm}^3$ – simobning zichligi, $g=9,81 \text{ m/c}^2$ – erkin tushish tezlanishi; h_{Hg} – simob tomchisining balandligi. Gazli termometrdagi havo ustunidagi umumiy bosim quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$p = p_0 + \Delta p + p_{Hg}. \quad (IV)$$

Qamalgan havo hajmi V bosim p bilan aniqlanadi. Hajm V havo ustunining balandligi h bilan kapillyar A ko'ndalang kesimining yuzasi orqali quyidagi formuladan hisoblanishi mumkin: $V=\pi \cdot d^2 \cdot h / 4$, bu yerda $d = 2,7 \text{ mm}$ kapillyarning ichki diametri

Asboblar va ashylar

1 Gazli termometr

1 Dastaki vakuum nasosi

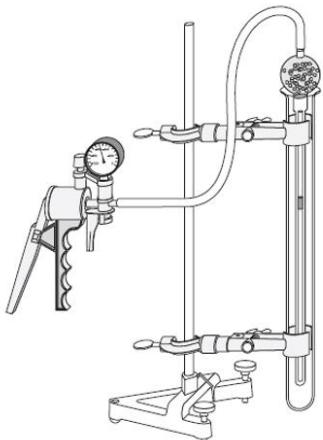
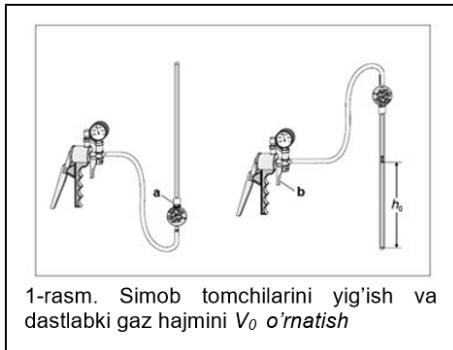
1 V shaklsimon shtativ asosi .. 20 s

1 Shtativ ustuni, 47 sm

2 "Timsoh"tipli qistirgich

Tajriba qurilmasi

Simob tomchilarini yig'ish - Dastaki (qo'l bilan yurgiziladigan) vakuum nasosini gazli termometrga ulang va termometrni shunday ushlangki, uning ochiq uchi pastga qarab yo'nalgan bo'lsin. (2-rasmga qarang). - Dastaki vakuum nasosi yordamida maksimum ortiqcha bosimni Δp yuzaga keltiring va tomchi shaklidagi simobni qavariq joyga (a) to'plang. Dastaki vakuum nasosining manometri ortiqcha bosimni Δp manfiy qiymat tarzida ko'rsatadi. - Agarda hali ham simobning tomchilari kapillyarda qolsa, kapillyarni sekin turkilab, ular qavariq joyga(a) siljtiladi. Simob bilan berkitilgan kapillyar uchida qolgan kichkina simob tomchisi tajribani bajarishga xalaqit bermaydi.



2- rasm. Doimiy temperaturada gaz hajmining bosimga bog'lilikligini organish uchun mo'jallangan tajriba gurilmasi

Gaz hajmini V_0 o'rnatish - Gazli termometrdan foydalanish uchun uni ishchi holatdan (ochiq uchi yuqorida) sekin shunday buringki, simob kapiillyarning kirish teshigiga siljisin. - Dastaki vakuum nasosining ventilyasiya klapanini (b) sekinlik bilan oching va Δp bosimni sekin 0 ga

Shunday kamaytiringki, simob yakka bog'langan tomchi bo'lib asta yumalasin. - Gazli termometr bilan katta trubkani shtativ ustuniga o'rnateng. Agar katta simob tomchisi kuchli ventilyasiya yoki vibrasiya natijasida bo'linib ketsa, qaytadan simobni yig'ing.

Tajribani o'tkazish tartibi

- Tashqi bosimni po aniqlang. - Gazli termometrning shkalasi bo'yicha simob ustunining balandligini h_{Hg} yozib oling. - Dastaki (qo'l bilan yurgiziladigan) vakuum nasosi yordamida ortiqcha bosimni Δp yuzaga keltiring va uni qadamma- qadam sekin asta oshirib boring. - Har safar havo ustunining balandligini h , Δp bilan birgalikda yozib boring.

Tajriba namunasasi

Tashqi bosim: $p_0 = 1011 \text{ gPa}$ Simob ustunining balandligi: $h_{Hg} = 11 \text{ mm}$

Jadval 1. Havo ustuni balandligining h bosimlar farqiga Δp bog'liqligi.

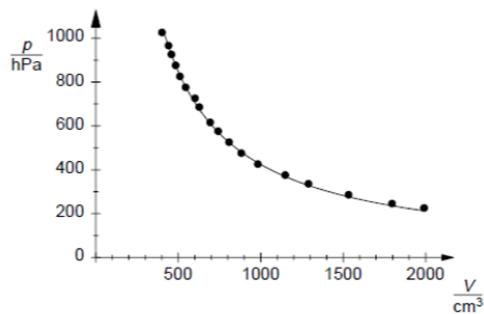
Δp , gPa	H , sm
0	7.0
-60	7.7
-100	8.0
-150	8.45
-200	8.9
-250	9.5
-300	10.5
-340	10.95
-410	12.1
-450	12.95
-500	14.1
-550	15.4
-600	17.15
-650	20.05
-690	22.5
-740	26.75
-780	31.35
-800	34.75

Natijalar va ularning tahlili

(III) tenglamaga asosan, simob ustuni yuzaga keltirayotgan bosim p_{Hg} quyidagiga teng: $p_{Hg} = 13.6 \text{ g/sm}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 11 \text{ mm} = 15 \text{ gPa}$

Jadval 2: Havo bosimining (o'lchangan Δp qiymatlari bo'yicha, jadval1.) hajmga V (h qiymatlari bo'yicha hisoblangan,jadval 1.) bog'liqligi.

V, mm^3	p, gPa
401.1	1026
441.2	966
458.4	926
484.2	876
510	826
544.4	776
601.7	726
627.4	686
693.3	616
742	576
807.9	526
882.4	476
982.7	426
1148.9	376
1289.3	336
1532.8	286
1796.4	246
1991.2	226



- 3- rasmda p va V ning o'lchanan qiymatlari bo'yicha tuzilgan grafik keltirilgan (jadval 2.) Bu yerda uzlucksiz silliq egrilik giperbolaga mos keladi.

4-

$p = C/V$, bu yerda $C = 424\,000 \text{ gPa/mm}^3$. O'lhash aniqligi chegarasida, bu egrilik olingan tajriba natijalari bilan mos keladi. Shunday qilib, (II) tenglama qamalgan havo ustuni uchun bajariladi, ya'ni havo ustuni o'zini ideal gaz kabi tutadi.

Xulosa:

Doimiy temperaturada, ideal gazning bosimi va hajmi bir biriga nisbatan teskari proporsional. yoki: Doimiy temperaturada ideal gaz bosimining hajmiga ko'paytmasi doimiy bo'ladi (Boyl – Mariott qonuni).

8.Richard metodi bilan havo uchun adiabata ko'rsatgichini CP/CV aniqlash.

Ishning maqsadi

Po'lat zoldirning ossillyasiya davrini o'lhash.
Havo uchun adiabata koeffisiyentini aniqlash.

Nazariy ma'lumotlar

Gazlarning kinetik nazariyasi ideal gazlarning adiabata koeffisiyentini ko'rsata oladi.
Gazning ichki energiyasini U unga tashqaridan uzatilayotgan issiqlik miqdorini ΔQ oshirish yoki uning ustida mexanik ish ΔW bajarish orqali o'zgartirish mumkin:

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W \quad (I)$$

Holatni adiabatik o'zgartirishlarda tashqi atrof muhit bilan issiqlik almashinuv bo'lmaydi. Shu sababli issiqlik miqdori o'zgarmaydi: $\Delta Q = 0$ (ya'ni entropiya doimiy qoladi). Ideal gaz qonunidan $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$ i $\Delta U = CV \cdot m \cdot \Delta T$, hamda (I) tenglamadan Puasson tenglamasi kelib chiqadi, u temperatura o'zgarganda holatning adiabatik o'zgarishini ifodalaydi:

$$p \cdot V^k = \text{const.} \quad (II)$$

bu yerda k adiabata ko'rsatgichi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$k = C_p/C_v \text{ va } C_p = C_v + R, \quad (III)$$

bu yerda

C_p – doimiy bosimda solishtirma issiqlik sig'imi

C_v – doimiy hajmda solishtirma issiqlik sig'imi

CP bilan CV haqida nazariy bashorat qilish Bir mol ideal gazni doimiy hajmda (izoxorik jarayon) ΔT gacha qizdirish uchun quyidagi energiya kerak bo'ladi: $\Delta Q = C_v \cdot \Delta T$,
(IV) bu yerda C_v

molyar issiqlik sig'imi. Doimiy hajmda holatning o'zgarishida mexanik ish bajarilmaydi, ya'ni (I) tenglamada $\Delta W = 0$. Shunday qilib, sistemaga berilayotgan issiqlik ΔQ faqat zarrachalarning kinetik energiyasini oshiradi. Gazlar kinetik nazariyasidagi zarrachalar erkinlik darajasi bo'yicha energiyaning bir tekis taqsimlanishi qonuniga asosan zarrachalar o'rtacha kinetik energiyasining ortishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta E_{kin} = 1/2 \cdot f \cdot R \cdot \Delta T, \quad (V)$$

bu yerda f – bir zarrachaga to'g'ri keladigan erkinlik darajasining soni, R – universal gaz doimysi, ΔT – temperaturaning o'zgarishi. (IV) va (V) formulalarni taqqoslashdan ideal gazning molyar issiqlik sig'imi faqat gaz molekulalarining erkinlik darajasi bilan aniqlanishi kelib chiqadi:

$$CV = 1/2 \cdot f \cdot R. \quad (VI)$$

Bir atomli gazlaring zarrachalari faqat uchta erkinlik darajasiga ega bo'ladi. Bir atomli gazlarda o'rtacha issiqlik energiyalarida (~ 25 meV) burchak momentlarining kvantlanishi natijasida aylanma erkinlik darajasining yuzaga kelishi kuzatilmaydi. Ikki atomli va chiziqli ko'p atomli molekulalar aylanma erkinlik darajalariga ega. Ammo, o'q bo'yicha inersiya momenti kichik bo'lganligi sababli, ikki atomli va chiziqli ko'p atomli molekulalar molekulyar o'qqa nisbatan faqat perpendikulyar aylanadi. Chiziqli molekulalar uchta ilgarilanma erkinlik darajasiga qo'shimcha 2 ta aylanma erkinlik darajasiga ega ($f = 5$). Xona haroratida faqat nochiziqli molekulalar uchun barcha uchta aylanma erkinlik darajasi qo'zg'aladi ($f = 6$). Ideal gaz qonunini qo'llash, erkinlik

darajasi soni bilan adiabata ko'rsatgichi orasidagi quyidagi munosabatni olishga imkon beradi (jadval 1 ga qarang):

$$k=C_p/C_v=f+2 \quad (VII)$$

Jadval 1. Ideal gazlar uchun (VII) formula bilan hisoblangan adiabata ko'rsatgichlari:
 Gaz turi f κ
 Bir atomli (He, Ar) 3 1.67 Chiziqli ikki atomli molekulalar(O₂, N₂, H₂) 5 1.40 Nochiziqli ko'p atomli molekulalar 6 1.33

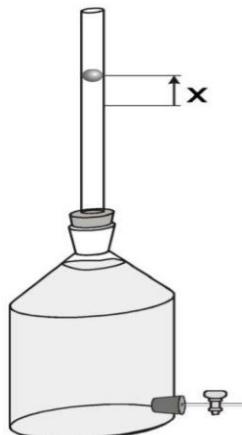
Richard metodi bo'yicha C_p/C_v nisbatini aniqlash. Bu tajribada gazli trubkaga kiritilgan va gaz hajmini zinch bekituvchi po'lat zoldirning tebranish davri orqali havoning adiabata ko'rsatgichi k aniqlanadi. 1-rasmga binoan, agar ballondagi bosim p atmosfera bosimi p 0 bilan po'lat zoldir og'irligi yuzaga keltilayotgan bosim yig'indisiga teng bo'lsa, shisha trubkadagi zoldir muvozanat holatida bo'ladi:

$$p=p_0+mg/A, \quad (VIII)$$

bu yerda m – po'lat zoldir massasi, g – erkin tushish og'irligi, A – Shisha trubkaning ko'ndalang kesimi yuzasi. Zoldir muvozanat holatidan x masofaga siljisa, unda bosim dp ga o'zgaradi. Shu sababdan F = A · dp kuch po'lat zoldirni harakatlantiradi va unga Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan tezlanish beradi:

$$A \cdot dp = m \cdot d^2x/dt^2. \quad (IX)$$

mumkin.



1-rasm. Richard metodi bilan adiabata ko'rsatgichini k aniqlash uchun tajriba qurilmasi

Bu jarayon juda tez amalgan oshgani uchun, uni amalda adiabatik deb hisoblash mumkin va bu (II) tenglamani differensiyalash orqali kelib chiqadi: $Vkdp + p \cdot k \cdot VdV = 0$,

$$(X)$$

(X) $dp = -k \cdot p \cdot VdV. \quad (XI)$
 Po'lat zoldir shisha trubkaning ichida x masofaga siljiydi deb faraz qilindi, bu esa hajmning o'zgarishiga olib keladi:

$$dV = A \cdot x. \quad (XII)$$

dV ni (XI) tenglamaga va dp ni (IX) tenglamaga qo'yib, zoldir harakat tenglamasini quyidagi ko'rinishda olamiz:

$$d2x/dt^2 + k \cdot p \cdot A2 \cdot m \cdot Vx = 0. \quad (XIII)$$

(XIII) formula garmonik ossillyator tenglamasi hisoblanadi va undan siklik chastotani ω aniqlash

$$\omega = k \cdot p \cdot A^2 \cdot m \cdot V. \quad (\text{XIV})$$

Bu munosabatdan po'lat zoldir bajarayotgan garmonik ossillyasiyalarining davrini aniqlash mumkin:

$$T = 2\pi \frac{\omega}{2\pi} = 2\pi m \cdot V / k \cdot p \cdot A^2. \quad (\text{XV})$$

Bu tenglamadan adiabata ko'rsatgichi uchun quyidagi formulani olish mumkin:
 $k = 4\pi^2 m \cdot V / A^2 p T^2. \quad (\text{XVI})$

tenglamadagi tenglik belgisining o'ng tomonidagi barcha miqdorlarni ($4\pi^2$ dan tashqari) tajribada aniqlash mumkin va ular asosida adiabata ko'rsatgichini aniqlash mumkin.

Kerakli asboblar va ashyolar

1 Marriot kolbasi, 10

1.....371 04

1 Ossillyasion trubka.....371 05

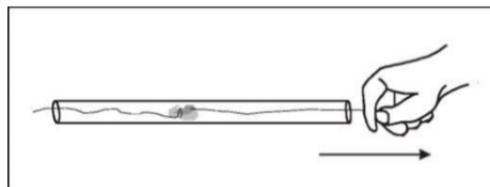
1 Taymer.....313 07

1 Aneroid barometr.....317 19

1 Plastik menzurka, 1000 ml.....590 06

1 Vazelin, 50 g.....675 3100

Tajriba o'tkazish bo'yicha maslahatlar (XV) tenglama bo'yicha, idishning hajmi qanchalik katta bo'lsa, po'lat zoldirning ossillyasiya davri shunchalik katta. Boshqa tarafdan, tajriba aniqligi ossillyasion davrni T aniqligi bilan belgilanib, bu davr (XVI) tenglamadagi kvadrat ildizdan topiladi. Shuning uchun, mazkur tajribada aspirator (so'rib oluvchi qurilma) qo'llaniladi. Po'lat zoldirning ossillyasiyasi soni shisha trubkaning va po'lat zoldirning tozaligiga juda kuchli bog'liq. Har bir tajribadan oldin 2-rasmida ko'rsatilganidek, ipga bog'langan yumshoq mato yoki teri parchasi bilan shisha trubkani diqqat bilan tozalash kerak. Shisha trubkani yumshoq mato parchasi bilan tozalashda tozalovchi vositalardan foydalaning.



2-rasm. Har bir tajribadan oldin yumshoq mato parchasi bilan shisha trubkani diqqat bilan tozalash zarur.

Eslatma Asbobdan foydalanilmagan vaqtida, presizion shisha trubkani toza saqlash maqsadida, uni rezina qopqoq bilan berkiting.

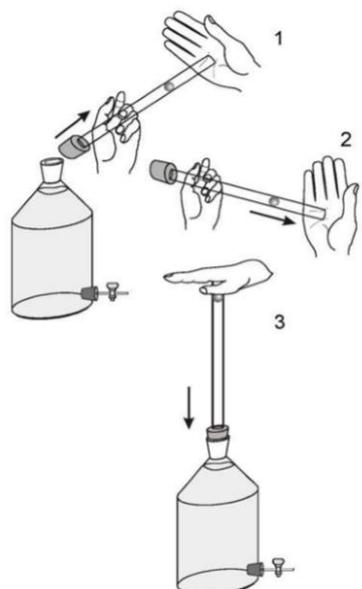
Tajriba qurilmasi - Shisha trubkani 2-rasmida keltirilganidek tozalang. - Po'lat zoldirni tozalang.

Tajribani o'tkazish tartibi - Aspiratorning pastki teshigi berk ekanligiga amin bo'ling. - Presizion shisha trubkali rezina tifqinni aspiratorning yuqorigi teshigiga perpendikulyar qilib joylashtiring - Agar endi zoldir shisha trubkaga kiritilsa, u idishdagi havo hajmi shakllantirgan havo yostig'ida garmonik tebranishlar bajaradi. Ishqalanish energiyasiga yo'qotishlar muqqarar bo'lgani uchun tebranishlar so'nadi. - Bir necha marta (masalan 20) tebranishlar davrini T 10 ossillyasiya uchun o'lchang. - Barometr ko'rsatishi bo'yicha bosim qiymatini yozib oling. - 1 1 hajmli plastik menzurkadan foydalangan holda, idishni suv bilan to'ldirib, aspiratorning hajmini aniqlang. Suvni to'kgandan keyin idishni yaxshilab quriting.

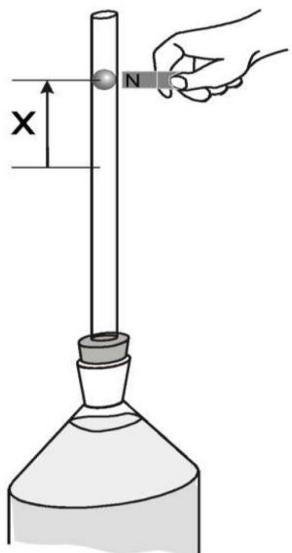
Qo'shimcha ma'lumot

Solishtirma issiqlik sig'imi va mos ravishda adiabata ko'rsatgichi temperaturaga bog'liq. Past temperaturalarda faqat ilgarilanma erkinlik darajalari qo'zg'aladi. Temperatura oshishi bilan ikki aylanma erkinlik darajasi qo'zg'aladi. Va nihoyat keyingi temperatura oshishida molekulalarning tebranma erkinlik darajalari qo'zg'aladi. Tebranishlarda potensial va kinetik energiya mavjudligi sababli, (VI) formula bilan hisoblashda tebranma erkinlik darajasi ikki marta hisobga olinishi kerak. Qo'shimcha tebranma erkinlik darajasi natijasida, molyar issiqlik sig'imi yana bir bor universal gaz doimisi R qiymatiga ortadi. Chiziqli molekula CO_2

to'rta tebranma erkinlik darajasiga ega. (5-rasm). Tebranishlarning ikkita normal modasi molekulyar o'q bo'y lab va ikkita boshqasi molekulyar o'qqa perpendikulyar amalga oshadi. CO_2 molekulaning qayishayotgan tebranishlari xona temperaturasida qo'zg'aladi va shuning uchun xona temperaturasida hisobga olinishi kerak. Bu tajriba gazsimon CO_2 bilan o'tkazilishi mumkin. Bunda zoldirni aniqlangan ossillyasiya davrining qiymati quyidagiga teng bo'ladi: $T = 1.2 \text{ s}$. Va shunda $k = 1.26$ adiabata ko'rsatgichiga ega bo'lamiz. Tovush to'lqinlarining tarqalishi holatlarning adiabatik almashuvidir. Bosimning mahalliy o'zgarishi shunchalik tez amalga oshadiki, bunda hyech qanday issiqlik almashuvi bo'lmaydi, ya'ni: $\Delta Q = 0$. Oqibatda adiabata ko'rsatgichi havodagi tovush tezligi uchun Laplas tenglamasiga kiradi. (gazlarda tovush tezligi bo'yicha tajribalarga qarang P1.7.3.4).



5-rasm. Qayta tajribani boshlashning sxematik namoyishi (to'liq tajribani o'tkazish uchun foydali maslahatlarga qarang).



5-rasm. Sterjenli magnitdan(jihozlar ro'yxatiga kiritilmagan) ixtiyoriy holatdan x tajribani boshlashda qanday foydalanishning sxematik namoyishi (batafsil tajribani o'tkazish va foydali maslahatlarga qarang)

Mundarja.

LAB:1. Qattiq jismlarni chiziqli kengayish koeffisiyentining temperaturaga bog'liqligini o'lhash	4
LAB:2. Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffisiyentini aniqlash	8
LAB:3. Yakka plastina metodi bilan issiqlik o'tkazuvchanlikni aniqlash	14
LAB:4. Quyosh kollektorining effektivligini qizdirilayotgan suv hajmining funksiyasi sifatida aniqlash	18
LAB:5. Suv aralashmasi temperaturasini aniqlash	23
LAB:6. Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash	25
LAB:7. Gaz qonunlari (Boyl-Mariott qonuni).....	28
LAB:8. Richard metodi bilan havo uchun adiabata ko'rsatgichini CP/CV aniqlash.....	33

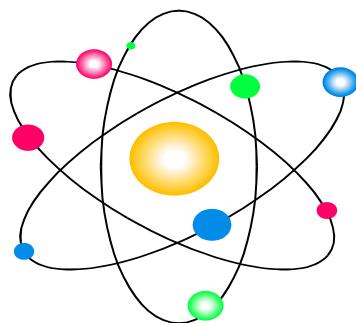
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
FIZIKA FAKULTETI

“FIZIKA” KAFEDRASI

Elektromagnitizm bo'limidan tajriba ishlarni bajarish bo'yicha

USLUBIY KO'RSATMA



NAMANGAN-2021

SO'Z BOSHI

Jamiyatimizning hozirgi taraqqiyotida fan-texnika yutuqlarini ishlab chiqarishga joriy qilish har qachongidan ko'ra katta ahamiyat kasb etmoqda. Bu borada texnika oliv o'quv yurtlari tomonidan tayyorlanayotgan malakali injener-mutaxassislarning roli mislsiz kengdir. Binobarin, ishlab chiqarishni fan yutuqlari, ayniqsa mikroelektronika, hisoblash texnikasi, asbobsozlik, mashinasozlik asosida yangilash bilan uning samaradorligini oshira oluvchi, moddiy boyliklarni iqtisod eta oluvchi injenerlar tayyorlash oliv texnika o'quv yurtlarining asosiy vazifalaridan biri hisoblanadi. Bu esa hozirgi zamondagi texnologiyasini taraqqiy ettirishga katta hissa qo'shayotgan fundamental fanlardan biri hisoblangan fizika va uning tatbiqiga alohida e'tibor berilishini taqozo etadi. Ushbu fan bo'yicha bulg'usi injenerlarga chuqur bilim berish bilan bir qatorda, fizikaning yutuqlarini texnikaga, ishlab chiqarishning turli sohalariga qo'llay bilish ko'nikmalarini shakllantirish ham zarur. Shu jihatdan qaraganda, fizika fani bo'yicha o'tkaziladigan laboratoriya mashg'ulotlari katta ahamiyatga va keng imkoniyatlarga egadir.

Ma'lumki, oliv o'quv yurtiga kirgan talabalarning dastlabki bilim va ko'nikmalari turlichadir: o'rta maktabni bitirib oliv o'quv yurti studenti bo'lgan yoshlarda nazariy bilim kengroq bo'lib, amaliy ko'nikmalari yetarli bo'lmaydi, ishlab chiqarish stajiga ega bo'lganlarda esa aksincha. Boshlang'ich kurslarda o'tiladigan amaliy mashg'ulotlarda, jumladan, laboratoriya mashg'ulotlarida bu tafovutni yo'qotish imkoniyatlarini izlash maqsadga muvofiq.

Ana shu kamchiliklarni yo'qotish maqsadida qo'llanmada har bir bo'limga doir laboratoriya ishlarining tavsifini keltirishdan avval asboblar bilan tanishuv ishlari beriladi va o'quv jarayonida dastlab ularning bajarilishi ko'zda tutiladi. Ushbu holat asosiy laboratoriya ishlarini muvaffaqiyatli bajarishga studentlarni tayyorlash bilan bir qatorda qisqa muddat ichida o'rta maktab fizika kursining mazkur bo'limi bo'yicha olgan bilimlarini qayta eslash imkonini beradi.

Qo'llanmadagi hisoblashlari murakkabroq bo'lgan laboratoriya mashg'ulotlari so'ngida kompyuter yordamida laboratoriya ishi natijalarini hisoblash uchun "fortran" tilida dasturlar va xatoliklarini hisoblash yo'llari va jadvallar keltirilgan.

Qo'llanma Namangan muhandislik-texnologiya institutining muhandislik-texnologiya, yengil sanoat texnologiyasi, kimyoviy-texnologiya fakultetining tarkibidagi ta'lim yo'nalishidagi talabalar uchun mo'ljalangan.

LAB 1. Elektrometrik kuchaytirgich yordamida elektrostatikaning asosiy tajribalarini bajarish

Tajribaning maqsadlari:

- Ikki ishqalanish tayoqchasinibirbiriga ta'sir etkazganda zaryadlarning ajralishini tekshirish.
- Ishqalanish tayoqchasi ishqalash folgasi bilan ishqalanganda zaryadlar ajralishini tekshirish.
- Ishqalanish tayoqchalari har xil ishqalash folgalar bilan ishqalangandan keyin zaryadlangan tayoqlarning qutblarini aniqlash.

Qisqacha nazariya

Zaryadlar ikkimatериални bir-biriga ishqalaganda yoki ta'sir etkazganda hosil bo'lishi mumkin. Tajribalarga ko'ra materiallarning biri musbat ikkinchisi manfiy zaryadga ega bo'ladi. Bundan tashqari hosil bo'lgan zaryadlarning miqdori bir-biriga teng bo'ladi. Agar materiallarda hosil bo'lgan zaryadlarni bir vaqtida o'lehasak ular bir-birini kompencatsiyalaydi. Material zaryadining ishorasi bir materialning o'zidan bog'liq emas, ya'ni ikkinchi materialning xossalardan ham bog'liq. Ikki material bir-biriga ishqalanganda zaryadlarning hosil bo'lishini aniqlash uchun elektrometrik kuchaytirgichdan foydalilanadi. Bu qurilma juda katta kirish qarshiligidagi (1013 Om) va juda kichik chiqish qarshiligidagi (1 Om) ega bo'lgan asbob hisoblanadi. Kuchaytirgichning kirishi 2 ta sig'imiy ulash yo'li bilan va zaryadlarni to'plash uchun Faraday chashkasidan foydalanib asbob yordamida juda kan miqdordagi zaryadlarni o'lchash imkonini beradi. Shunday qilib tekizish va isqalash yo'li bilan hosil qilingan zaryadlar yuqori aniqlik bilan topilishi mumkin.

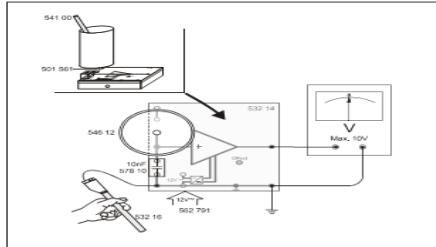
Asbob va uskunalar

Electrometerik kuchaytirgich Kuchaytirgich energiya manbai. Energiya manbai Ulash tayoqchasi Multimeter LDAnalog Faraday chashkasi. Tugich shtepsel Kondensator. PVC and acrylic tayoqchalar. Teri. Polyetilen ishqalash folgasi Induksion tarelka

Tajriba qurilmasi

450 V li energiya manbaiva 12 V AC energiya manbaiga ega bo'lgan tajriba qurilmalasi.





Tajribani o'tkazish tartibi

Eslatma:

Aniq tajribaviy natijalarga erishish uchun tajriba o'tkazishdan oldin ishqalanish tayoqchasini va Faradey chashkasini zaryadsizlantirning.

Navbatdagi ko'rsatmalar:

Ishqalanish tayoqchasini zaryadsizlantirish uchun uni bor uzunligi bo'yicha bir necha marta uncha yorqin bo'limgan olov ustidan harahatlantirib o'tkazing. Faradey chashkasini zaryadsizlantirish uchun unga ularash tayoqchasini to multimetru U=0 V kuchlanishni ko'rsatguncha tegizing.

- Zaryadsizlantirilgan ishqalanish tayoqchalarini birbiriga birnecha marta ta'sir ettiring . Keyin ularni qo'llaringizga ajratib oling.
- PVC tayoqchasini to'rtdan bir qismini Faradey chashkasi ichiga kriting va multimetru strelkasi og'ishini kuzating.
- Xuddi shu tajribani akrilik tayoqcha bilan ham o'tkazing.
- Keyin ikkala tayoqchani bir vaqtida Faradey chashkasiga kriting va multimetru og'ishuini yana kuzating.

Induksion plastinka ishqalanish tayoqchasiidan zaryadni Faradey chashkasiga o'tkazishni namoyish qilish uchun foydalanish mumkin. Bunda ishqalanish tayoqchasini induksion plastinkaga tegiziladi va induksion plastinkani Faradey chashkasiga kiritish bilanzaryadlar unga o'tkazilishi va miqdori o'lchanishi mumkin.

a) Ishqalanish tayoqchasi teri bilan ishqalanganda zaryad hosil bo'lishini tekshirish.

-Zaryadsizlantirilgan akrilik tayoqchani material bilan ishqalang, uni Faradey chashkasi ichiga uzunligining chorak qismi kiradigan qilib joylashtiring va multimetru strelkasi og'ishini kuzating.

-Akrilik tayoqchani Faradey chashkasidan chqarib oling.

-Agar zarur bo'lsa Faradey chashkasini zaryadsizlantirning, teri materialni ochiq Faradey chashkasiga qo'ying va multimetru strelkasining og'ishini kuzating.

-Teri materialni Faradey chashkasidan chiqarib oling .

Ishqalanish tayoqchasing va ishqalash materialining (terining) zaryadlangandan keyingi zaryad ishoralarini.

Ishqalanish tayoqchasi	Zaryadlanish ishorasi	Ishqalanish materiali	Ishq.materiali zaryadi ishorasi
Akril	-	Teri	+

b) Ishqalanish tayoqchalarini turli xil materiallar bilan ishqalab aryadlangandan keyingi zaryad ishoralarini tekshirish.

-PVC va akrilik tayoqchalarini navbatma – navbat teri material bilan va qog'oz material bilan ishqalang.

- Har safar zaryadlangan tayoqchani Faradey chashkasi ichiga uzunligining chorak qismi kiradigan qilib joylashtiring.
 - Har safarzaryadlangan tayoqcha zaryadining ishorasini multimetru strelkasining og'ishiga qarab yozib oling.
- ishqalanish tayoqchalarining har xil materiallar bilan ishqalagandan keyin zaryadining ishorasi.

Ishqalanish tayoqchasi	Ishqalash materiali	Ishqalanish tayoqchasi ishorasi
Akril	Politelen	+
PVC	Politelen	+
Akril	Teri	-
PVC	Teri	-
Akril	Qog'oz	+
PVC	Qog'oz	-

LAB 2.Uitson ko'prigidan foydalanib qarshiliklarni aniqlash

Tajribalar maqsadi:

- Uitston ko'prigi uchun nol metodni tushunish
- Qarshiliklarni yuqori aniqlik bilan o'lhash

Kerakli asboblar

- 1 Demonstration ko'priki, 1 m
- 1 O'lhashning resistori 10Ω , 4 W
- 1 O'lhashning resistori 100Ω , 4 W
- 1 O'lhashning resistori $1 k\Omega$, 4 W
- 1 Qarshiliklarni decadi $0 \dots 1 k\Omega$
- 1 Qarshiliklarni decadi $0 \dots 100 \Omega$
- 1 Qarshiliklarni decadi $0 \dots 10 \Omega$
- 1 Qarshiliklarni decadi $0 \dots 1 \Omega$
- 1 DC energiya manbai $0...+/-15 V$
- 1 Galvanometer C.A 403
- 3 Ulash simrlari, 50 cm, qora
- 1 Kabel jufti, 1 m, qizil/ko'k

Asosiy ma'lumotlar

Charlz Uitston tomonidan 1843 yilda kashf etilgan ko'priki seximasi metodi arshilikni o'lchanishning birimkonyatini ifodalaydi. Noma'lum qarshilikning qiymati R_x boshqa bir juda yuqori aniqlikda ma'lum bo'lgan R qarshilikning qiymati bilan taqqoslanib katta aniqlik bilan o'lchanishi mumkin.

Tajriba paytida uzunligi 1 m va ko'ndalang kesimi o'zgarmas bo'lgan o'tkazgich simga U kuchlanish qo'yildi. Simning uchlari noma'lum qarshilik R_x ga va qarshiliklari yuqori aniqlik

bilan aniq bo'lgan va ketma-ket ulangan o'zgaruvchan qarshilik R ga ulangan (2-rasmga qarang). O'tkazgich simning ustiga o'rnatilgan siljuvchi kontakt simni uzunliklari S_1 va S_2 bo'lgan ikki qisimga ajratadi. Siljuvchi kontakt nul indikator vazifasini bajaruvchi ampermetr orqali R_x va R qarshiliklar tutashgan nuqtaga ulanadi. Agar apermestr orqali o'tayotgan tok nolga teng bo'lsa

$$R_x = \frac{S_1}{S_2} R \quad (1)$$

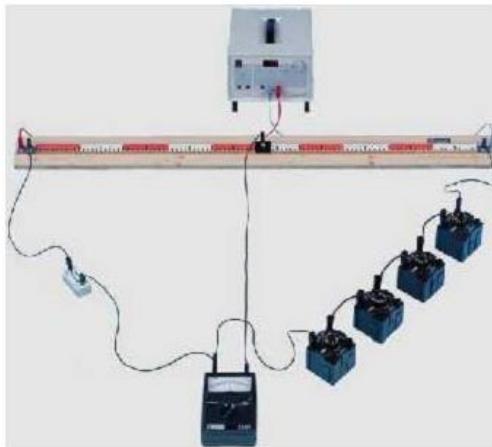
ga teng bo'ladi.

Shuning uchun qarshilikni o'lhashning nul balansli usuli qarshilikdan oqayotgan tokdan bog'liq bo'lmaydi va stabillanmagan tok manbayi yordamida ham bajarilishi mumkin. Bu eksperimental konfiguratsiya uchun eng yaxshi o'lhash aniqligiga simmetrik ulash yo'li bilan, ya'niy siljuvchi kontakt o'tkazgich simning o'rtasida joylashganda va shuning uchun S_1 va S_2 qisimlar bir-biriga teng uzunlikka ega bo'lganda yetishish mumkin. U vaqtida

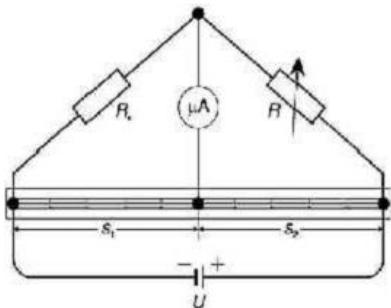
$$R_x = R \quad (2)$$

bo'ladi.

Shuning uchun ma'lum bo'lgan qarshilk R ning qiymati imkonli boricha to'g'ri o'lchangan bo'lishi kerak. Chunki aniqlanayotgan R_x qarshilik unga teng bo'ladi. Yuqoridagiga anternativ holda, nomalum qarshilik (2) tenglama bilan to'g'ridan-to'g'ri o'lehanishi uchun, dastlab siljuvchi kontakt simning teng o'rtasiga joylashtirilishi lozim va o'zgaruvchan R qarshilikning qiymati ampermetr nolni ko'rsatguncha o'zgartrib borilishi lozim. Bu holda R qarshilikning qiymati to'g'ridan-to'g'ri izlanayotgan R_x noma'lum qarshilikning qiymatiga teng bo'ladi.



1-rasm. Eksperimental qurilmaning tasviri.



2-rasm. Elektr zanjiri diagrammasi

Tajribalar uchun qurilma(1) va(2) rasmlardagi sxemalarga mos ravishda bo‘ladi. Noma’lum qarshilik sifatida qiymati 10 Om bo‘lgan rezistorni o‘rnating. Tok manbaidagi kuchlanish qiymati 2 V dan katta bo‘lmasligi va qarshiliklar dekadasidan o‘tayotgan tok kuchi 250 mA dan katta bo‘lmasligi lozim.

Tajribalarni o‘tkazish tartibi:

S_1 va S_2 larni tanlash bilan nol balansga keltrish:

- Qarshiliklar dekadasida $R = 0.5 * R_x$ qarshilikni o‘rnating.
- DS tok manbaimi ulang va unga $U = 1\text{ V}$ kuchlanishni o‘rnating.
- O‘tkazgich simda S_1 va S_2 uzunliklarni shunday o‘rnatingki, ampermetr eng sezgir diyapazonida $I=0\text{ A}$ ni ko‘rsatsin.
- Qarshiliklar dekadasida R ning qiymatini orttiring va tajribani takrorlang.
- O‘lchanishi lozim bo‘lgan har xil qiymatli Rx qarshiliklar uchun tajribani takroriy o‘tkazing.
- Qarshiliklar dekadasida R ni tanlash bilan nol balansga keltring.
- O‘tkazgich simda S_1 va S_2 uzunliklarni aniq 50 sm dan qilib siljuvchi kontaktni o‘rnating.
- Qiymati 10 Om bo‘lgan o‘lchanadigan qarshilik Rx ni sxema bo‘yicha ulang va unga mos R ni qarshiliklar dekadasida o‘rnating.
- Tok manbaining kuchlanishini 1 V ga o‘rnating.
- Qarshiliklar dekadasida R ni shunday tanlangki ampermetr eng kichik diapozonida $I = 0\text{ A}$ ni ko‘rsatsin.
- Rx va R larning qiymatini yozib oling.
- O‘lchanishi lozim bo‘lgan har xil qiymatli Rx qarshiliklar uchun tajribani takroriy o‘tkazing.

LAB 3.Taqasimon magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni o'lchash

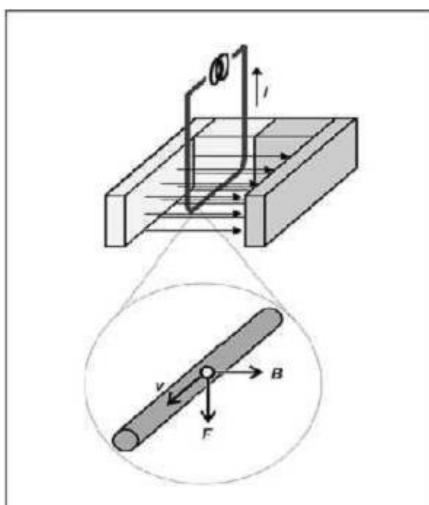
Tajribaning maqsadlari

- Taqasimon magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni tok kuchining funksiyasi sifatida o'lchash.
- Taqasimon magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni o'kazgich uzunligining funksiyasi sifatida o'lchash.
- Taqasimon magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni magnit maydoni va tok yo'naliishi o'rtaidagi burchakning funksiyasi sifatida o'lchash.
- Magnit maydonini hisoblash.

Asosiy ma'lumotlar

Magnit induksiyasi, yoki soddarroq qilib aytganda magnit maydoni B vector kattalik hisoblanadi. **B** magnit maydonida v tezlik bilan harakatlanayotgan **q** zaryadga tezlikning kattaligi va yo'nalishidan hamda magnit maydoni kuchlanganligidan va yo'nalishidan bog'liq bo'lgan kuch ta'sir etadi. Bu kuchni topish uchun quyidagi munosabatdan foydalilanadi

$$\mathbf{F} = \mathbf{q} * \mathbf{v} * \mathbf{B} \quad (1)$$



Mavzu rasmisi: magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchning sxemali ko'rinishi.

Lorents kuchideb ataluvchi **F** kuch ham vector kattalik bo'lib u avval **B** lar bilan aniqlanadigan tekislikka perpendikulyar ravishda tasir etadi. Tokli otkazgichga magnit maydonida ta'sir etayotgan kuchni toknihosil qiluvchi va shu maydonda harakatlanayotgan individual zaryad tashuvchilarga ta'sir etuvchi kuch komponentlarining yig'indisi deb tushunish mumkin. (1) tenglamaga asosan Lorents kuchi **v** dreif tezlik bilan harakatlanayotgan har bir individual **q** zaryadga ta'sir etadi. To'g'ri o'tkazgich uchun bu umumiyl kuch

$$\mathbf{F} = \mathbf{q} * \mathbf{n} \mathbf{A} \mathbf{s}(\mathbf{v} * \mathbf{B}) \quad (2)$$

Bu yerda **\mathbf{n}** zaryad tasuvchilarning zichligi, **\mathbf{A}** -o'tkazgichning kondalang kesimining yuzasi, **\mathbf{s}** – o'tkazgichning magnit maydonida joylashgan qismining uzunligi.
Umumiy holda o'tkazgich kesimining yo'nalishini ko'rsatuvchi **\mathbf{s}** vektorni kiritish qulay hisoblanadi.
Bundan tashqari **qnAv** ko'paytma **I** tok kuchiga teng. Shunday qilib magnit maydonining tokli o'tkazgichga segmentiga ta'sir etuvchi kuchi quyidagi tenglamadan topiladi

$$\mathbf{F} = \mathbf{I}^* (\mathbf{s}^* \mathbf{B}) \quad (3)$$

Bu kuchning absolyut qiymati quyidagi tenglamadan topiladi.

$$\mathbf{F} = \mathbf{I}^* (\mathbf{s}^* \mathbf{B})^* \sin \alpha \quad (4)$$

Bu yerda α -magnit maydoni vat ok kuchi yo'nalishi orasidagi burchak.
Bu tajribada 20 A gacha tok o'tkazadigan to'g'ri to'rt burchak shaklidagi otkazgich halqa taqasimon magitning gorizontal maydoniga joylashtiriladi. Otkazgichning gorizontal qismiga ta'sir etuvchi kuch o'lchanadi. Otkazgichning ikki vertical qismiga ta'sir etuvchi kuchlar o'zaro kompensatsiyalanadi.
O'tkazgich halqa kuch sensoriga ulanadi. U egilgan qismga ega bo'lib unga o'lhash asbobiga biriktiriladi. Bu elementlarning elektr qarshiligi o'zgartirilishi mumkin. Qarshilikdagi o'zgarish hosil bo'ladigan kuchga to'g'ri proporsional. Unga ulangan dinamometr qarshilikdagi o'zgarishni o'lchaydi va unga mos kuchni ko'rsatadi.

Kerakli asboblar

- 1 Taqasimon magnit
- 1 Kuch sensori
- 1 O'tkazgich halqlar to'plami
- 1 O'tkazgich halqlarlar uchun taglik
- 1 Dinamometr
- 1 Ko'p o'zakli ularash kabeli
- 1 Yuqori energiyali manba
- 1 Kichik shtativ, V-shaklida
- 1 SHtativ tayoqchasi,
- 1 Leybold ko'ptutgich

Eksperimental qurilma va tajribalarnio'tkazish

Eslatmalar: O'lchanayotgan kattalikning qiymati juda kichik bo'lganligi sababli o'lhashlarga tashqi ta'sirlar oson xalaqitberishi mumkin. Atrofdagi temperaturaning o'zgarishidan, siljishlardan va taqillashlardan saqlaning.

Dinamonetra tajribalarning boshlanishidan kamida 15 minut qizdirilishi lozim. Dinamometri ulanga kuch sensori bilan qurilma orqa tarafidagi asisiy kalit yordamida qoshing. 20 A tokni o'tkazgich halqadan va ta'minlash manbaidan faqat qisqa muddat(bir necha minut) o'tkazish mumkin.

Taqasimon magnitning magnit maydoni bir jinsli emas.

Barcha tajribalar uchun o'tkazgich halqani taqasimon magnit qo'llari o'rtasida shunday joylashtiringki, magnit maydonining ta'siri imkonli boricha bir jinsli bo'lsin.

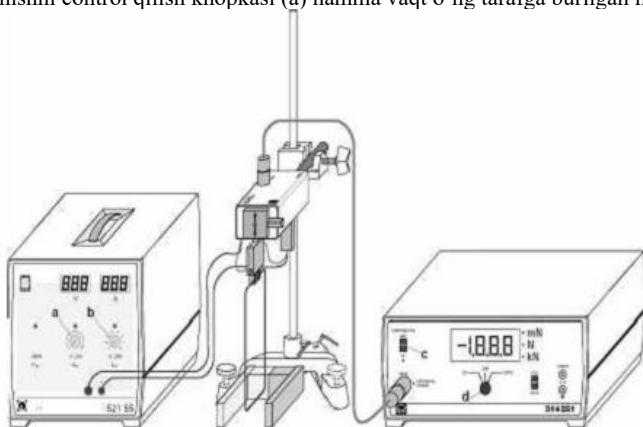
1 – rasmida ko'rsatilgandek qurilmani yig'ing.

-Qisqa tutashuv bo'lmasligi uchun o'tkazgich halqa uchun taglik kabelining izolyatsiyalanmagan qismi tegib qolmasligiga ishonch hosil qiling.

Dinamometr o'lhash diapozonining kalitini 2000 ga o'rnatishing.

Tajribalar faqatgina tor qismga ega bo'lmagan o'tkazgich halqlardan foydalanib o'tkaziladi. Tokni o'rnatishning eng oson yoli tokni control qilish knopkasi (b) dan foydalanib bajarilishi mumkin.

Kuchlanishni control qilish knopkasi (a) hamma vaqt o'ng tarafga burilgan holda turadi.



1-rasm. Magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni o'lchash qurilmasi.

a) Tokning funksiyasi sifatidagi o'lchashlar

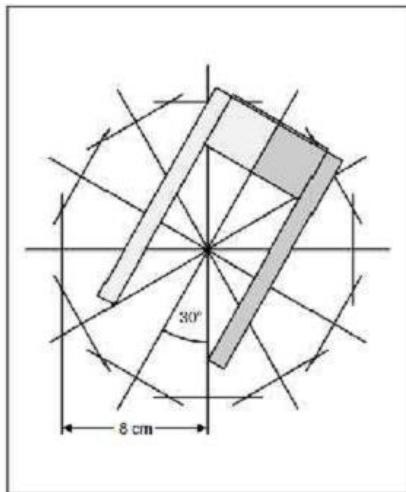
- Dastlab kengligi 8 sm bo'lgan o'tkazgich halqani kuch sensoriga ulang.
- Tokni control qilish (b) knopkasini hamma vaqt chap tarafga burilgan holda va kuchlanishni control qilish knopkasi (a) ni hamma vaqt o'ng tarafga burilgan holda o'rnatting. Keyin yuqori tok manbaini qo'shing.
- Dinamometrning nol nuqtasini kompensatsiyalash uchun SET pozitsiyasida COMPENSATION kalitini (c) tanlang.
- Tokni control qilish knopkasi (b) yordamida tokni 2 A qadam bilan 20 A gacha oshiring. Tokning har bir qiyimi uchun dinamometrdan kuchni yozib oling va bu qiymatlarni tajriba kitobingizga yozing.
- Tok kuchini $I = 0$ A ga ornating va kuchning nol nuqtasini tekshiring.

b) O'tkazgich uzunligining funksiyasi sifatidagi o'lchashlar

- Dastlab kengligi 4 sm bo'lgan o'tkazgich halqani kuch sensoriga ulang.
- Dinamometrning nol nuqtasini kompensatsiyalash uchun SET pozitsiyasida COMPENSATION kalitini (c) tanlang.
- Tok kuchini $I = 20$ A sathga o'rnatting, Tokning bu qiymati uchun dinamometrdan kuchni yozib oling va bu qiymatlarni tajriba kitobingizga yozing.
- Tok kuchini $I = 0$ A ga ornating va kuchning nol nuqtasini tekshiring.
- Tajribani 2 sm li o'tkazgich halqa uchun takrorlang.

c) Magnit maydoni va tokning yo'nalishlari orasidagi burchakning funksiyasi sifatidagi o'lchashlar

- Rekomendatsiya: magnit maydonining bir jinslilikmasligini kompensatsiyalash uchun va xususiy aylanish burchagini o'rnatish uchun moslama yasang (1-rasmga qarang). Bu moslama taqasimon magnitni kerakli holda joylashtirishni osonlashtiradi va aniqlashtiradi
- Tokni control qilish tugmasini chap tarafga buring va 4 sm kenglikdagi o'tkazgichhalqani kuch sensoriga ulang.
 - Moslamani o'tkazgich halqaning octiga shunday joylashtiringki, moslamaning markazi o'tkazgich halqaning gorizontal qismining o'rtasiga joylashsin va moslama chiziqlaridan biri o'tkazgich gorizontal qismiga parallel bo'lsin.



2 –rasm. Taqasimon magnitni kerkli holda joylashtirish uchun moslamadan foydalanish.

- Taqasimon magnitni shunday joylashtiringki, magnit maydon va o'tkazgich gorizontal qismi parallel bo'lsin.
- Dinamometrning nol nuqtasini kompensatsiyalash uchun SET pozitsiyasida COMPENSATION kalitini (c) tanlang.
- Tok kuchi sathimi $I = 10$ A qilib o'rnating.
- Magnitni 30° burchakli qadam bilan 360° gacha buring va har bir burchak uchun dinamometrdan kuchni yozib oling.
- Tok kuchini $I = 0$ A ga ornating va kuchning nol nuqtasini tekshiring.

LAB 4.To'g'ri o'tkazgich va aylanma halqaning magnit maydonini o'lhash

Tajribalarning maqsadi

- To'g'ri o'tkazgich va aylanma halqaning magnit maydonini tok kuchining funksiyasi sifatida o'lhash.
- To'g'ri o'tkazgich magnit maydonini o'tkazgich o'qidan hisoblanadigan masofaning funksiyasi sifatida o'lhash.
- Aylanma halqa shaklidagi o'tkazgich vagnit maydonini halqa radiusining funksiyasi sifatida va halqa o'qi ustida halqa markazidan masofaning funksiyasi sifatida o'lhash.

Kerakli asboblar.

- 1 4 o'tkazgichlar to'plami
- 1 teslameter
- 1 axial B-probe
- 1 tangential B-probe
- 1 ko'p o'zakli kabel, 6-qutb
- 1 yuqori energiyali manba
- 1 kichik optic ctol
- 1 shtepsel elementlari tutgichi elements
- 2 Leybold ko'ptutgich
- 1 shtativ, V-shaklda, 28 cm
- 1 ikki-yo'lli adapterlar to'plami

Asosiy ma'lumotlar

Bio –Savar qonuniga asosan I tok o'tayotgan o'tkazgich atrofidagi P nuqtadagi magnit maydoni o'tkazgichning cheksiz kichik qismlarining magnit maydonlarining ulushlarining yig'indisidan iborat bo'ladi

$$\mathbf{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi} \times \frac{I}{r^2} \mathbf{dS} \times \frac{r}{r} \quad (1) \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{Vs}{Am} \text{ magnit doimiysi}$$

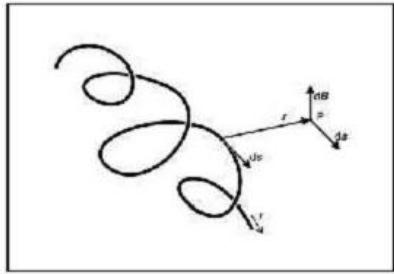
O'tkazgichning uzunligi va yo'nalishi \mathbf{ds} vector yordamida ifodalanadi. O'tkazgichning kichik qismidan \mathbf{P} nuqtaga o'tkazilgan radius vector rorqali berilgan (**1-rasmga qarang**).

Shuning uchun umumiyl magnit maydon integral hisob yordamida aniqlanadi. Bu holda analitik yechim faqat ma'lum simmetriyaga ege bo'lgan o'tkazgichlar uchun hisoblanishi mumkin bo'ladi. Masalan cheksiz uzun o'tkazgichning magnit maydoni o'tkazgich o'qidan \mathbf{r} masofada

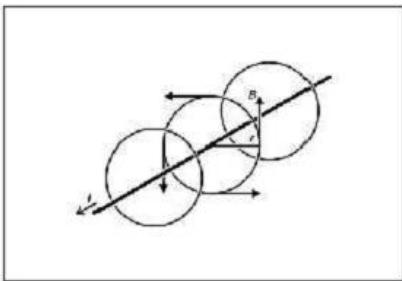
$$\mathbf{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi} \mathbf{I} \times \frac{\mathbf{r}}{r}$$

va maydon kuch chiziqlari silindr o'qi atrofida konsentrik shaklda bo'ladi.

(**2 – asmgaga qarang**)



1 –rasm. Tokli o’tkazgich magnit maydonini integral usulda hisoblash.



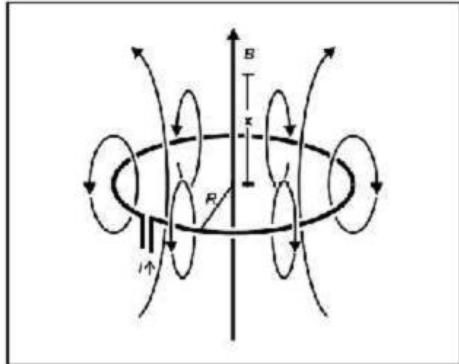
2 – rasm. Cheksiz uzun tokli to’g’ri o’tkazgichning magnit maydoni.

Radiusi R bo’gan aylanma halqa shaklidagi o’tkazgichning aylana o’qi ustida halqa markazidan x masofadagi nuqtaning magnit maydoni

$$\mathbf{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi} \times \mathbf{I} \times 2\pi \times \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}} \quad (3)$$

Uning maydon kuch chiziqlari aylana o’qiga parallel bo’ladi. (**3-rasmga qarang**)

Bu tajribada yuqorida qayd etilgan o’tkazgichlarning magnit maydoni mos ravishda aksial yoki tangensial \mathbf{B} -probe metodi yordamida o’lchanadi. \mathbf{B} -probe ning Xoll datchigi yupqa plastinka shaklida bo’lib, u magnit maydonining o’z yuzasiga perpendikulyar bo’lgan komponentalariga sezgir bo’ladi. Shuning uchun magnit maydoni kuchlanganligining nafaqat qiymatini balki uning yo’nalishini ham aniqlash mumkin. To’g’ri o’tkazgich uchun magnit oqimi zichligi \mathbf{B} ning \mathbf{r} masofadan bog’liqligi o’rganiladi, aylanma shakldagi otkazgich uchun esafazoviy koordinata x dan bog’liqligi o’rganiladi. Bundan tashqari, magnit maydon induksiyasi \mathbf{B} va tok kuchi \mathbf{I} o’rtasidagi proporsionallik ham tekshirib ko’riladi.



3-rasm. Aylanma halqa shaklidagi o'tkazgichning magnit maydoni.

Eksperimental qurilma va tajribalarni o'tkazish

a) To'g'ri o'tkazgichning magnit maydoni.

Eksperimental qurilma **4 –rasmda** tasvirlangan.

-Kichik optik qurilmani shtativga o'rnatning va uni gorizontal xolatda joylashtiring.

-(a) shtepsel uchun tutgichni Leyboldga maxkamlang.

-To'g'ri o'tkazgich uchun tutgichni maxkamlang , to'g'ri o'tkazgichni unga o'rnatning va katta tokli manbagaga ulang.

-Tangensial **B**-probe ni teslametrga ulang va teslametrni nolini o'rnatning
(teslametr uchun ko'rsatmalarga qarang)

-Tangensial **B**-probe ning chap uchini Leyboldga shkalada 50.0 sm belgiga
To'g'irlab va to'g'ri o'tkazgich o'rtasining balandligiga to'g'irlab o'rnatning.

-To'g'ri o'tkazgichni Xoll datchigi tomon deyarli unga tegadigan darajada
yaqin qilib o'rnatning.(S=0 bo'lsin)

-Tok kuchi I ni xar 2 A qiymatga 0 A dan, 20 A gacha oshiring. Xar safar
B magnit maydonini o'lchang, qiyamatini yozib oling.

-I=20 A ga **B**-probe ni unga tomon qadam-ba qadam siljiting, **B** magnit
maydonini masofaning funksiyasi sifatida o'lchang va qiyamatlarini yozib oling.

b) Aylanma xalqa shaklidagi o'tkazgichning magnit maydoni

Eksperimental qurilma **5-rasmda** tasvirlangan.

-To'g'ri o'tkazgich uchun tutgichni o'tkazgich halqa uchun adapter bilan almashtiring va unga
diametric 40 mm bo'lgan o'tkazgich halqani biriktiring.

-Otkazgich halqani ularash kabtlari yordamida tutgichning (a) shtepselli elementining
pozetskalariga ulang.

-Aksial **B**-probe ni teslametrga ulang va teslametrning nolini o'rnatning (teslametr uchun
ko'rsatmalarga qarang)

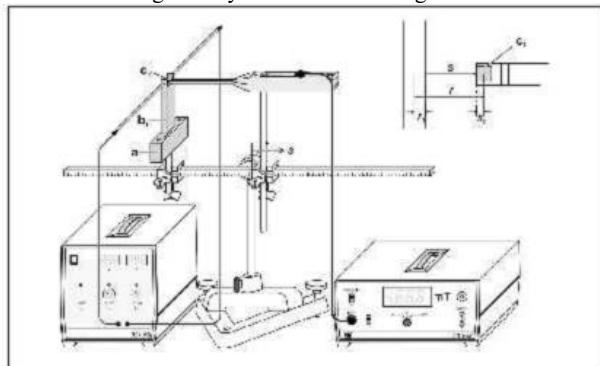
-Aksial B-probe ni Leybold ga chap uchi 70.0 sm shkala belgisiga to'grilab joylashtiring.
B-probe ni o'tkazgich halqa markaziga to'g'rilab joylashtiring.

-O'tkazgich halqani imkonli boricha Xoll datchigiga aniq joylashtiring.

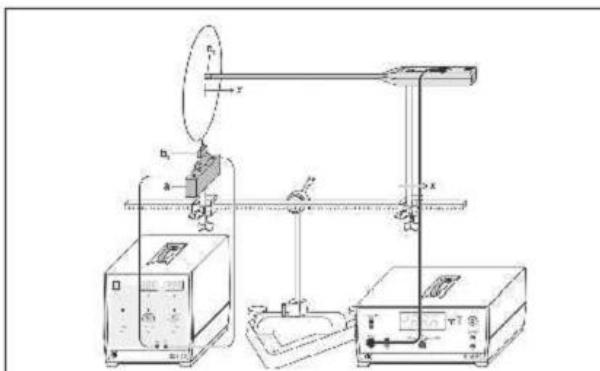
-I tok kuchini har safar 2 A qiymatga 0 A dan to 20 A qiyatgacha oshiring. Har safar
magnit maydonini o'lchang va qiyamatini yozib oling.

-I=20 A da **B** –probni chap tarafga va ong tarafga qadam –baqadam siljiting, har safar
magnit maydonini o'lchang, ya'ni magnit maydonini fazoviy koordinata x ning funksiyasi
sifatida o'lchang. O'lchagan qiyatlarni yozib oling.

-40 mm li o'tkazgich halqani 80 mm li o'tkazgich halqa bilan almashtiring va keyin 120 mm li o'tkazgich halqa bilan almashtiring. Barcha hollarda magnit maydonini fazoviy koordinata x ning funksiyasi sifatida o'lchang.



4 –rasm. To'g'ri o'tkazgichning magnit maydonini o'lhash uchun eksperimental qurilma.



5 –rasm. Aylanma halqa shaklidagi o'tkazgichning magnit maydonini o'lhash uchun eksperimental qurilma.

LAB 5.Yer magnit maydonini aylanuvchi induksion g'altak yordamida o'lhash

Tajribaning maqsadlari

- Yer magnit maydonining komponentlarini aniqlash.
- Yer magnit maydonining og'ish burchagini aniqlash.

Kerakli jihozlar.

- 1 Juft Gelmgolts g'altaklari
- 1 Sensor CASSY
- 1 Mikrovoltmetr

1 CASSY Lab

Qo'shimcha rekomendatsiya:

1 Experimental motor

1 Experimental motor uchun kotroller

Asosiy ma'lumotlar

O'ramlar soni N ta, yuzasi $S = \pi R^2$ bo'lgan aylanma induksion g'altak aylanish o'qining diametridan otuvchi o'q atrofida o'zgarmas oburchak tezlik bilan bir jinsli \mathbf{B} magnit maydonida aylansa uni kesib o'tuvchi magnit oqimi (1)

$$\Phi = \pi R^2 \times N \times \mathbf{B} \times \cos(\omega t) \quad (1)$$

Bu yerda \mathbf{B} –burchak tezlik, \mathbf{R} –induksion g'ltakning radiusi, N –induksion g'ltakning o'ramlar soni. (1) tenglamada aylanish o'qi \mathbf{B} magnit maydoniga perpendikulyar yonalgan. \mathbf{B} magnit maydonini induksiyalanayotgan kuchlanish U ning amplituda qiymatidan aniqlash mumkin.

$$\mathbf{U} = -\frac{d\psi}{dt} = \pi R^2 \times N \times \mathbf{B} \times \omega \times \sin(\omega t) \quad (2)$$

$T = 2\pi/\omega$ aylanish davrida foydalanim, induksiyalangan kuchlanishning maksimal qiymati uchun quyidagini hosil qilamiz

$$\mathbf{U} = \frac{2 \times \pi^2 \times N \times R^2}{T} \times B = u \times B \quad (3)$$

$$\mathbf{u} = \frac{2 \times \pi^2 \times N \times R^2}{T} \quad (4)$$

Induksion g'altakning z –yo'nalish atrofida aylanish uchun Dekart koordinatalar sistemasida (1 – rasm) kuchlanish amplitudasi

$$U_z = a \sqrt{B_x^2 + B_y^2} \quad (5)$$

Induksion kuchlanish arning quyidagi magnit maydonida induksiyalanadi.

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{pmatrix} \quad (6)$$

Simmetriya tufayli x -yoki y –yo'nalishlar uchun quyidagilar o'rinnli bo'ladi.

$$U_x = a \sqrt{B_z^2 + B_y^2} \quad (7)$$

$$U_y = a \sqrt{B_x^2 + B_z^2} \quad (8)$$

Yer magnit maydonining komponentalari (5), (7) va (8) tenglamalar sistemasini yechish orqali hisoblanishi mumkin

$$\mathbf{B}_x = \sqrt{\frac{-U_x^2 + U_y^2 + U_z^2}{2a^2}} \quad (9)$$

$$\mathbf{B}_y = \sqrt{\frac{U_x^2 - U_y^2 + U_z^2}{2a^2}} \quad (10)$$

$$\mathbf{B}_z = \sqrt{\frac{U_x^2 + U_y^2 - U_z^2}{2a^2}} \quad (11)$$

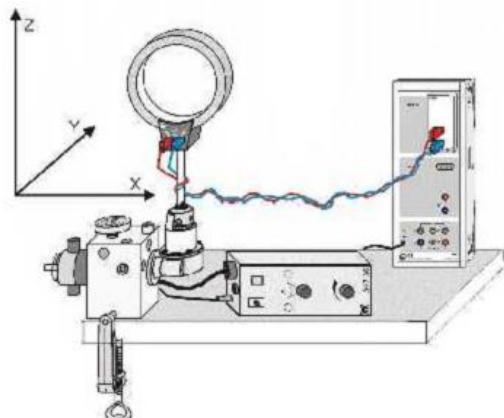
Xususiy holda yer magnit maydonining umumiyligi qiymati

$$\mathbf{B} = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} = \sqrt{\frac{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2}{2a^2}} \quad (12)$$

Yer magnit maydonining qiyalik burchagi θ quyidagi tenglamadan topilishi mumkin

$$\tan \theta = \frac{B_z}{\sqrt{B_x^2 + B_y^2}} = \sqrt{\frac{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2}{2U_z^2}} \quad (13)$$

Bu formula matematik jihatdan to'g'ri, ammo o'lchash noaniqligi tufayli kvadrat ildizning argument ekvatorga yaqin joylardagi tajribalar uchun manfiy bo'lishi mumkin. Masalaning yechimi uchun qo'llamaning oxiriga qarang. Bu tajribada induksion g'altakning aylanish o'qi to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasining x-, y-va z -yo'nalishlari bo'yicha o'rnatiladi. Har bir holda induksiyalangan kuchlanish amplitudasi vaqtning funksiyasi sifatida CASSY bilan o'lchanadi. O'lshangan signallardan amplituda va chstota yerning magnit maydon kuchlanganligi va og'ish burchagini aniqlash uchun foydalananiladi.



1-rasm. Eksperimental motor bilan o'lchanadigan eksperimental qurilmaning sxemaviy korinishi.

Tajriba qurilmasi.

- Tajriba motorini ctol ustining burchagiga **1-rasm**da ko'rsatilgandek qo'yingki, uning x-, y va z-yo'nalishlarda buralishi mumkin bo'lsin.
- mikrovoltmetri va induksion g'altakni bir-biriga ulash uchun 2 m uzunlikdagi aylanma ulash kabelidan foydalaning.

Tajribalarni o'tkazish

Tajribani motor yordamida o'tkazish

CASSY misollar faylidan "Earth magnetic field" ni ishga tushiring. Eslatma: By fayl CASSY misollar faylida saqlanmagan. U kompyuter "Hard disk" idan funksional knopka F3 ni bosish bilan ishga tushirilishi lozim.

- Misollar faylidagi berilganlarni funksional knopka F4 ni bosish bilan tozalang.
- Tajriba motorining tezligini 0 ga o'rnating.
- Motorni ehtiyojkorlik bilan qo'shing va uning tezligini taqriban sekundiga 0.3 aylanishgacha oshiring.
- Aylanma ulash kabelini qo'l bilan shunday yo'naltiringki, ular tajriba motori bilan o'rab olinsin. O'tkazgich halqa aylanayotganida u tugunlarda ushlab qolinmasligiga amin bo'ling.
- Induksion kuchlanishni vaqtning funksiyasi sifatida o'lhashni F9 funksional knopkani bosish yordamida boshlang.
- Eslatma: O'lhash 20 sekunddan keyin avtomatik ravishda to'xtaydi. O'lhash parametrlarining detallari uchun ... knopkasini bosing va "measuring parametr" menyusidan ularni ko'ring.
- O'lhashlar tugagandan keyin motorning o'chirilganligiga ishonch hosil qiling. Tajriba motorini teskariga aylantiring va uni qulay fursatda to'xtating.
- Aylanish o'qini x -yo'nalishga o'zgartiring va o'lhashlarni dastlabki burchak tezlik bilan takrorlang.
- Va nihoyat induksion kuchlanishni vaqtning funksiyasi sifatida aylanish o'qining y -yo'nalishi uchun tajriba motorini 90° ga buring.
- Induksion g'altakning **d** diametrini o'lchang.

Tajriba motorisiz o'lhashlarni bajarish.

-CASSY misollar faylidan "Earth magnetic field" ni ishga tushiring. Eslatma: By fayl CASSY misollar faylida saqlanmagan. U kompyuter "Hard disk" idan funksional knopka F3 ni bosish bilan ishga tushirilishi lozim.

- Misollar faylidagi berilganlarni funksional knopka F4 ni bosish bilan tozalang.
- Tajriba motorining tezligini 0 ga o'rnating.
- Induksion kuchlanishni vaqtning funksiyasi sifatida o'lhashni F9 funksional knopkani bosish yordamida boshlang.
- Induksion g'altakni z o'qi atrofida qo'l bilan aylantiring.
- Eslatma: O'lhash 20 sekunddan keyin avtomatik ravishda to'xtaydi. O'lhash parametrlarining detallari uchun ... knopkasini bosing va "measuring parametr" menyusidan ularni ko'ring.
- O'lhashlarni y -va x -o'qlar atrofida aylantirishlar uchun takrorlang.

Qoshimcha ma'lumotlar

Tajribadagi asosiy xatolik o'tkazgich halqa yaqinida joylashgan magnitlangan po'lat jismlar sababli magnit maydonining buzilishidan hosil bo'ladi. Yuqori o'lhash aniqligiga erishish uchun g'altakning parametrlari imkonli boricha katta qilib tanlab olinishi zarur.

yer magnit maydonining og'ishi bo'lmaganda (magnit ekvatorda) er magnit maydonining qiymati $31.2 \mu\text{T}$ ga teng va magnit qutblarida 2 marta kattaroq bo'ladi.

Ekvatorga yaqin joyda tajribani bajarishda muammo tug'iladi. Ekvatorda magnit maydonining qiyalik burchagi 0 ga yaqin va xuddi shu holda \mathbf{B}_z ham nolga yaqin bo'ladi. (11) va (13) tenglamalar katta sonlarni ayiradi va nazarイヤada kichik musbat sonlarni hosil qiladi. Bu kichik farq kichik o'lhash xatoliklari tufayli ham (po'lat bo'lagi) manfiy bo'lib qolishi mumkin va (11) va (13) tenglamalardagi kvadrat ildiz echimiga ega bo'lmaydi.

Ekvatorga yaqin joylarda og'ish burchagi uchun natijalar olish uchun \mathbf{B}_z to'g'ridan -to'g'ri o'lchanishi kerak. (7) tenglamadan foydalanib biz gorizontal aylanish o'qi bo'yicha tajriba o'tkazamiz va $\mathbf{B}_z = 0$ ga aylanish o'qini shimol janubga to'g'rilib erishamiz. Bu esa kuchlanishning minimummini izlash bilan bajarilishi mumkin. Keyin \mathbf{B}_z ning qiymati (7) tenglamadan hisoblanadi va (13) tenglamaning o'ta qismiga qo'yiladi. Bu tajribada biz \mathbf{B}_z ning qiymatini uning ishorasisiz o'lchaymiz, chunki ekvatorning janubida (11) va (13) tenglamalar kvadrat funksiyaning manfiy natijalaridan foydalanish lozim.

LAB 6. Erkin elektromagnit tebranishlar

Tajribaning maqsadi:

Elektr tebranishlar konturi bilan tanishish.

Tebranish konturi xususiy chastotasini aniqlash.

Tebranish zanjirida tok va kuchlanish o'zgarishini tahlil qilish.

Qisqacha nazariya

Bugungi kunda kommunikatsiya va hisoblash texnikalarini elektromagnit tebranish konturlarisiz ta'savur qilib bo'lmaydi. Ideal LC elektromagnit tebranish konturida energiya yo'qotilishi, so'nish bo'lmaydi. Ammo bu hol faqat nazariy jihatdan mumkin. Amalda esa tebranish konturlarida elektromagnit tebranishlar kam bo'lsada so'nadi. Misol qilib so'nvuchi garmonik ossilyatorni keltirish mumkin.

Tebranish konturi bir biriga ulangan kondensator va induktiv g'altakdan iborat bo'ladi. So'nvuchi tebranish konturida L va C zanjirga ketma-ket ravishda aktiv qarshilik ham mavjud bo'ladi.

Kirxgofning ikkinchi qonuni bo'yicha

$$\sum_i U_i = 0 \quad (1)$$

Bu tenglama zanjirdagi barcha kuchlanishlar yig'indisi nolga teng ekenligini bildiradi. Bu qonun ichki qarshilikka ega bo'lgan tebranish konturida ham o'rinnlidir(1-rasmga qarang).:

$$U_C + U_R - U_{ind} = \frac{Q}{C} + R \cdot I + L \cdot \dot{I} = 0 \quad (2)$$

Ma'lumki, kondensator sig'imi $C = \frac{Q}{U_c}$, aktiv qarshilik kuchlanishi $U_R = R \times I$ (Om qonuni)

va g'altakdagagi reaktiv kuchlanishi $U_{ind} = -L\dot{I}$ kabi aniqlanadi.

I tok kuchining diferensial tenglamasini (2) tenglama hadlarini L ga bo'lib, $\dot{Q} = I$, deb hisoblab hosil qilamiz:

$$I \times \omega_0^2 + \frac{I \cdot \omega_0^2 + I \cdot \gamma + I = 0}{(III)}$$

Be erda $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ -xususiy chastota, $\gamma = \frac{R}{L}$ konturning asilligi. Bu matematik differensial tenglamani yechish uchta xususiy holga olib keladi. Tenglama

$$I(t) = I_0 \cdot e^{-i\omega t}$$

- Kabi yechimga olib keladi, bu erda I_0 tebranish amplitudasi, $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}$:-tebranish chastotasi.

Tajriba qurilmasi

Qurilma 3-rasmida keltirilgan.

- Dastlab, kondensatorni razryadlash uchun qisqa tutashtiring.
- Induktiv g'altak va kondensatorni asos taglikka o'rnatig.
- Induktiv g'altak va kondensatorni bir chiziqda joylashtiring va ularni ikkita shstepsellar bilan ulang.
- Kondensatorga o'zgarmas tok manbaini ulang, o'rtadagi yerga ulash chiqishiga ualamang.
- Kuchlanish muruvatini 0 V ga qo'ying.
- Multimeterni induktiv g'altakka parallel ulang va DC kuchlanishni 3 V ga qo'ying.
- Ta'minlash manbaini stendga ulang.
- Qo'l sekundomerini ishga tayyorlaang.
-



3-rasm: Tajriba qurilmasi.

LAB 7.Tranzistor sxemalar.

Tajriba maqsadi.

Takrorlanish chastotasi va impuls davomiyligi ma'lum bo'lgan to'g'ri burchakli impulsni hosil qilish

Ikki noturg'un holatga ega bo'lgan miltivibratorni yig'ish va o'rganish

Qisqacha nazariya

Funksional generatorlar – turli chastejali va davomiylikli asosan to'g'ri burchakli shaklga ega impulsarni (arrasimon, sinusoidal shakldagi ham) elektr tebranishlarini hosil qiluvchi asbobdir. Bunday asobobning asosini nostabil multivibrator zanjiri tashkil qiladi. Bu zanjir asosini esa navbati bilan ochilib yopiladigan ikkita taranzistordan iborat bo'lib, bunday ochilish va yopilishlarda tranzistor kollektorlariga kuchlanish berildi yoki brilmaaydi. Bunday holda zanjir chiqishida ma'lum vaqt davom etadigan ikkita turg'un holat mayjud bo'ladi. Bu turg'un holatlar mal'lum vaqt davom etib o'zaro almashinadilar. Holatlar davomiyligi kondensator va qarshilikdan iborat zanjir orqali o'rnatiladi va shunday qilib tarnzistorlarning qayta ulash vaqlarini tanlab simmetrik va nosimmetrik to'g'ri burchakli impulsiga ega bo'lamiz.

Mazkur tajribada turg'un holatlarni ko'rgazmali namoyish qilish uchun indikator chiroqchalardan foydalilanadi. Kondensator sig'imi yoki qarshilik qiymati o'zgarganda impuls davomiyligi yoki tebranishlar chastejasi o'zgarishni kuzatish mumkin. Turg'un holatlar orasidagi o'tish holatini kuzatish uchun ossilografdan foydalilanadi.

Qayta ulash vaqt τ miqdorga bo'g'liq bo'lib u o'z navbatida RC elementlarga bo'g'liq:

$$\cdot C \quad (1)$$

τ_{ED} ulanish davri mobaynida ta'minlash manbai kuchlanishi baza-emitter kuchlanishidan katta bo'ladi,

$$In2RC \quad (2)$$

Tranzistorning ulanish vaqt yoki impuls davomiyligi quyidagicha ifodalanadi:

$$(3)$$

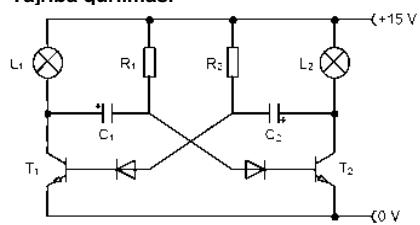
bu erda T_S tebranish davri bo'lib u ikki tranzistor ochilish vaqt yig'indisiga teng bo'ladi.

Kerakli jihozlar.

Rastrli panel DIN A4
10 ta qisqa ulash similari majmuasi
Tranzistor BC 140, NPN,..
Tranzistor BC 140, NPN,
Rezistor 1.5 kOm, 1.4 W
Rezistor 1.5 kOm, 0.5 W
Kondensator 0.22 mkF, 250 V, 5 %

Kondensator 0.47 mкF, 100 V, 20 %
Kondensator 220 mкF, 35 V, 20 %
Kondensator 470 mкF, 16 V, 20 %
Kremniyli diod 1N 4007
Cho'g'lanma lampa patroni E 10
Cho'g'lanma lampa E10; 15 V/2 W
Ta'minlash manbai DC 0 ... + 15 V

Tajriba qurilmasi



Mundarija.

LAB:1.Elektrometrik kuchaytirgich yordamida elektrostatikaning asosiy tajribalarini bajarish.....	4
LAB:2.Uitson ko‘pridan foydalanib qarshiliklarni aniqlash.....	7
LAB:3.Taqasimon magnit maydonida tokli o’tkazgichga ta’sir etuvchi kuchni o’lchash.....	10
LAB:4.To’g’ri o’tkazgich va aylanma halqanining magnit maydonini o’lchash.....	15
LAB:5.Yer magnit maydonini aylanuvchi induksion g’altak yordamida o’lchash.....	19
LAB:6. Erkin elektromagnit tebranishlar.....	23
LAB:7.Tranzistor sxemalar.....	25

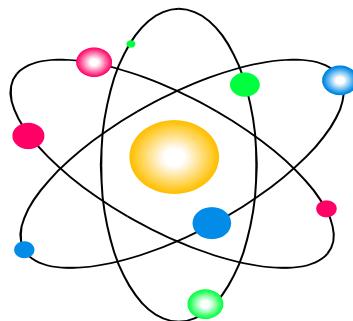
**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI**

**NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
FIZIKA FAKULTETI**

"FIZIKA" KAFEDRASI

Optika, atom fizikasi bo'limidan tajriba ishlarni bajarish bo'yicha

USLUBIY KO'RSATMA



Namangan-2021

SO'Z BOSHI

Hozirgi davr jadal taraqqiyotida fan-texnika yutuqlarini ishlab chiqarishga joriy qilish har qachongidan ko'ra katta ahamiyat kasb etmoqda. Bu borada texnika oliv o'quv yurtlari tomonidan tayyorlanayotgan malakali injener-mutaxassislarining roli mislsiz kengdir. Binobarin, ishlab chiqarishni fan yutuqlari, ayniqsa mikroelektronika, hisoblash texnikasi, asbobsozlik, mashinasozlik asosida yangilash bilan uning samaradorligini oshira oluvchi, moddiy boyliklarni iqtisod eta oluvchi injenerlar tayyorlash oliy texnika o'quv yurflarining asosiy vazifalaridan biri hisoblanadi. Hozirda kunda prizdentimizning ta'limga bo'lgan etibori malakali o'qituvchilar va yosh kadrlar va albatta yetishib chiqayotgan kadrlar hammamiz bunga labbay deb javob qaytarishimiz kerek. Bu esa hozirgi zamon texnologiyasini taraqqiy ettirishga katta hissa qo'shayotgan fundamental fanlardan biri hisoblangan fizika va uning tatbiqiga alohida e'tibor berilishini taqozo etadi. Ushbu fan bo'yicha bulg'usi yosh kadrlarga chuqur bilim berish bilan bir qatorda, fizikaning yutuqlarini texnikaga, ishlab chiqarishning turli sohalariga qo'llay bilish ko'nikmalarini shakllantirish ham zarur. Shu jihatdan qaraganda, fizika fani bo'yicha o'tkaziladigan laboratoriya mashg'ulotlari katta ahamiyatga va keng imkoniyatlarga egadir.

Ma'lumki, oliv o'quv yurtiga kirgan talabalarning dastlabki bilim va ko'nikmalarini turlichadir: o'rta maktabni bitirib oliv o'quv yurti studenti bo'lgan yoshlarda nazariy bilim kengroq bo'lib, amaliy ko'nikmalarini yetarli bo'lmaydi, ishlab chiqarish stajiga ega bo'lganlarda esa aksincha. Boshlang'ich kurslarda o'tiladigan amaliy mashg'ulotlarda, jumladan, laboratoriya mashg'ulotlarida bu tafovutni yo'qotish imkoniyatlarini izlash maqsadga muvofiqi.

Ana shu kamchiliklarni yo'qotish maqsadida qo'llanmada har bir bo'limga doir laboratoriya ishlaring tavsifini keltirishdan avval asboblar bilan tanishuv ishlari beriladi va o'quv jarayonida dastlab ularning bajarilishi ko'zda tutiladi. Ushbu holat asosiy laboratoriya ishlarini muvaffaqiyatli bajarishga studentlarni tayyorlash bilan bir qatorda qisqa muddat ichida o'rta maktab fizika kursining mazkur bo'limi bo'yicha olgan bilimlarini qayta eslash imkonini beradi.

Qo'llanmadagi hisoblashlari murakkabroq bo'lgan laboratoriya mashg'ulotlari so'ngida kompyuter yordamida laboratoriya ishi natijalarini hisoblash uchun "fortran" tilida dasturlar va xatoliklarini hisoblash yo'llari va jadvallar keltirilgan.

Qo'llanma Namangan muhandislik-texnologiya institutining barcha ta'lim yo'nalishidagi talabalar uchun mo'ljallangan.

Elektronning Solishtirma zaryadini aniqlash

Tajriba ob'ektlari

- Elektronlarning magnit maydonida aylanma orbita bo'ylab og'ishini o'rganish.
- Magnit maydoni B ni doimiy r radiusli orbitadagi elektronlarni tezlashtiruvchi potensial U ning funksiyasi sifatida aniqlash.

- Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash.

Asboblар ro'yxati

1 Elektron nur trubkasi,O'lchash qurilmasi va ushlab turqichiga ega bo'lgan Gelmgolts g'altagi, Trubkaning energiya manbai, Multimetr LDAnalog, Po'lat lentali o'lchagich, Xavfsiz ulash cimlari.

Asosiy ma'lumotlar

Tajribaviy yol bilan elektronning massasi me ni aniqlash qiyin. Elektronning solishtirma zaryadini tajribalarda aniqlash esa osonroq hisoblanadi

$$\varepsilon = \frac{e}{m_e} \quad (I),$$

agar elementar zaryad e ma'lum bo'lsa (I) ifodadan elektronning massasi me ni hisoblab aniqlash mumkin. Bir jinsli magnit maydoni B da maydonga perpendikulyar ravishda v tezlik bilan harakatlanayotgan elektronga F Lorets kuchi ta'sir qiladi

$$F = e \cdot v \cdot B \quad (II)$$

va u tezlik vektoriga va magnit maydonga perpendikulyar bo'ladi. Markazga intilma kuch (Rasm 1. ga qarang)

$$F = m_e \cdot \frac{v^2}{r} \quad (III)$$

bu kuchlar ta'sirida elektron r radiusli orbitada harakatlanadi

$$\frac{e}{m_e} = \frac{v}{r \cdot B} \quad (IV)$$

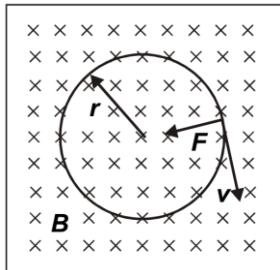
Bu tajribada elektronlar elektron nur trubkasida U kuchlanish yordamida tezlashtiriladi. Natijaviy kinetik energiya quyidagicha

$$e \cdot U = \frac{m_e \cdot v^2}{2} \quad (V)$$

Shunday qilib elektronning solishtirma zaryadi :

$$\frac{e}{m_e} = \frac{2 \cdot U}{(r \cdot B)^2} \quad (VI).$$

Rasm 1: Elektronlarning B magnit maydonida Lorents kuchi F tomonidan berilgan r radiusli orbita bo'ylab og'ishi



Elektron nur trubkasida past bosimda vodorod molekulalari bo'ladi, va ular elektronlar bilan to'qnashganda nur chiqaradi. Bu esa elektronlarning orbitasini bevosita korinadigan bo'lishiga olib keladi, va orbita radiusi lineyka bilan o'lchab olinishi mumkin

Magnit maydoni Gelmgolts g'altaklar juftida hosil qilinadi va u Gelmgolts g'altaklaridagi tok I ga to'g'ri proportsional:

$$B = k \cdot I \quad (\text{VII})$$

Magnit maydonida harakat qilayotgan elektron orbitasi r doimiy bo'lib turganda, tezlashtiruvchi potensial U ning tok kuchi I dan bog'liqligi (VI) va (VII) tenglamalarnini shakl o'zgartirishdan hosil qilinishi mumkin:

$$U = \frac{e}{m_e} \cdot \frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot k^2 \cdot I^2 \quad (\text{VIII})$$

Proportsionallik koeffisienti

$$k = \mu_0 \cdot \left(\frac{4}{5} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{n}{R} \quad (\text{IX})$$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$: magnit doimiylik

g'altakning radiusi $R = 150$ mm va g'altak o'ramlar soni $n = 130$ qiymatlardan foydalanib hisoblanishi, yoki kalibrovka grafigi $B = f(I)$ ni o'lchashdan foydalanib topilishi mumkin. U holdaelektronning solishtirma zaryadini aniqlash uchun barchakattaliklar ma'lum bo'ladi.

Qurilma

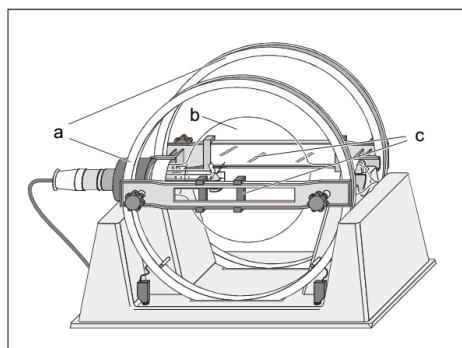
Izoh:

O'lchashlarni qorong'ilashtirilgan kamerada bajaring. Gelmgolts g'altaklaridan 2 A dan katta toklar faqat qisqa vaqt

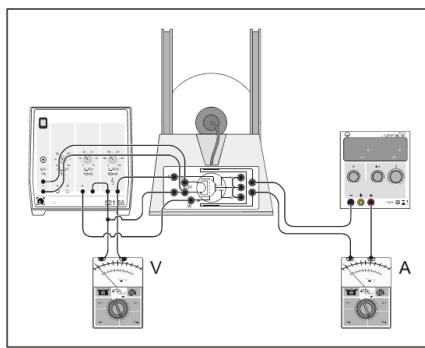
oralig'ida o'tkazilishi mumkin. Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash qurilmasi Rasm 2.da va uning ularsh sxemasi Rasm 3. da ko'rsatilgan-Trubkani energiya manbaidan uzing va barcha potensiometraylanuvchi qismini eng chap holatga qo'ying

-Elektron nur trubkasining 6.3-V li kirish oxirinitrubka manbaining 6.3-V li chiqishiga ulang.- Trubka manbaining 50 V lik chiqishining musbat qutbini 500 V lik chiqishining manfiy qutbi bilan qisqa tutashtiring vatoza nur trubkasining (katod) "-" rozetkasi bilan ulang.- Elektron nur trubkasining "+" rozetkasini (anod) 500 V chiqishning musbat qutbi bilan, W rozetkani (Venalt silindri,

ENT da) 50 V lik chiqishning manfiy qutbi bilan ulang.- Tezlashtiruvchi potensial U ni o'lchash uchun voltmetrni (o'lchash chegarasi 300 V_) 500 V lik chiqishga ulang.-Elektron nur trubkasining og'diruvchi plastinkalarini anodga ulang.- DC energiya manbai va ampermetrni (o'lchash chegarasi 3 A-) Gelmgolts g'altaklari bilan ketma-ket ravishda ulang.



Rasm 2. Elektronning solishtirma zaryadini aniqlash uchun tajriba
a Gelmgolts g'altaklari
b toza nur' trubkalari
c O'lchash asbobi

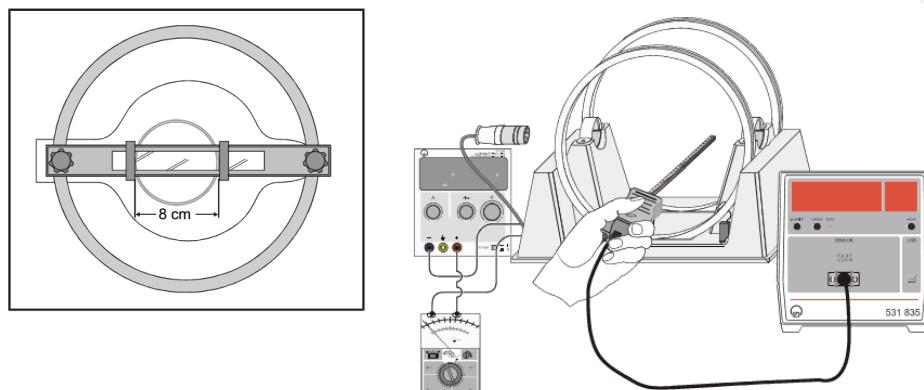


Rasm 3. Elektrik ulash qurilmasi

Tajribalarni o'tkazish

- O'lchash qurilmasining chap slaydini shunday siljitingki, uning ichki uchi, oynaviy tasviri va elektron nurning chiqish tirkishiko'rish chizig'ida yotsin - Ong slaydni har ikkala ichki uchi uchun masofa 8 sm ga teng bo'ladigan qilib o'rnating.
- O'ng slaydning ichki uchini kuzating, uni o'zining oynaviy tasviri bilan to'g'rilang, va g'altak toki I ni elektronlar nuri oynaviy tasvirni qoplovchi slayd uchi bo'ylab tangensial ravishda aylanguncha regulirovka qiling (Rasm 4. ga qarang)
- Tezlashtiruvchi potensial U ni 10 V qadam bilan 200 V gacha kamaytirib boring, va elektron nurlarining orbita diametri 8 sm ga teng bo'lgandagi g'altakdagi tok I ni tanlab oling.
- Tezlashtiruvchi potensial U va g'altak toki I ni yozib oling
- Trubkaning energiya manbaini qo'shing va tezlashtiruvchi kuchlanishni U=300 V ga o'rnating. Termo-elektron emissiya bir necha minutdan keyin, katod qizib olgandan keyin boshlanadi.
- Elektronlar nurining fokusini Venalt Silindridagi kuchlanishni 0....10 V oraliqda o'zgartirish bilan to aniq, o'tkir uchli nur hosil bo'lguncha ptimallashtiring.
- Gelmgolts g'altaklarini DC energiya manbaiga ulang, va elektronlar nuri yopiq orbita hosil qilib aylanadigan tokni toping Agar elektronlar nuri anoddan chiqqandan keyin noto'g'ri yo'nalishda (chap tarafga) og'sa: - har ikkala energiya manbalarini ochiring.
- Magnit maydon qutblarini o'zgartirish

uchun DC energiya manbaining chiqishidagi kontaktlar qutblarini almashtirib ulang Agar elektronlar yopiq orbita bo'yicha harakatlanmasdan, spiralsimon egril chiziq bo'yicha harakat qilsa : -Har ikkala kronshteynning mahkamlovchi boltlarini bo'shating (toza nur trubkasi ma'lumotlar kitobchasini oqing) -Toza nur trubkasini uning bo'ylama o'qi atrofida ehtiyoj bo'lib, to elektronlar nuri yopiq orbita hosil qilguncha aylantiring. - Mahkamlash bo'lalarini qotiring.



Rasm 5.

Gelmgolts magnit maydonini kalibrovka qilish:

Magnit maydonini kalibrovka qilish uchun qurilma Rasm 5.da ko'rsatilgan. Yuqorida qo'shimcha tavsiya etilgan asboblar o'lchash ishlarini olib borish uchun zarur bo'ladi

-Agar lozim bo'lsa barcha energiya manbalarni tarmoqdan using -O'lchash qurilmasini va Gelmgolts g'ltaklarini oldingi tarafga siljiting, toza nur trubkasiga ularishlarni va ikki kronshteynning mahkamlash boltlarini (toza nur trubkasi uchun ko'rsatmalar kitobchasini o'qing) bo'shating - Ehtiyojlik bilan elektron nur trubkasini chiqarib oling, va uni original korpusiga joylashtirib qo'ying -Oldingi tarafdag'i Gelmgolts g'altaklarini qayta yig'ing va ulang -Aksial B-probe ni teslametrga ulang(o'lchash chegarasi 20 mT) va nol nuqtani kalibrovka qiling (Teslametr ko'rsatmalar kitobiga qarang). -Aksial B-probe ni Gelmgolts g'altaklarining magnit maydoniga parallel ravishda juft g'alaklar markazi tomon siljiting. - G'altaklardagi tok kuchini 0 dan 3 A gacha 0.5 A qadam bilan orttira boring, va B magnit maydonini o'lchang, o'lchanan qiymatlarni yozib oling. Kalibrovkalashni tugatgandan keyin:

- Elektron nur trukasini ko'rsatmasiga muvofiq qayta yig'ing.

O'lchash misollari

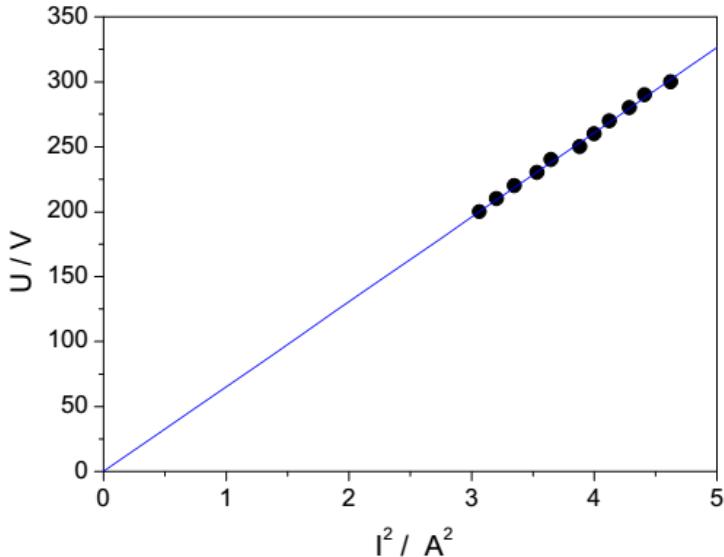
Jadval 1: Doimiy $r = 0,04$ m radiusli orbita uchun, g'altakdagi tok I tezlashtiruvchi potensial U ning funksiyasi sifatida

$\frac{U}{V}$	$\frac{I}{A}$
300	2.15
290	2.10
280	2.07
270	2.03
260	2.00
250	1.97
240	1.91
230	1.88
220	1.83
210	1.79
200	1.75

Jadval 2: Gelmgolts g'altaklarining B magnit maydoni g'altakdagi tok I ning funksiyasi sifatida. (Bu tajriba yuqorida tavsiya etilgan qo'shimcha qurilmalarni talab qiladi)

$\frac{I}{A}$	$\frac{B}{mT}$
0.5	0.35
1.0	0.65
1.5	0.98
2.0	1.34
2.5	1.62
3.0	2.05

Baholash va natijalar



6-Rasm.

Rasm 6.da 1-jadvaldagи о'lchangan qiymatlarning grafigi (VIII) tenglamaga muvofiq chiziqli ko'rinishda keltirilgan. Natijaviy grafikning qiyaligi koordinata boshida quyidagicha $\alpha = 65,3 \text{ V A}^{-2}$. (VIII) tenglamaga ko'ra elektronning solishtirma zaryadi

$$\frac{e}{m_e} = \frac{2 \cdot \alpha}{r^2 \cdot k^2}$$

Keyingi hisoblashlarga propotionsallik faktori k ning qiymati kerak bo'ladi. Agar yorug'lik nurlari perpendikulyar ravishda tushsa, ($\alpha = \beta$) ular o'z yo'llari bo'yicha qaytadilar. Agar yorug'lik nurlari qiya ravishda tushsa, ular boshqayo'nalishda qaytadi, ammo parallelligicha qoladi.

Propotionsallik faktori k ni Gelmgolts magnit maydoni kalibrovkasidan aniqlash.

2-jadvaldagи о'lchangan qiymatlar, yoki 7 Rasmdagi to'g'ri chiziqning koordinata boshidan o'tkazib, quyidagini olamiz $k = 0,67 \text{ mT A}^{-1}$ va undan keyin

$$\frac{e}{m_e} = 1,8 \cdot 10^{11} \frac{\text{As}}{\text{kg}}$$

Propotionsallik faktori k ni hisoblash:

(IX) dan foydalanib, hisoblaymiz

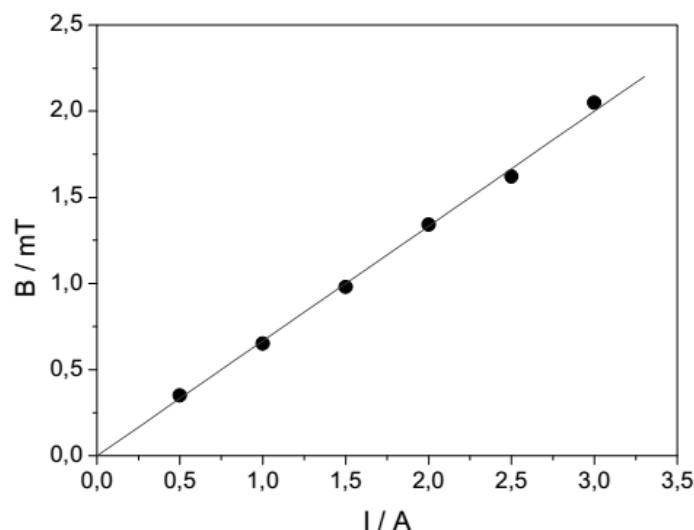
$$k = 0,78 \text{ mT A}^{-1}$$

va undan keyin

$$\frac{e}{m_e} = 1,3 \cdot 10^{11} \frac{\text{As}}{\text{kg}}$$

Hosil qilingan qiymat:

$$\frac{e}{m_e} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{As}}{\text{kg}}$$



Rasm 7. Gelmgolts g'altagining magnit maydoni uchun kalibrovka grafigi.

Qutblanish tekisligini shakar eritmasi bilan burish

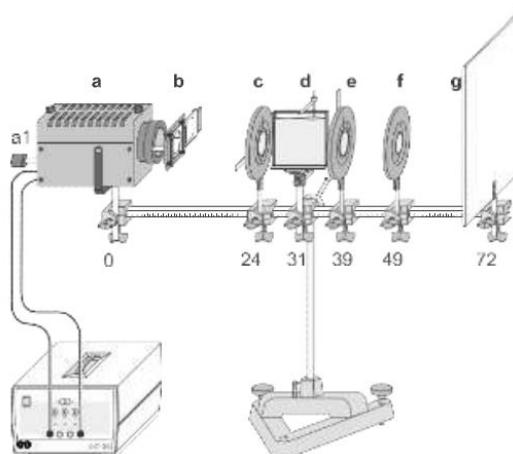
Umumiy ma'lumotlar

Tajribaning maqsadi

- Qutblanish tekisligining konsentrangan shakarli eritmada burilishini birbiriga ko'ndalang o'rnatilgan ikki polyarizator bilan kuzatish.
- Uchta turli yorug'lik ranglari uchun burish burchagini aniqlash.

Asboblar va jihozlar

saxaroza, galogen lampa , yorug'lik filtr, transformator, ko'zgusimon shisha yacheyka,polarization filtr, linza, prizmali stol, yarim shaffof ekran, kichik optik kursi, taglik asos,



Rasm. 1 Qutblanish tekisligini shakar eritmasi bilan

burilishini kuzatish uchun tajriba qurilmasi

Optik aktivlik bir qator moddalar uchun xos bo'lib, bumoddalardan chiziqli qutblangan yorug'lik o'tganda qutblanish tekisligi buriladi. Bunday hodisa ba'zi eritmalar daham yuz beradi. Erigan moddaning molekulyar strukturasi yorug'likning o'ng aylanishli va chap aylanishli qutblanishi gaolib kelib, ular eritmada turli fazaviy tezlikda harakatlanadi. Eritmaga tushayotganchiziqli qutblangan yorug'lik o'ng vachap aylanishli qutblangan to'lqin qismlariga

ajralishimumkin. To'lqinning ikki qismlari turli fazaviy tezlikdatarqalib, bosib o'tgan masofasiga proporsional bo'lganfazalar farqini keltirib chiqaradi. To'lqinning ikki qismi bumasofigi bosib o'tganidan so'ng, superpozisiya natijasidayo'nalishi asl to'lqining nisbatan burilgan chiziqli qutblanganto'lqining aylanadi. Burilish burchagi molekulyar strukturaga, eritmada yorug'likyo'li davomligidagi erigan modda konsentrasiyasiga vayorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liq.

Kuzatuvchi

yorug'lik

Kuzatuvchi yorug'lik

nuri tarqalishi yo'nalishiga qarama-qarshi qaraganida,yorug'likning qutblanish tekisligi soat strelkasi bo'yichaburilsa(o'ng aylanish) unga musbat qiymat beriladi. Aksincha,soat strelkasiga teskari aylanishni chap aylanish debatashadi va unga manfiy qiymat beriladi.Asosan har qanday optik aktiv moddada o'ng aylanishli va chap aylanishli modifikasiyalar bo'lishi mumkin.Bu ikki modifikasiyaning mo'ayyan aylantirish qiymati bir-birigateng va qarama-qarshi ishoraga ega. Ikkala modifikasiyaning aralashmasi burish burchagini kamaytiradi.Ikkala modifikasiya teng proporsiyada bo'lgan aralashma resemat deb ataladi.Tajribada qutblanish tekisligining burilishi bir-birigako'ndalang o'rnatilgan ikkita polyarizatorda kuzatiladi.Konsentrlangan eritma D(+) - suvdagi saxaroza optik aktivmodda sifatida qo'llaniladi. D(+) belgi qutblanish tekisliginimodda o'ng tomonga aylantirishini anglatadi.

Tajribani bajarish

a) Oq yorug'likni kuzatish:

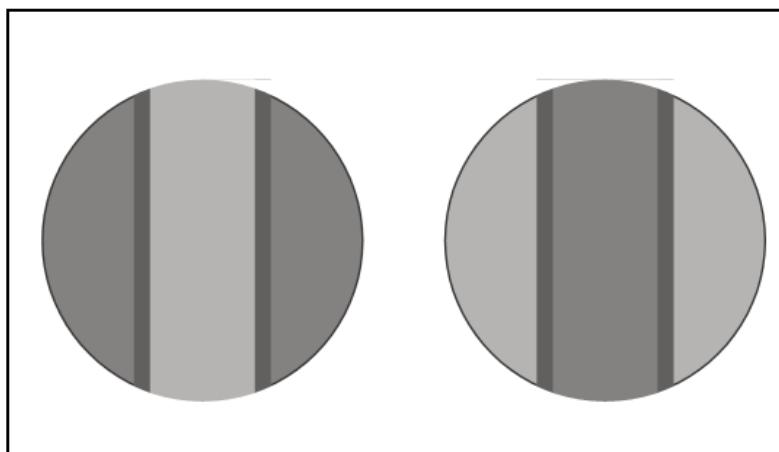
Analizatorni 0°ga o'rnatishing va butun ko'rish maydoninikuzating.Ko'zgusimon shisha yacheykani nur yo'lidan oling vaehtiyotlik bilan taxminan 20 qoshiq D (+) – saxarozanisuvga soling.Chayqash orqali D (+) - saxarozani maksimal to'liq eriting. Ko'zgusimon shisha yacheykani qayta nur yo'liningmarkaziga joylashtiring va ko'rish maydonini kuzating.Analizatorning qutblash yo'naliшини buring va buning barchasini ko'rish maydonida kuzating.

b) Monoxromatik yorug'likni kuzatish:

Galogen lampa korpusining chiqish aperturasidagi tasvirsiljigichga qizil yorug'lik filtrni o'rnatning va analizator bilanko'rish maydonining o'rta qismida maksimal

qorong'ulikgaerishing(Rasm.2 ga qarang)

Analizator o'rmini qizil yorug'lik uchun eritmaning burishburchagi sifatida qabul qiling.



Rasm. 2 Shakarli eritma nur yo'liga qo'yilgandan keyin
monoxromatik yorug'lik uchun ko'rish maydoni
(chapdag'i: analizator o'rni 0° , o'ngdag'i: ko'rish
maydonining markaziy qismida maksimal qorong'ulik)

Tajriba namunasi va hisoblashlar

Jadval 1: Yorug'likning turli ranglari uchun burish burchaklari

filtr	burish burchagi
qizil	25°
yashil	40°
ko'k	55°

Maykelson interferometridan foydalanib geliy-neonli lazer yorug'ligining to'lqin uzunligini aniqlash

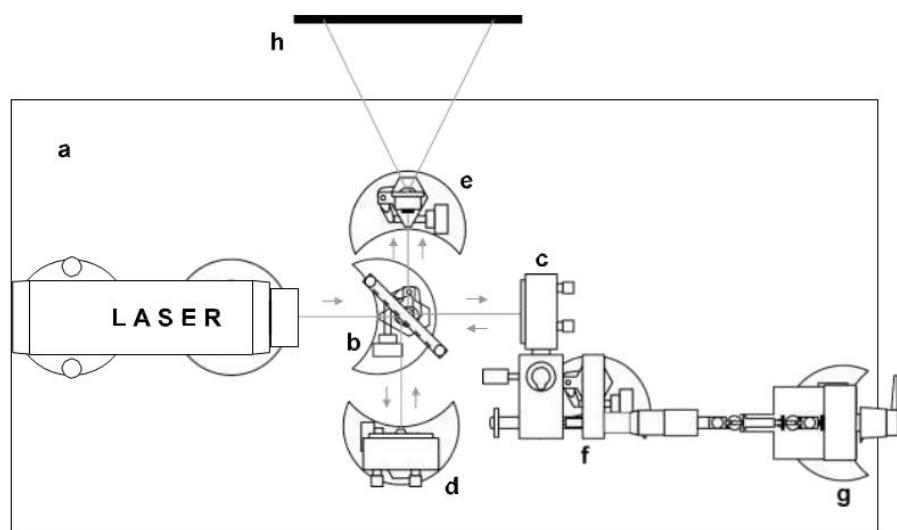
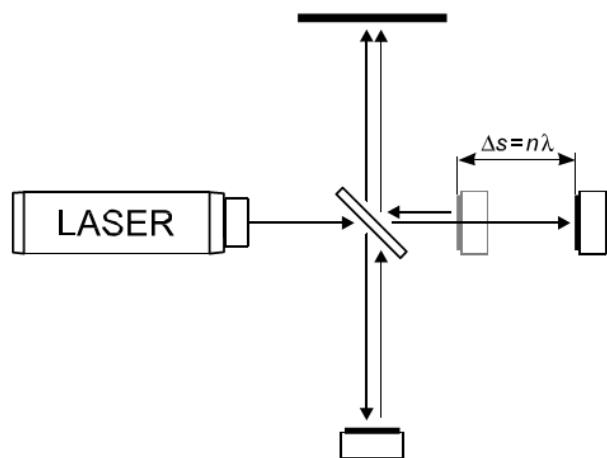
Tajribaning maqsadi Maykelson interferometrini yig'ish, Interferension manzarani kuzatish

Asboblar va ashyolar: lazer optic tayanch plita, He-Ne lazer, chiziqli qutblangan, optik asos,nur bo'lgich, sferik linza, nozik sozlash mexanizmi, yarim shaffof ekran.

Umumiylumotlar

Interferometriya nihoyatda aniq va sezgir o'lhash metodi hisoblanadi, masalan uzunkuning o'zgarishini, zichlikdarajasini, sindirish ko'rsatgichlarini va to'lqin uzunligini.Maykelson interferometri ikki nurli interferometrlar oilasiga mansub. Uning ishlashi quyidagicha:Talabga javob beradigan manbadan kelayotgan kogerentyorug'lik nuri optik komponentda ikki qismga ajraladi.Nurning bu qismlari turli yo'llardan harakatlanadi, bir-biridanqaytib, boshqa optik komponentga yo'naladi va ular bu yerda ust tushib bir-biri bilan birikadi. Natijada interferensionmanzara yuzaga keladi. Agar bu nurlar birining yo'li uzunligi, ya'ni sindirish ko'rsatgichi va geometrik yo'l natijasida o'zgarsa,bu o'zgarmagan nurga nisbatan fazalar siljishiga olib keladi.Bu esa o'z navbatida interferension manzaraning o'zgarishiga olib kelib, u orqali, agar boshqa miqdorlar doimiy qolsa, sindirish ko'rsatgichining yoki optik yo'lning har qandayo'zgarishi haqida xulosa qilish imkonib bo'ladi.Demak, sindirish ko'rsatgichi doimiy qolsa, biz geometrik yo'ldagi farqni aniqlashimiz, masalan issiqlik yoki elektr yokimagnit maydonlari sababli materiallar o'lchamining o'zgarishini aniqlashimiz mumkin. Boshqa tarafdan, agar geometrik yo'l doimiy qolsa, sindirish ko'rsatgichini, hamdasindirish ko'rsatgichiga ta'sir qiladigan bosim, temperature yoki zichlikning o'zgarishi kabilarning miqdorini va ta'sirinianiqlashimiz mumkin.Lazer nurining to'lqin uzunligini o'lhash uchun bitta yassiko'zgu nozik sozlash mexanizmidan

foydalanim siljiltiladi; Bu o'zgartirish mos nuring optik yo'lini o'zgartiradi. Bunday siljish davomida interferension chiziqlarning siljishiyarim shaffof ekranda kuzatiladi. Bu hodisani baholashchun, yassi ko'zgu siljiganda, kuzatish ekranidagi qo'zg'almas nuqtadan o'tayotgan maksimumlarni yokiminimumlarni hisoblashimiz mumkin.



Rasm. 1: Lazer optik tayanch plitadagi Maykelson interferometriqurilmasi, bitta yassi ko'zgu chun nozik sozlashmexanizmi bilan, yuqoridan ko'rinishi.

Tajribani o'tkazish

Tajriba davomida:

– Lazer optikasi tayanch plitasiga mexanik zarbalardanehtiyot bo'ling (masalan stolni silkitmang va urmang). Qurilmada havo oqimlariga yo'l qo'y mang, masalan nafasolish yoki yelvizaklar. Yarim shaffof ekranda (h) interferension chiziqlarni sanash mumkin bo'lgan, intensivliklar maksimumlarining o'rnninib elgilang.

Reduktorni dastasiga yengilgina qo'lingizni qo'yib, reduktorni to chiziqlar harakatlanishni boshlamaguncha, sekin va bir tekis aylantiring (sizga bir necha aylantirish talab qilinishi mumkin) Shundan so'ng, reduktorni kamida yana bir marta to'liq aylantiring. Reduktorni aylantirishni davom eting va shu bilan bir galikda, interferension chiziqlarning belgidan o'tishini va reduktor aylanishlar sonini qayd qiling.

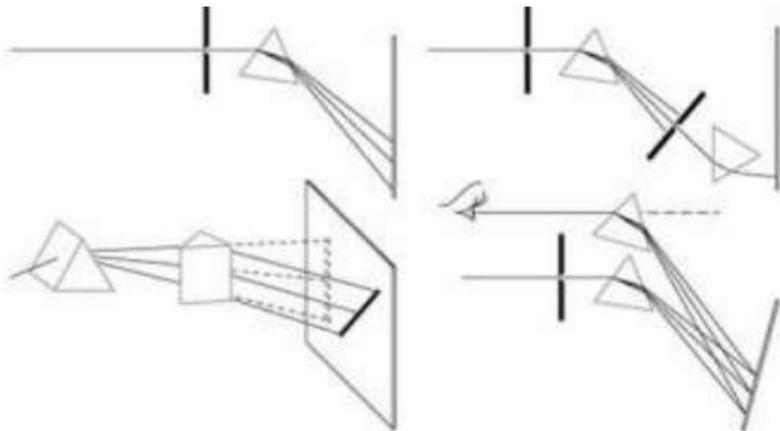
Oq yorug'likning dispersiyasi va rekombinasiyasi bo'yicha Nyuton tajribalari

Tajribaning maqsadi:

- Oq yorug'likni shisha prizmada spektral tashkil etuvchilarga ajratish.
- Dispersiyalangan yorug'lik ikkinchi prizmada qayta parchalanmasligini o'rsatish.
- Birinchi prizma ortidagi oq yorug'likning ajralgan spektrini birinchi prizmaga parallel joylashgan ikkinchi prizmadan o'tishda spektral ranglarning rekombinasiyasidan oq yorug'likning yuzaga kelishini namoyish qilish.

Apparatura: Shisha prizma, Elektr lampa, nabor, Lampa korpusi kabel bilan Asferik kondensor diafragma tutqich bilan, Transformator, Prisma stoli, sterjenda,





1666 yilda Isaak Nyuton 23 yoshida prizmalar bilan qilgantajribalari, optikaning salmoqli tarraqiyotiga olib keldi, chunki u aksariyat yaxshi o'ylangan tajribalari yordamidashisha prizmada yorug'lik singanda yuzaga keladiganyorug'likning dispersiyasini tajriba yo'li bilan tushuntiribberdi. Nyuton o'z tajribalarida quyoshni yorug'lik manbasisifatida olganini va proyeksiyon obyektiv bilan umumanishlamaganini e'tiborga olish kerak. DC 535.853.2 dabayon qilingan tajribalarda yorug'lik manbasi sifatidacho g'lanma lampadan foydalanilgan. Cho'g'lanmalampanning ekranga proyeksiyalangan dispersiyalangan "oq" yorug'ligening spektri kamalakda yuzaga keladiganma'lum ranglar ketma-ketligidan iborat. Bundan tashqari, turli rangli yorug'lik filtrlaridan foydalanilganda, alohidaranglarning og'ishini namoyon qilish mumkin. Hatto filtrlardan foydalanganigizda ham, har bir rang spektrdagio rniga mos tarzda og'adi: spektrning turli sohalari uchunprizmaning sindirish ko'rsatgichi farq qiladi. Nyutonspektrdagagi alohida sohalar mustaqil tarzda yana ranglarga ajralmasligini ko'rsatdi. Uning qurilmasida tirkish spektrko rinadigan ekranga yo'nalgan. Tirkishdan o'tganyorug'lik monoxromatik va u boshqa ekranga tushishdanoldin minimal og'ishli ikkinchi prizmadan o'tadi. Ushbuekranda garchi tasvir bir oz kengaysa ham, faqattirkishdan o'tgan rang kuzatiladi. Ammo, boshqa ranglarko rinmaydi.

Nyuton xuddi shunday natijani kesishgan prizmalar bilanolgan.Mazkur tajriba uchun ikkinchi prizma gorizontaljoylashtirilgan sindiruvchi qirrasi bilan birinchisining ortigao'rnatilgan.Bunda yorug'lik dastasi ikkala prizma bilan shunday og'adiki, og'gan spektr ekranga tushadi.Yorug'likning rangli spektral sohalari ikkinchi prizmada hamxuddi birinchi prizmadagidek og'adi.Rangli spektral sohalarning rekombinasiyasi oq rangningshakllanishiga olib kelishi nazorat tajribalarining asosiniifodalaydi.Spektral ranglar prizma vositasida oq rangdan hosilqilinganidek, spektrning hamma sohasini ustma-us ttushushidan oq yorug'lik olinishi mumkin.Bu maqsaddalinza dispersiyalangan yorug'lik yo'liga joylashtiriladi, linzaprizma sirtidan nurlarni ekranga yig'adi.

Ekrandagi tasvir oq va shu linza tenglamasi uchun mos kattalashgan bo'ladi.Spektr linza ortidagi fokal tekislikda yaxshi fokuslanadi.Prizma sirtidan akslanish, bunga qaramasdan, rangsiz vafaqat shu spektrning 11 ta rangi ekranda tasvиргarekombinasiyalanganda oq bo'ladi.Agar mazkur spektrning bir yoki boshqa qismi juda kichiklinza yoki ekran bilan to'sib qo'yilsa, unda tasvir to'liq oqrang bo'lmaydi, ammo, tusga kirgan bo'ladi (qo'shimcharanglar haqida DC 535.621.1 ;a ga qarang).

***Stefan-Bolsman qonuni: «qora jism» nurlanish
intensivligining temperaturaga bog'liqligini o'lchash***

Kerakli asboblar va ashyolar: Elektrik pech, Absolyut qora jism detallari, Elektrik pech ashyolari, Bir tarafi ochiq kirishli raqamlitermometr, Temperatura datchigi, NiCr-Ni, Moll termoelementi, Mikrovoltmetr, Universal fiksator.

Umumiy ma'lumotlar

Barcha jismlar issiqlik nurlantiradi. Bu issiqlik elektromagnitnurlanishning intensivligi temperatura ortishi bilan ortadi vahamda shu jismning sirtiga ham bog'liq. Berilgan to'lqinuzunligida, u nurni qanchalik yaxshiroq yutsa, shunchalik ko'proq issiqlik nurlantiradi.

Barcha to'lqin uzunlikli issiqlik nurlanishini yutuvchi jismabsolyut *qora jism* deb ataladi. Aynan *Kirxgoff* birinchi bo'lib, berk bo'shliqdan virtual absolyut qora jism sifatida foydalanishni taklif qilgan. Absolyut qora jism eng kata yutish koeffisiyentiga ega va shu bilan, berilgan temperaturada va to'lqin uzunlikda maksimal mumkin bo'lgan nurlantirishga ega. *Stefan-Bolsman qonuni* absolyut qora jismning umumiychiqarayotgan nurlanishi T absolyut temperaturaning to'rtinchidara jasiga proporsional ekanligini tasdiqlaydi.

Yanada aniqroq

nurlanish manbasining nurlanuvchanligi M , ya'ni sirtning bir tomonidagi nurlanishning umumiy quvvati nurlanayotgan sirtsohasiga nisbatan quyidagidananiqlanadi

$$M = a \cdot T^4(I) \quad (5 \cdot 10^{-8} \text{ (Vt/m}^2\text{)}) \quad \text{Stefan-Bolsman doimiysi}$$

Shu vaqtda absolyut qora jism atrof muhitdan nur ham yutadi. Shunday qilib biz M umumiy nurlanuvchanlikni emas, anig'i absolyut qora jism nurlanishidan olingan M' nurlanishmanbasining nurlanuvchanligini o'lchaymiz. Atrof muhitdanyutilgan nurlanishning nurlanuvchanligi quyidagiga teng:

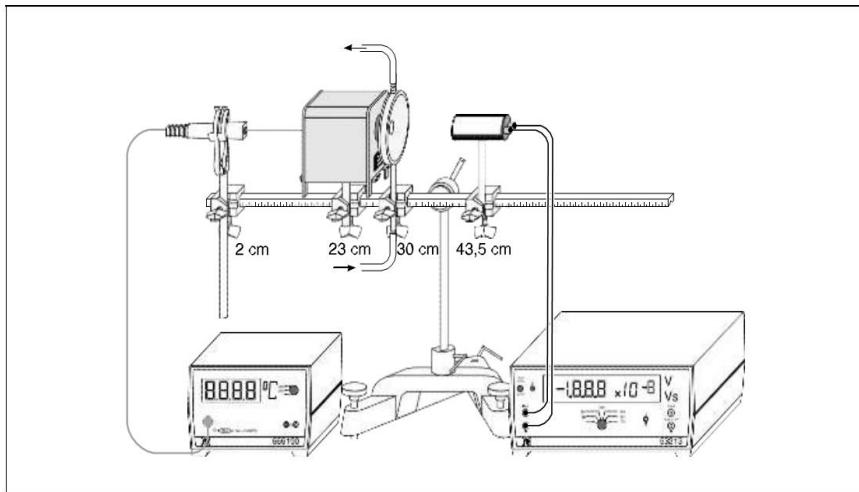
$$M_0 = a \cdot T_0^4 \quad (II)$$

Shuning uchun, quyidagini yozish mumkin

$$M' = a \cdot (T^4 - T_0^4) \quad (\text{III}).$$

Mazkur tajribada «absolyut qora jism» sifatida elektr pechdanfoydalaniladi.

Absolyut qora jism detallari jilvirlangan mis silindrva ekrandan iborat. Bir uchi izolyasiya qilingan mis silindr, elektrpechga kiritiladi va talab qilingan temperaturagacha qizdiriladi. Zarur bo'lganda suv bilan sovutiladigan ekran elektr pechningoldiga shunday o'rnatilganki, qaynoq pechkaning tashqi devorlarining nurlanishini emas, faqat jilvirlangan silindrningissiqlik nurlanishini o'lhash mumkin. Temperatura datchigi NiCrNi mis silindrda temperaturani o'lhash uchun qo'llaniladi. Issiqlik nurlanishi mikrovoltmetrga ulangan Moll termoelementidan foydalanib o'lchanadi. Termoelementulangan termojuftliklar seriyasidan tashkil topgan. O'lchanayotgan nuqtalar tushayotgan nurni to'liqyutadi, qiyoslash nuqtalari esa atrof muhit temperaturasida bo'ladi. Bizshunday qilib, termoelektrik batareyalarning chiqishkuchlanishini nurlanish manbasining M' nisbiy nurlanuvchanligio'lchovi sifatida olishimiz mumkin.



Rasm. 1: Stefan-Bolzmanning issiqlikdan nurlanish qonunini tasdiqlash uchun tajriba qurilmasi.

Tajribani o'tkazish

Rasm. 2: Suvli idishga immersion nasosni o'rnatish namunasi Dastlab:

- n mis silindrning temperaturasini va termoelektrikbatareyaning boshlang'ich chiqish kuchlanishinio'lchang va bu qiymatlarni o'z tajriba jurnalizingizga yozib oling. Shundan so'ng:

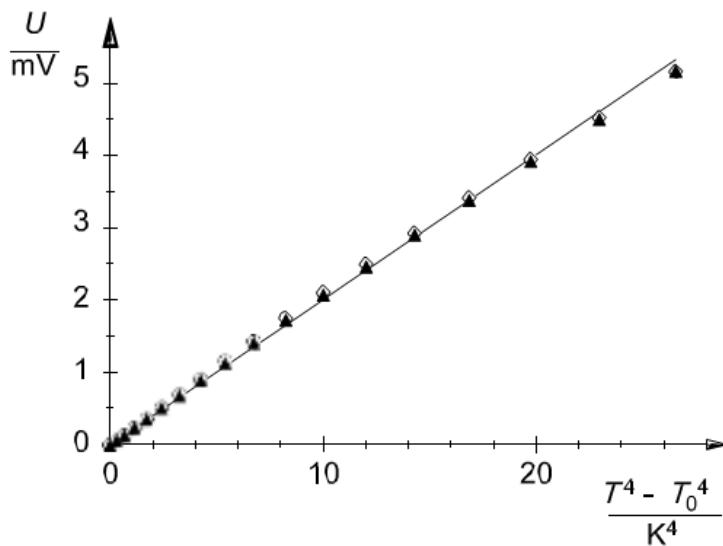
- Elektr pechni ulang va temperatura har 25°C gaoshganda. n va U ning qiymatlarini o'lchang va ularnio'z tajriba jurnalizingizga yozib oling.

Temperatura 400°C va 500°C oralig'i darajasigaerishganda:

- Elektr pechni uzing; va temperatura har bir 25°C gapasayganda, n va U ning qiymatlarini o'z tajribajurnalizingizga yozib boring.

- Temperatura 100°C bilan xona temperurasioralig'igacha pasayganda, elektr pechdan temperature datchigini oling, xona temperurasini o'lchang va buqiyatni o'z tajriba jurnalizingizga yozib oling.

- Termoelektrik batareyani qoramtil karton bilanekranlashtiring, voltmetrning nol ko'rsatishini tekshiring va buqiyatni o'z tajriba jurnalizingizga yozib oling.



Rasm.3: U chiqish kuchlanishining $T_4 - T_0^4$ funksiyasi sifatidagi grafigi.

Doiralar qizishdagi, uchburchaklar esa sovushdagи o'lchananqiyatlarga mos keladi.

Jadval 1. Qizish va sovushdagи o'lchanan qiyomatlar

$\frac{n}{^{\circ}C}$	$\frac{T}{K}$	$\frac{T^4 - T_0^4}{K^4}$	$\frac{U_{\uparrow}}{mV}$	$\frac{U_{\downarrow}}{mV}$
24	297	0	0	0
50	323	0.31	0.06	0.06
75	348	0.69	0.14	0.14
100	373	1.16	0.24	0.24
125	398	1.73	0.36	0.36
150	423	2.42	0.52	0.51
175	448	3.25	0.70	0.68
200	473	4.23	0.91	0.89
225	498	5.37	1.16	1.13
250	523	6.70	1.43	1.41
275	548	8.24	1.75	1.72
300	573	10.00	2.11	2.07
325	598	12.01	2.50	2.46
350	623	14.29	2.93	2.90
375	648	16.85	3.42	3.38
400	673	19.74	3.95	3.92
425	698	22.96	4.53	4.50
450	723	26.55	5.17	5.17

Mundarija.

LAB:1. Elektronning Solishtirma zaryadini aniqlash.....	4
LAB:2. Qutblanish tekisligini shakar eritmasi bilan burish	11
LAB:3. Maykelson interferometridan foydalanib geliy-neonli lazer yorug'ligining to'lqin uzunligini aniqlash.....	14
LAB:4. Oq yorug'likning dispersiyasi va rekombinasiyasi bo'yicha Nyuton tajribalari.....	17
LAB:5. <i>Stefan-Bolsman qonuni:</i> «qora jism» nurlanish intensivligining temperaturaga bog'liqligini o'lchash.....	20

Keys №1

Noan'anaviy elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun Quyosh energiyasidan va shamol energiyasidan foydalanish usullarini o'rganish vazifasi qo'yildi. Topshiriq olgach, kafedra mudiri talabalar oldiga quyidagi vazifalarni qo'ydi:

1. Guruhni boshqarish tuzilmasini ishlab chiqish va turli yo'naliishlar bo'yicha tadqiqotchilar guruhlari tuzish.

2. Ushbu sohadagi eng iqtidorli talabalardan tashabbuskor guruhcha tuzish hamda guruhcha faoliyatining maqsad va vazifalarini belgilab olish.

3. Tadqiqotlarning eng ilg'or usullari va ishni bajarish bosqichlarini aniqlash:

yuzaga kelgan vaziyatni o'rganish, mamlakat ichida va xorijda ushbu masala yuzasidan qilinayotgan ishlar bo'yicha ma'lumotlar toplash. Patent loyihalarini ishlab chiqish;

tadqiqotlarning ketma-ketlikdagi rejasini tasdiqlash;

noan'naviy elektr energiyasi modelini ishlab chiqish, uni tanqidiy muhokama qilish hamda bu modelning ilg'orligi va raqobatbardoshligi haqida yakuniy qaror chiqarish.

Keys №2

Nanotexnologiyalarni o'rganish guruhi rahbari kafedra mudiridan nanotexnologiyalarni o'rganish va ularni amaliyotda qo'llash bo'yicha vazifalar oldi.

Guruh a'zolari nanotexnologiyalar bilan an'anaviy texnologiyalarning farq qilishini hisobga olib, kafedra mudiri belgilagan vazifalarni aniq qilib oldi:

1. Guruhlar bo'limi boshqaruva tuzilmasini tasdiqlash va nanotexnologiyalarni o'rganish rejalarini ishlab chiqish.

2. An'naviy texnologiya tizimlarini o'rganish.

3. Nanotexnologiyaning bugungi kuni:

-Nanotexnologiya: birinchi qadamlar.

-Nanomotorlar dunyosidan yangilik.

-Nanotexnologiyalar nanomashinalar uchun yo'l solmoqda.

4. Nanotexnologiyaning ertangi kuni:

-Nanozarrachalar-qalloblar bilan kurashadi.

-Nanoyoqilg'i sinovlarga tayyor.

-Nanotexnologiya rak bilan kurashda yordamlashadi.

Keys №3

Kafedra mudiri guruh rahbariga elektr energiyasini ishlab chiqish, uzatish va taqsimlash masalalarini hal qilish vazifasini qo'ydi. Gurux o'ziga tegishli masalar yuzasidan o'z oldiga yuklama oldi va uning rejalarini ishlab chiqdi.

1.Elektr energiyasi ishlab chiqarish usullarini o'rganish.

2.Ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasini uzatish usullarini o'rganish va uning optimalgi variantlarini topish.

- 3.Uzatilgan elektr energiyalarini iste'molchilarga ishlatish quvvatlarini hisobga olib, effektiv taqsimlash.
- 4.Uzatilgan yuqori kuchlanishli elektr energiyalarini transformatorlar yordamida talab qilinayotgan isemolchilarga yetkazishning optimal variantlarini ishlab chiqish.
5. Yetkazib berilgan elektr energiyasini sarflashning tejamkor usullarini amalga oshirish.
- 6.Elektr energiyasini sarf qiladigan asbob-uskunalarni tejamkor uskunalarga almashtirish usullarini ishlab chiqish.

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

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

“Fizika” kafedrasи

“Fizika” Fanidan

**TALABALAR MUSTAQIL ISHINI
TASHKIL ETISH VA NAZORAT QILISH BO'YICHA
YO'RIQNOMA**

NAMANGAN- 2021

Talabalar mustaqil ishini tashkil etish va nazorat qilish bo'yicha YO'RIQNOMA

Kadrlar tayyorlash milliy dasturida chuqur nazariy va amaliy bilimlar bilan bir qatorda tanlagan sohasi bo'yicha mustaqil faoliyat ko'rsata oladigan, o'z bilimi va malakasini mustaqil ravishda oshirib boradigan, masalaga ijodiy yondoshgan holda muammoli vaziyatlarni to'g'ri aniqlab, tahlil qilib, sharoitga tez moslasha oladigan mutaxassisllarni tayyorlash asosiy vazifalardan biri sifatida belgilangan.

Ma'lumki, axborot va bilimlar doirasi tez sur'atlar bilan kengayib borayotgan hozirgi sharoitda barcha ma'lumotlarni faqat dars mashg'ulotlari paytida talabalarga yetkazish qiyin.

Tajribalar shuni ko'rsatadi, talaba mustaqil ravishda shug'ullansa va o'z ustida tinimsiz ishlasagina bilimlarni chuqur o'zlashtirishi mumkin. Talabalarning asosiy bilim, ko'nikma va malakalari mustaqil ta'lim jarayonidagina shakllanadi, mustaqil faoliyat ko'rsatish qobiliyati rivojlanadi va ularda ijodiy ishlashga qiziqish paydo bo'ladi.

SHuning uchun talabalarning mustaqil ta'lim olishlarini rejalashtirish, tashkil qilish va buning uchun barcha zaruriy shart-sharoitlarni yaratish, dars mashg'ulotlarida talabalarni o'qitish bilan bir qatorda ularni ko'proq o'qishga o'rgatish, bilim olish yo'llarini ko'rsatish, mustaqil ta'lim olish uchun yo'llanma berish oliy ta'lim muassasasining asosiy vazifalaridan biri hisoblanadi.

Talaba mustaqil ishi (TMI) - muayyan fandan o'quv dasturida belgilangan bilim, ko'nikma va malakaning ma'lum bir qismini talaba tomonidan fan o'qituvchisi maslahati va tavsiyalarini asosida auditoriya va auditoriyadan tashqarida o'zlashtirilishiga yo'naltirilgan tizimli faoliyatdir.

O'qishning boshlang'ich bosqichlarida TMIni tashkil etish bir qator vazifalar bilan bog'liq. Ayniqsa, birinchi kurs talabalarning ta'limning navbatdagi turi - oliy ta'lim talablarga ko'nikishi qiyin kechadi. CHunki ular ta'lim olish jarayonida o'z mustaqil faoliyatlarini tashkil qilishni deyarli bilishmaydi. Ma'lumotlarni qaysi manbadan, qanday qilib topish, ularni tahlil qilish va zarurlarini ajratib olib tartibga solish, konseptlashtirish, o'z fikrini aniq va yorqin ifodalash, o'z vaqtlarini to'g'ri taqsimlash, shuningdek, aqliy va jismoniy imkoniyatlarini to'g'ri baholash ular uchun katta muammo bo'ladi. Eng asosiysi, ular mustaqil ta'lim olishga ruhan tayyor bo'lishmaydi.

SHuning uchun har bir professor-o'qituvchi dastlab talabada o'z qobiliyati va aqliy imkoniyatlariga ishonch uyg'otishi, ularni sabr-toqat bilan, bosqichma-bosqich mustaqil bilim olishni to'g'ri tashkil qilishga o'rgatib borishi lozim bo'ladi. Talabalar tomonidan mustaqil ravishda o'zlashtiriladigan bilim va ko'nikmalarning kursdan-kursga murakkablashib, kengayib borishini hisobga olgan holda ularning tashabbuskorligi va

rolini oshirib borish zarur. SHunda mustaqil ta'limga ko'nika boshlagan talaba faqat o'qituvchi tomonidan belgilab berilgan ishlarni bajaribgina qolmay, o'zining ehtiyoji, qiziqishi va qobiliyatiga qarab, o'zi zarur deb hisoblagan qo'shimcha bilimlarni ham mustaqil ravishda tanlab o'zlashtirishga o'rganib boradi.

Talabalar mustaqil ishlarining shakli va hajmini belgilashda quyidagi jihatlar e'tiborga olinishi lozim:

- o'qish bosqichi;
- muayyan fanning o'ziga xos xususiyati va o'zlashtirishdagi qiyinchilik darajasi;
- talabaning qobiliyati hamda nazariy va amaliy tayyorgarlik darajasi (tayanch bilimi);
- fanning axborot manbalari bilan ta'minlanganlik darajasi;
- talabaning axborot manbalari bilan ishlay olish darajasi.

Mustaqil ish uchun beriladigan topshiriqlarning shakli va xajmi, qiyinchilik darajasi semestrdan-semestriga ko'nikmalar hosil bo'lismiga muvofiq ravishda o'zgarib, oshib borishi lozim. Ya'ni, talabalarning topshiriqlarni bajarishdagi mustaqilligi darajasini asta-sekin oshirib, ularni topshiriqlarni bajarishga tizimli va ijodiy yondashishga o'rgatib borish kerak bo'ladi.

TMIni tashkil etishda talabaning akademik o'zlashtirish darajasi va qobiliyatini hisobga olgan holda quyidagi shakllardan foydalanish mumkin:

- fanning ayrim mavzularini o'quv adabiyotlari yordamida mustaqil o'zlashtirish, o'quv manbalari bilan ishlash;
- amaliy, seminar va laboratoriya mashg'uotlariga tayyorgarlik ko'rib kelish;
- ma'lum mavzu bo'yicha referat tayyorlash;
- kurs ishi (loyihalari)ni bajarish;
- bitiruv malakaviy ishi va magistrlik dissertatsiyasi uchun materiallar to'plash;
- hisob-kitob va grafik ishlarini bajarish;
- maket, model va badiiy asarlar ustida ishlash;
- amaliyotdagi mayjud muammoning yechimini topish, test, munozarali savollar va topshiriqlar tayyorlash;
- ilmiy maqola, tezislar va ma'ruza tayyorlash;
- amaliy mazmundagi nostandard masalalarni yechish va ijodiy ishlash;
- uy vazifalarini bajarish va boshqalar;

Fan xususiyatidan kelib chiqqan holda talabalarga mustaqil ish uchun boshqa shakllardagi vazifalar ham topshirilishi mumkin. Talabalarga qaysi turdag'i topshiriqlarni berish lozimligi kafedra tomonidan belgilanadi. Topshiriqlar puxta o'ylab ishlab chiqilgan va ma'lum

maqsadga yo'naltirilgan bo'lib, talabalarning auditoriya mashg'ulotlarida olgan bilimlarini mustahkamlash, chuqurlashtirish, kengaytirish va to'ldirishga xizmat qilishi kerak.

Mavzuni mustaqil o'zlashtirish. Faning xususiyati, talabalarning bilim darajasi va qobiliyatiga qarab ishchi o'quv dasturiga kiritilgan alohida mavzular talabalarga mustaqil ravishda o'zlashtirish uchun topshiriladi. Bunda mavzuning asosiy mazmunini ifodalash va ohib berishga xizmat qiladigan tayanch iboralar, mavzuni tizimli bayon qilishga xizmat qiladigan savollarga e'tibor qaratish, asosiy adabiyotlar va axborot manbalarini ko'rsatish lozim.

Topshiriqni bajarish jarayonida talabalar mustaqil ravishda o'quv adabiyotlaridan foydalanib ushbu mavzuni konspektlashtiriladilar, tayanch iboralarning mohiyatini anglagan holda mavzuga taalluqli savollarga javob tayyorlaydilar. Zarur hollarda (o'zlashtirish qiyin bo'lsa, savollar paydo bo'lsa, adabiyotlar yetishmasa, mavzuni tizimli bayon eta olmasa va h.k.) o'qituvchidan maslahatlar oladilar.

Mustaqil o'zlashtirilgan mavzu bo'yicha tayyorlangan matn kafedrada himoya qilinadi.

Referat tayyorlash. Talabaga qiyinchilik darajasi uning shaxsiy imkoniyatlari, qobiliyati va bilim darajasiga muvofiq bo'lgan biror mavzu bo'yicha referat tayyorlash topshiriladi. Bunda talaba asosiy adabiyotlardan tashqari qo'shimcha adabiyotlardan (monografiyalar, ilmiy, uslubiy maqolalar, Internetdan olingan ma'lumotlar, elektron kutubxona materiallari va h.k.) foydalanib materiallar yig'adi, tahvil qiladi, tizimga soladi va mavzu bo'yicha imkon darajasida to'liq, keng ma'lumot berishga harakat qiladi. Zarur hollarda o'qituvchidan maslahat va ko'rsatmalar oladi.

Yakunlangan referat kafedrada ekspertlar ishtirokida himoya qilinadi.

Ko'rgazmali vositalar tayyorlash. Talabaga muayyan mavzuni bayon qilish va yaxshiroq o'zlashtirish uchun yordam beradigan ko'rgazmali materiallar (jadvallar, chizmalar, rasmlar, xaritalar, maketlar, modellar, grafiklar, namunalar, musiqiy asar, kichik badiiy asar va h.k.) tayyorlash topshiriladi. Mavzu o'qituvchi tomonidan aniqlanib, talabaga ma'lum ko'rsatmalar, yo'l-yo'riqlar beriladi. Ko'rgazmali vositalarning miqdori, shakli va mazmuni talaba tomonidan mustaqil tanlanadi. Bunday vazifani bir mavzu bo'yicha bir necha talabaga topshirish ham mumkin.

Talaba ko'rgazmali materiallardan foydalanish bo'yicha yozma ravishda tavsiyalar tayyorlaydi va kafedrada himoya qiladi.

Mavzu bo'yicha testlar, munozarali savollar va topshiriqlar tayyorlash. Talabaga muayyan mavzu bo'yicha testlar, qiyinchilik darajasi har xil bo'lgan masalalar va topshiriqlar, munozaraga asos bo'ladigan savollar tuzish topshiriladi.

Bunda o'qituvchi tomonidan talabaga testga qo'yiladigan talablar va uni tuzish qonun-qoidalari, qanday maqsad ko'zda tutilayotganligi, muammoli savollar tuzishda mavzuning munozarali momentlarini qanday ajratish lozimligi, topshiriqlarni tuzish usullari bo'yicha yo'l-yo'riq beriladi. Konsul'tatsiya paytlarida bajarilgan ishlarning qo'yilgan vazifa va talablarga javob berish darajasi nazorat qilinadi (qayta ishlab kelish, aniqlashtirish yoki to'ldirish taklif etilishi mumkin).

Test, savol va topshiriqlar majmuasi kafedrada eskpertlar ishtirokida himoya qilinadi.

Ilmiy maqola, tezislar va ma'ruzalar tayyorlash. Talabaga biron bir mavzu bo'yicha (mavzuni talabaning o'zi tanlashi ham mumkin) ilmiy (referativ) harakterda maqola, tezis yoki ma'ruba tayyorlash topshirilishi mumkin. Bunda talaba o'quv adabiyotlari, ilmiy-tadqiqot ishlari, dissertatsiyalar, maqola va monografiyalar hamda boshqa axborot manbalaridan mavzuga tegishli materiallar to'playdi, tahlil qiladi, zarurlarini ajratib olib, tartibga soladi, shaxsiy tajribasi va bilimi, ilmiy natijalariga asoslangan holda qo'shimchalar, izohlar kiritadi, o'z nuqtai-nazarini bayon etadi va asoslaydi. Bunda talaba o'qituvchi bilan hamkorlikda ishlaydi.

Tayyorlangan maqola, tezis yoki ma'ruba kafedrada himoya qilinadi.

Amaliy mazmundagi nostandard masalalarni yechish va ijodiy ishlash. Bir mavzu yoki bo'lim bo'yicha nostandard, alohida yondashish talab qilinadigan, nazariy ahamiyatga ega bo'lgan amaliy topshiriqlar, ijodiy yondashish talab qilinadigan ilmiy-ijodiy vazifalar, modellar, makettlar, namunalar yaratish vazifasi toyshirilishi mumkin. Amaliy topshiriqlar masalani hal qilishning optimal variantlarini izlashga va topishga qaratilgan bo'lishi kerak.

Talabaning qiziqish va qobiliyatiga qarab, unga ilmiy harakterdagi topshiriqlar berish, o'qituvchi bilan hamkorlikda ilmiy maqolalar tayyorlash va chop ettirish mumkin.

Talabalar mustaqil ishini samarali tashkil etishda:

tizimli yondoshish;
barcha bosqichlarini muvofiqlashtirish va uzviylashtirish;
bajarilishi ustidan qat'iy nazorat o'rnatish;
tashkil etish va nazorat qilish mexanizmlarini takomillashtirib borish zarur.

Mustaqil ish topshiriqlari muvaffaqiyatli yakunlanishi uchun quyidagi talablar bajarilishi lozim:

maqsad (bilimni mustahkamlash, yangi bilimlarni o'zlashtirish, ijodiy faollikni oshirish, amaliy ko'nikma va malakalarni shakllanirish va h.k.), aniq asoslanishi;
vazifa va topshiriqlarning aniq-ravshan belgilanishi;
topshiriqlarni bajarish algoritmi va metodlaridan talabalarning yetarli darajada xabardor bo'lishi;

maslahat va boshqa yordam turlarining to'g'ri belgilanishi (yo'llanma va ko'rsatma berish, mavzuning mazmuni va mohiyatini tushuntirish, muammoli topshiriqlarni bajarish usullari bo'yicha tushuncha berish, ayrim muammoli momentlarni birgaliqda hal qilish va x.k.);

hisobot shakli va baholash mezonini aniq belgilash;

nazorat vaqtin, shakli va turlarini aniq belgilab olish (amaliy seminar, laboratoriya mashg'ulotlari, konsul'tatsiya uchun yoki nazorat uchun maxsus ajratilgan vaqt; ma'ruba yo referat matni, bajarilgan topshiriqlar daftari, nazorat ishlari, uy vazifasi daftari, kurs ishlari, test, maqola, nostandard topshiriqlar, savollar, maqola, ko'rgazmali jihozlar va ijodiy ishlar;

savol-javob, bajarilgan ish mazmuni va mohiyatini tushuntirib berish, yozma shaklda bayon qilish va h.k.).

Talabalar mustaqil ishini shartli ravishda ikkiga ajratish mumkin:

auditoriyada amalga oshiriladigan TMIlari. O'tilgan mavzuni qayta ishslash, kengaytirish va mustaxkamlashga oid topshiriqlar bajariladi;

auditoriyadan tashqarida amalga oshiriladigan TMIlari. O'quv dasturidagi ayrim mavzularni mustaqil holda o'zlashtirish, uyga berilgan vazifalarni bajarish, amaliy va laborotoriya ishlariga tayyorgarlik ko'rib kelish, ijodiy va ilmiy-tadqiqot harakteridagi ishlar va h.k.

Birinchi tur ishlari talabalarning nazariy va amaliy bilimlarini o'zlashtirib borish darajasi, amaliy mashg'ulotlarga (amaliyat, laboratoriya, seminar darslari) tayyorgarlik saviyasi va uy vazifalarining bajarilish sifatini tekshirish maqsadida, odatda, nazorat ishlari olish, savol-javob, suhbat, munozara, amaliy topppfiqlarni bajartirib ko'rish va x.k. usullarda asosan amaliyat darslarida nazorat (joriy nazorat) qilinadi.

Joriy nazoratda talabaning dars paytida o'tilgan materiallarni o'zlashtirish va uyga berilgan topshiriqlarni bajarishdagi faolligi, bajarish saviyasi va o'zlashtirish darajasi e'tiborga olinadi.

Ikkinci tur ishlari fanning ishchi o'quv dasturida auditoriyadan tashqarida o'zlashtirilishi belgilangan mavzu bo'yicha ma'lumot va axborotlarni mustaqil ravishda izlab topish, tahlil qilish, konseptlashtirish (yoki referat tarzida rasmiylashtirish) va o'zlashtirish, ijodiy yondashishni talab qiladigan amaliy topshiriqlarni bajarish ko'rinishida amalga oshiriladi. Bu turdag'i ishlarni bajarish jarayoni va o'zlashtirish sifatining nazorati darsdan tashqari paytlarda, maxsus belgalangan konsul'tatsiya soatlarida amalga oshiriladi.

Talabalar mustaqil ishini baholash. TMI natijalari amaldagi «Institutda talabalar bilimini nazorat qilish baholashning reyting tizimini to'g'risidagi Nizom» ga asosan baholab boriladi.

Talabalar mustaqil ta'limining mazmuni va hajmi

MUSTAQIL TA'LIM MAVZULARI

Nº	Mustaqil ta'lism mavzulari	Berilgan topshiriq	muddat	xajmi
1-semestr				
1	Tabiatda inersiya kuchlari	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	1,2,3 - haftalar	10
2	0'zgaruvchan massali jismning harakati	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4,5 – haftalar	10
3	Uch fazaviy o'tishlar.	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	6,7 – haftalar	10
4	Noinersial sanoq tizimlari	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	8,9 – haftalar	10
5	Nisbiylik nazariyasi elementlari	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	10,11 – haftalar	10
6	Kepler qonunlari	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	12,13 – haftalar	10
7	Plazma va uning xossalari	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	14,15 – haftalar	10
8	Vakuumda elektr toki	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	16,17 – haftalar	10
2-semestr				
9	Termoelektron emissiya	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	1,2,3, – haftalar	10
10	Xoll effekti	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4,5,6 – haftalar	10
11	Transformatorlar va ularning qo'llanishi	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	7,8,9 – haftalar	12
12	Interferometrlar va ularning ishlash prinsipi	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	10,11,12- haftalar	12
13	Gers vibratorlari	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	13,14,15 – haftalar	12
14	0'ta o'tkazuvchanlik va uning kvantomexanik talqini	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	16,17,18 – haftalar	12

15	Kontakt hodisalar	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	19,20 – haftalar	12
16	Yarim o‘tkazgich - yarim o‘tkazgich kontakti	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	1,2,3, – haftalar	12
17	Dia -, para - va ferromagnetizm tabiatи	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4,5,6 – haftalar	12
18	Optik pirometrlar	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	7,8,9 – haftalar	12
19	Elektronlar difraksiyasi	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	10,11,12- haftalar	12
20	Etalon o‘Mchov birliklari haqida tushincha (vaqt, modda, temperatura, yorug‘lik kuchi, tok kuchi)	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	13,14,15 – haftalar	12
21	Gografiya prinsipi va uning qo‘Mlanilishi	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	16,17,18 – haftalar	12
22	Qattiq jismarda diffuziya hodisalari	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	19,20 – haftalar	12
23	Yuqori chastotali signallarni uzatish usullari	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	1,2,3, – haftalar	12
24	To‘lqin o‘tkazgichlar (volnovodlar).	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4,5,6 – haftalar	12
25	Yupqa qatlamlarning tuzilishi va xossalari	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	1,2,3, – haftalar	12
26	Kvantli o‘ralar va ularning xususiyatlari	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4,5,6 – haftalar	12
27	NanooMchamli klasterlar va kristallar. Nanotexnologiya	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	7,8,9 – haftalar	12
28	Nanoelektronika va uning materiallari	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	10,11,12- haftalar	12
29	Spinli elektronika va uning elementlari	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	13,14,15 – haftalar	12
30	Suyuq kristallar va ularning xususiyatlari	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	16,17,18 – haftalar	12
31	Katta adron kollayderi va uning ishlash prinsipi	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	19,20 – haftalar	12

32	Quyosh fotoelektrik elementlari va modullari	Adabiyotlardan konsept qilish. Individual topshirqlarni bajarish	1,2,3, – haftalar	12
3-semestr				

III. GLOSSARIY

Atamaning o'zbek tilida nomlanishi	Atamaning ingliz tilida nomlanishi	Atamaning rus tilida nomlanishi	Atamaning ma'nosi
Moddiy nuqta	Material particle	Материальная точка	Berilgan masala shartlarida uning o'chamlari xisobga olinmasa bo'ladijan jism.
Sanoq sistemasi	Force system	Система единиц	sanoq jismi, uning bilan bog'lik bo'lgan koordinatalar sistemasi va sinxronlashgan soatlar uyushmasi.
Xarakat	Driving time	Движение	berilgan jismning fazodagi vaziyatining vaqt o'tishi bilan boshqa jismlarga nisbatan o'zgarishi
Vaqt	Time	Время	xodisalarining ketma – ket o'zgarish tartibini ifodalaydigan fizik kattalik.
Traektoriya	Trajectory	Траектория	Moddiy nuqtaning fazodagi harakati davomidagi qoldirgan izi.
Ko'chish	Movement	Перемещение	jismning boshlangich vaziyati va oxirgi vaziyatini tutashtiruvchi to'g'ri chiziq kesmasi.
Tezlanish vektori	acceleration vector	Вектор ускорения	tezlik vektorining vaqt buyicha o'zgarish tezligi
Radius – vektor	Radius vector	Вектор радиуса	qandaydir tanlangan sanoq sistemaning qo'zg'almas nuqtasi bilan moddiy nuqtani bog'lovchi vektor.
Erkin tushish	Free fall	Свободное падение	faqat Yerning tortish kuchi ta'siridagi xarakat
Inertsial sanoq tizimi	System of inertial	Система	sanoq sistemasida

	units	инерциальных единиц	barcha erkin jismlar to'g'ri chiziqli va tekis xarakat qiladigan tizim.
--	-------	---------------------	---

Atamaning o'zbek tilida nomlanishi	Atamaning ingliz tilida nomlanishi	Atamaning rus tilida nomlanishi	Atamaning ma'nosiu
Kuch	Force	Сила	Jismning harakati yoki shaklini o'zgartiruvchi kattalik
Jismning impulsi	Body impulse	Импульс тела	Jism massasining tezligiga ko'paytmasi
Kuch impulsi	Impulse force	Сила импульса	Kuchning kuch ta'sir etib turgan vaqtga ko'paytmasi
Og'irlilik kuchi	Gravitational force	Сила тяжести	Jismni yerga tortuvchi kuch
Yuklanish	Overload	Перегруз	Tezlanish tufayli harakatlanishi tufayli jism og'irligining ortishi
Elastiklik kuchi	Elasticity force	Сила эластичности	Jismlarning deformatsiyalanishida paydo bo'ladigan va jism zarrachalarining ko'chishi yo'nalishiga qarama-qarshi tomonga yo'nalgan kuch
Mexanik kuchlanish	Mechanical napryadeniye	Механическая напряжение	Sterjenning bir birlik kesim yuziga tik ravishda ta'sir qiluvchi kuch
Vaqt	Time	Время	Hodisalarining ketma – ket o'zgarish tartibini ifodalaydigan fizik kattalik.
Jismning solishtirma og'irligi	Specific weight of a body	Удельное тяжесть тела	Hajm birligiga mos kelgan og'irlik
Ichki kuchlar	Internal force	Внутренние силы	Tizimdagagi jismlarning o'zaro ta'sir kuchlari.
Atamaning o'zbek tilida nomlanishi	Atamaning ingliz tilida nomlanishi	Atamaning rus tilida nomlanishi	Atamaning ma'nosiu
Energiya	Energy	Энергия	Jismning ish bajarish qobiliyati.
Kinetik energiya	Kinetic energy	Кинетическая энергия	Jismning xarakati va tezligi tufayli olgan energiya .
Potensial energiya	Potential energy	Потенциальная	Jismlarning vaziyati

		энергия	tufayli olgan energiyasi
Mexanik quvvat	Mechanical power	Механическая мощность	Vaqt birligi ichida bajarilgan ish
Ish	Operation	Работа	Kuch bilan kuch ta'sir yo'nalishida jism bosib o'tgan yo'l ko'paytmasi
Elastiklik kuchi	Elasticity force	Сила эластичности	Jismlarning deformatsiyalanishida paydo bo'ladigan va jism zarrachalarining ko'chishi yo'nalishiga qaramaqarshi tomonga yo'nalgan kuch
Energiyaning dissipatsiyasi	Disstipation of energy	Дисстпация энергии	Energiyaning kamayishi yoki sarflanishi.
To'la mexanik energiya	Total mechanical energy	Полная механическая энергия	Kinetik va potensial energiyalarning yig'indisi.
Energiyaning saqlanishi	Conservation of energy	Сохранения энергии	Yopiq sistemadagi jismlarning to'liq mexanik energiyasi hech qachon bordan yo'q bo'lmaydi yo'qdan bor bo'lmaydi .Faqat bir turdan boshqa turga aylanadi.

Atamaning o'zbek tilida nomlanishi	Atamaning ingliz tilida nomlanishi	Atamaning rus tilida nomlanishi	Atamaning ma'nosin
Energiya	Energy	Энергия	Jismning ish bajarish qobiliyati.
Kinetik energiya	Kinetic energy	Кинетическая энергия	Jismning xarakati va tezligi tufayli olgan energiya .
Potensial energiya	Potential energy	Потенциальная энергия	Jismlarning vaziyati tufayli olgan energiyasi
Mexanik quvvat	Mechanical power	Механическая мощность	Vaqt birligi ichida bajarilgan ish
Ish	Operation	Работа	Kuch bilan kuch ta'sir yo'nalishida jism bosib o'tgan yo'l ko'paytmasi
Elastiklik kuchi	Elasticity force	Сила эластичности	Jismlarning deformatsiyalanishida paydo bo'ladigan va jism zarrachalarining ko'chishi yo'nalishiga qaramaqarshi tomonga yo'nalgan kuch
Atamaning o'zbek tilida	Atamaning ingliz tilida	Atamaning rus tilida nomlanishi	Atamaning ma'nosin

nomlanishi	nomlanishi		
Berk sistema	The closed system	Закрытая система	Tashqi muhit bilan ta'sirlashmaydigan sistema
Moddiy nuqtalar sistemasining impulsi	System of an impulse of a material point	Система импульса материальной точки	Sistema massasi bilan sistema massa markazi tezligining ko'paytmasi
Ichki kuchlar	Internal force	Внутренние силы	sistemani tashkil etuvchi moddiy nuqtalar orasidagi ta'sir etuvchi kuchlar
Tashqi kuchlar	External force	Внешние силы	Sistemaga taalluqli bo'lmagan jismlar tomonidan sistemadagi jismlarga ta'sir etuvchi kuchlar
Massa	Mass	Масса	Jismning inersiya o'lchovidir
Moddiy nuqtalar sistemasining massa markazi	System of a material point of the center of weight	Система материальной точки центра массы	$\mathbf{r}_{mm} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \mathbf{r}_i}{m_c}$
Massa markazining tezligi	Speed center of weight	Скорость центра массы	$v_{mm} = \frac{dr_{mm}}{dt} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \frac{dr_i}{dt}}{m_c} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i v_i}{m_c}$
Moddiy nuqtalar sistemasining massasi	System of a material point of weight	Система материальной точки массы	Shu sistemaga kiruvchi barcha moddiy nuqtalar massalarining yig'indisiga teng, ya'ni: $m_c = \sum_{i=1}^n m_i$

Atamaning o'zbek tilida nomlanishi	Atamaning ingliz tilida nomlanishi	Atamaning rus tilida nomlanishi	Atamaning ma'nosi
Uyurmali elektr maydoni	Вихревое электрическое поле	The vortex electric field	Bunday elektr maydonning kuch chiziqlari biror zaryaddan boshla-nib, boshqasida tugamaydi. Ya'ni xuddi magnit maydon kuch chi-zizqlari kabi ularning boshlanish va tugash joylari yo'q.
Uyurmali toklar	Вихревые токи	Eddy currents	Bu toklar qalin o'tkazgichlar ichida yopiq xarakterga ega bo'lgani uchun ham ularga uyurmali toklar deyiladi
Siljish toki	Ток смешения	Bias current	O'zgaruvchan elektr maydonning magnit ta'sirini miqdor jihatdan harakterlaydigan kattalik
Maksvell siljish	Плотность смешения	Maxwell	Fazoning berilgan

tokining zichligi	тока Максвелла	displacement Current density	nuqtasidagi siljish tokining zichligi shu nuqtadagi elektr siljish vektorning o'zgarish tezligi bilan harakterlanadi
Magnitoelektr hodisasi	Магнитоэлектрическое явление	Magneto-electric effect	Fazoning biror sohasidagi elektr maydonning har qanday o'zgarishi tufayli fazoning shu sohasidagi induksion magnit maydonning vujudga kelish hodisasi
To'liq tok	Полный ток	Total current	To'liq tok doimo berkdir.O'tkazuvchanlik toki uzilgan nuqtadan siljish toki uni davom ettirib, kuch chiziqlarini berk holiga olib keladi
Maksvelning integral tenglamasi	Интегральное уравнение Максвелла	Integral Equation Maxwell	U elektr tokining manbasi nafaqat elektr zaryadi balki vaqt bo'yicha o'zgaruvchi magnit maydonlari ham bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi

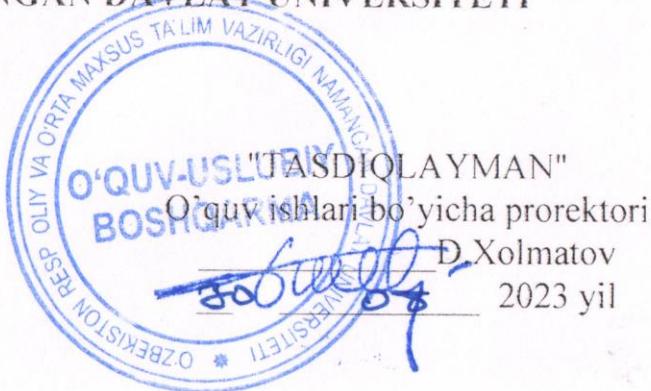
Atamaning o'zbek tilida nomlanishi	Atamaning ingliz tilida nomlanishi	Atamaning rus tilida nomlanishi	Atamaning ma'nosi
Fotometriya	Фотометрия	Photometry	Optikaning yorug'likning energetik xarakteristikalarini o'rganuvchi bo'limi
Nuqtaviy manba	Точечный источник	Point source	Xususiy o'lchamlari chiqarayotgan yorug'ligining ta'siri o'rganilayotgan joygacha bo'lgan masofaga nisbatan e'tiborga olinmaydigan darajada kichik bo'lgan yorug'lik manbayi
Nurlanish oqimi	Световой поток	Light flow	Nurlanish quvvatiga, ya'ni vaqt birligidagi nurlanish energiyasiga aytildi
Yorug'lik kuchi	Сила света	The power of light	Yorug'lik manbayidan fazoviy burchak bo'ylab tarqalayotgan yorug'lik oqimining shu fazoviy

			burchakka nisbati
Luks	Люкс	Luxury	1 lm yorug'lik oqimining 1 m^2 yuzada tekis taqsimlanganda hosil qiladigan yoritilganligi
Geometrik optika	Геометрическая оптика	Geometrical optics	Optikaning yorug'lik nurlari haqidagi tasavvurlar asosida optik nurlanish (yorug'lik)ning tarqalish qonuniyatlarini o'rganadigan bo'limi
Yorug'likning sinishi	Преломления света	Refraction of light	Bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tgan nurning o'z yo'nalishini o'zgartirishiga yorug'likni sinishi deyiladi.
Muhitning absolut sindirish ko'rsatkichi	Абсолютный показатель преломления среды	The absolute refractive index of the medium	Muhitning absolut sindirish ko'rsatkichi deb, uning vakuumga nisbatan olingen sindirish ko'rsatkichiga aytildi. U yorug'likning bo'shliqdagi tezligi c ning shu muhitdagi tezligi v ga nisbati.

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

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLİY TA'LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI



FIZIKA FANINING

SILLABUSI

1- kurs uchun

Bilim sohasi:

1000000 – Xizmatlar

Ta'lif sohasi:

1020 000 – Gigiena va ishlab chiqarishda
mexnat muxofazasi

Ta'lif yo'nalishi:

61020100 – Hayot faoliyat xavfsizligi

Namangan-2023

Fan/modlu' kodi FIZ11210	O'quv yili 2023-2024	Semestr 1-2	EKTS-Kreditlar 10
Fan/modul' turi <u>Majburiy</u>		Ta'lim tili <u>O'zbek</u>	
Fanning nomi	Auditoriya mashg'ulotlari (soat)	Mustaqil ta'lim (soat)	Jami yuklama (soat)
	I-semeestr Fizika	60	90
	I I-semeestr Fizika	60	90
	Jami:	120	180
I.Fanning mazmuni:			
<p>Fizika fanini o'qitishdan maqsad - talabalarni umumiy fizika kursiga oid qonuniyatlarni o'rganish va kasbiy xususiyatlarini inobata olgan xolda ularni amaliyotda o'ullahshtirish orkali tadbikiy masalalarini o'rganishdan va amaliyotda tatbik etish ko'nikmasini xosil qilishdan iborat. u fan boshqa tabiiy fanlarning nazariy asosi bilan uzviy bog'liq bo'lib, o'z rivojida aniq yunalishdagi tabiiy fanlar uchun zamin bo'lib xizmat qiladi.</p> <p>Fizika fanining vazifasi - talabalarda fizikani o'qitishda tabiatdagi fizik va biologik jarayonlarni o'zaro bogliqligi va xayotga ta'sirini o'rganishdan, ilmiy-amaliy dunyoqarashni, ya'ni fizikaviy xodisalarining tabiatini to'g'ri tasavvur qilish, tabiiy fanlar soxasida qo'uyilgan xar bir aniq vazifalar mazmunini umumiy fizika qonunlari bilan bog'lash, kasbiy xususiyatlariga oid asosiy fizikaviy o'lchov asbob uskunalaridan foydalana bilish ko'nikma va malakalarni xosil qilish xamda talabalarning mustaqil ishslash malakasini, taxliliy muloxaza yuritish qobiliyatini, shuningdek asosiy va qushimcha adabiyotlardan foydalanish maxoratini o'stirish.</p>			
II. Asosiy nazariy qism (ma'ruza mashg'ulotlari)			
II.1. Fan tarkibiga quyidgi mavzular kiradi			

1-mavzu.

Fanni o'rganishdagi muammolar. Uslubiy ko`rsatmalar. Fanlar aro bog'lanish. Fizika fanini tabiiy fanlarni o'rganishdagi roli. Moddiy nuqta kinematikasi. Ilgarilanma va aylanma xarakatda tezlik va tezlanish.

2-mavzu.

Moddiy nuqta dinamikasi. Mexaniqada kuchlar. Nyuton qonunlari. Impuls. Impulsning saqlanish qonuni. Kuchlarning potensial maydoni. Kuchlarning ishi. Kinetic va potensial energiya.

3-mavzu.

Abdolyut elastik va noelastik urilishlar.

4-mavzu.

Mutloq qattiq jismning ilgarilanma va aylanma harakati. Massalar markazi. Qattiq jismning inertsiya momenti.

5-mavzu.

Qo`zg`almas o`q atrofida qattiq jismning aylanma harakati.

6-mavzu.

Tebranishlar. Garmonik otsilyator. Erkin tebranishlar tenglamasi. Matematik va fizik mayatnik. Garmonik otsilyator energiyasi. Fur'be teoremasi to'g'risida tushuncha. So'nuvchi va majburiy tebranishlar. Rezonans.

7-mavzu.

To'lqinlar. To'lqinning elastik muxitda tarqalishi. Turg'un to'lqinlar. Yugurma to`lqin tenglamasi. Tovush tebranishlari va ularning tarqalishi.

8-mavzu.

Gazlarning molekulyar-kinetik nazariyasi. Ideal gaz modeli. Gazlar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi. Absolyut temperatura. Ideal gaz xolat tenglamasi. Gaz qonunlari. Real gazning holat tenglamasi.

9-mavzu.

Termodinamika qonunlari. Adiabatik jarayon. Politropik jarayonlar. Entropiya. Entropiyaning xossalari. Nernst teoremasi. Entropiya va extimollik. Ideal gaz entropiyasi.

10-mavzu.

Qattiq jism. Kristallardagi atomlarning bog'lanshi turlari. Kristallardagi atomlararo bog'lanish turlari. Kristallardagi atomlarning issiqlik tebranishlari. Suyuqliklarning tuzilishi. Suyuqlikning egrilik sirti ostidagi bosim. Suyuqlik bilan qattiq jismning yondoshish chegarasida bo'ladigan xodisalar. Fazoviy muvozanat va aylanishlar. Bug'lanish kondensatsiya va erish, kristallanish. Klapeyron – Klazius tenglamasi.

11-mavzu.

Elektr va magnetizm. Elektr zaryadi, zaryadlarni saqlanish qonuni, Kulon qonuni, zaryadlarning bo'shliqdagi elektr maydoni. Elektr maydon kuchlanganligi. Superpozitsiya printsipi. Gauss teoremasi.

12-mavzu.

Elektrostatik maydon kuchlarining ishi. Potentsial. Elektr sig'im.

Kondensator. Elektr maydon energiyasi.

13-mavzu.

Dielektriklarda elektr maydoni. Dielektrik singdiruvchanlik. Dielektrik qutblanish. Pezoelektrik va segnolektriklar xaqida tushuncha.

14-mavzu.

O'zgarmas elektr toki qonunlari. O'zgarmas tokning ishi va quvvati. Joul – Lents qonuni.

15-mavzu.

Tarmoqlangan zanjirlar Kirxgof qoidalari. Turli muxitlarda elektr toki. Metallardagi tok tashuvchilarning tabiat. Metallarning elementar klassik va kvant nazariyasi asoslari.

2-semestr

16-mavzu.

Elektrolitlarda elektr toki. Elektroliz. Faraday qonunlari. Elektrolitik o'tkazuvchanlik.

17-mavzu.

Gazlarda elektr toki. Gaz razryadining turlari.

18-mavzu.

Metallar yarimo'tkazgichlar va elektrolitlarda elektr o'tkazuvchanlikning xaroratga bog'likligi. O'ta o'tkazuvchanlik to`g`risida tushuncha. Electron mikroskopning tuzilishi.

19-mavzu.

Toklarning bo'shliqdagi magnit maydoni. Tok elementlarining o'zaro ta'siri. Magnit dipol momenti.

20-mavzu.

Muhitning magnit singdiruvchanligi. Dia-, para-, ferromagnetizm. Magnit maydon oqimi.

21-mavzu.

Elektr va magnit maydonlarning o'zaro aylanishi. Uyurmaviy elektr maydoni, fuko toklari. Elektr konturidagi tebranishlar.

22-mavzu.

O'zgaruvchan tok. O'zgaruvchan tok zanjiridagi sig`im va induktivlik.

23-mavzu.

Elektromagnit to'lqinlar shkalasi. Yorug`likni tavsiflovchi kattaliklar va ularning birliklari. Yorug`lik interferensiyasi.

24-mavzu.

Yorug`lik difraksiyasi. Gyugens-Frenel prinsipi. Difraksion panjara. Rentgen nurlarining difraksiyasi.

25-mavzu.

Yorug`likning qutblanishi. Yorug`likning qaytishda va sinishda qutblanishi. Yorug`likning yutilishi va dispersiyasi. Buger qonuni. Dispersiyaning elementar

nazariyasi.

26-mavzu.

Atom va molekulalarning kvant mexaniqasi. Moddalarning issiqlik nurlanishi.

27-mavzu.

Atom fizikasi. Rezerford tajribalari. Bor nazariyasi. Lazerlar va ularning ishslash prinsipi.

28-mavzu.

Bor postulatlari. Frank va gerts tajribalari. Vodorod atomining Bor nazariyasi.

29-mavzu.

Elementar zarralarning xozirgi zamon tizimi. Elementar zarralarning o`zaro ta`sir turlari. Atom yadrosining tarkibi. Yadrodagi nuklonlarning o`zaro ta`siri.

30-mavzu.

Tabiiy va sun`iy radioaktivlik. Eng sodda yadro reaksiyalari. Yadrolarning bo`linishi, Yadro reaksiyalar.

II.2. Ma’ruza mavzularini taqsimlanishi		
№	Mavzular	Soati
<i>I-semestr</i>		
1	Fanni o’rganishdagi muammolar. Uslubiy ko`rsatmalar. Fanlar aro bog’lanish. Fizika fanini tabiiy fanlarni o’rganishdagi roli. Moddiy nuqta kinematikasi. Ilgarilanma va aylanma xarakatda tezlik va tezlanish.	2
2	Moddiy nuqta dinamikasi. Mexanikada kuchlar. Nyuton qonunlari. Impuls. Impulsning saqlanish qonuni. Kuchlarning potensial maydoni. Kuchlarning ishi. Kinetic va potensial energiya.	2
3	Abdolyut elastik va noelastik urilishlar.	2
4	Mutloq qattiq jismning ilgarilanma va aylanma harakati. Massalar markazi. Qattiq jismning inertsiya momenti.	2
5	Qo`zg`almas o`q atrofida qattiq jismning aylanma harakati.	2
6	Tebranishlar. Garmonik otsilyator. Erkin tebranishlar tenglamasi. Matematik va fizik mayatnik. Garmonik ostsilyator energiyasi. Furъe teoremasi to’g’risida tushuncha. So’nuvchi va majburiy tebranishlar. Rezonans.	2
7	To’lqinlar. To’lqinning elastik muxitda tarqalishi. Turg’un to’lqinlar. Yugurma to’lqin tenglamasi. Tovush tebranishlari va ularning tarqalishi.	2
8	Gazlarning molekulyar-kinetik nazariyasi. Ideal gaz modeli. Gazlar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi. Absolyut	2

	temperatura. Ideal gaz xolat tenglamasi. Gaz qonunlari. Real gazning holat tenglamasi.	
9	Termodinamika qonunlari. Adiabatik jarayon. Politropik jarayonlar. Entropiya. Entropiyaning xossalari. Nernst teoremasi. Entropiya va extimollik. Ideal gaz entropiyasi.	2
10	Qattiq jism. Kristallardagi atomlarning bog'lanshi turlari. Kristallardagi atomlararo bog'lanish turlari. Kristallardagi atomlarning issiqlik tebranishlari. . Suyuqliklarning tuzilishi. Suyuqlikning egrilik sirti ostidagi bosim. Suyuqlik bilan qattiq jismning yondoshish chegarasida bo'ladigan xodisalar. Fazoviy muvozanat va aylanishlar. Bug'lanish kondensatsiya va erish, kristallanish. Klapeyron – Clazius tenglamasi.	2
11	Elektr va magnetizm. Elektr zaryadi, zaryadlarni saqlanish qonuni, Kulon qonuni, zaryadlarning bo'shliqdagi elektr maydoni. Elektr maydon kuchlanganligi. Superpozitsiya printsipi. Gauss teoremasi.	2
12	Elektrostatik maydon kuchlarining ishi. Potentsial. Elektr sig'im. Kondensator. Elektr maydon energiyasi.	2
13	Dielektriklarda elektr maydoni. Dielektrik singdiruvchanlik. Dielektrik qutblanish. Pezolelektrik va segnolelektriklar xaqida tushuncha.	2
14	O'zgarmas elektr toki qonunlari. O'zgarmas tokning ishi va quvvati. Joul – Lens qonuni.	2
15	Tarmoqlangan zanjirlar Kirxgof qoidalari. Turli muxitlarda elektr toki. Metallardagi tok tashuvchilarning tabiat. Metallarning elementar klassik va kvant nazariyasi asoslari.	2
Jami:		30
2-semestr		
16	Elektrolitlarda elektr toki. Elektroliz. Faraday qonunlari. Elektrolitik o'tkazuvchanlik.	2
17	Gazlarda elektr toki. Gaz razryadining turlari.	2
18	Metallar yarimo'tkazgichlar va elektrolitlarda elektr	2

	o'tkazuvchanlikning xaroratga bog'likligi. O`ta o'tkazuvchanlik to`g`risida tushuncha. Electron mikroskopning tuzilishi.	
19	Toklarning bo'shliqdagi magnit maydoni. Tok elementlarining o'zaro ta'siri. Magnit dipol momenti.	2
20	Muhitning magnit singdiruvchanligi. Dia-, para-, ferromagnetizm. Magnit maydon oqimi.	2
21	Elektr va magnit maydonlarning o'zaro aylanishi. Uyurmaviy elektr maydoni, fuko toklari. Elektr konturidagi tebranishlar.	2
22	O`zgaruvchan tok. O`zgaruvchan tok zanjiridagi sig`im va induktivlik.	2
23	Elektromagnit to`lqinlar shkalasi. Yorug`likni tavsiflovchi kattaliklar va ularning birliklari. Yorug`lik interferensiyasi.	2
24	Yorug`lik difraksiyasi. Gyugens-Frenel prinsipi. Difraksion panjara. Rentgen nurlarining difraksiyasi.	2
25	Yorug`likning qutblanishi. Yorug`likning qaytishda va sinishda qutblanishi. Yorug`likning yutilishi va dispersiyasi. Buger qonuni. Dispersyaning elementar nazariyasi.	2
26	Atom va molekulalarning kvant mexanikasi. Moddalarning issiqlik nurlanishi.	2
27	Atom fizikasi. Rezerford tajribalari. Bor nazariyasi. Lazerlar va ularning ishslash prinsipi.	2
28	Bor postulatlari. Frank va gerts tajribalari. Vodorod atomining Bor nazariyasi.	2
29	Elementar zarralarning xozirgi zamon tizimi. Elementar zarralarning o'zaro ta`sir turlari. Atom yadrosining tarkibi. Yadrodagi nuklonlarning o'zaro ta`siri.	2
30	Tabiiy va sun`iy radioaktivlik. Eng sodda yadro reaksiyalari. Yadrolarning bo`linishi, yadro reaksiyalar.	2
Jami:		30
Umumiy soat:		60

Kursda amaliy mashg'ulotlar sifatida laboratoriya mashg'ulotlari olib boriladi. Laboratoriya mashg'ulotlarida talabalar umumiyligi fizika faniga oid laboratoriyalarni bajarish orqali ko'nikma hosil qiladilar. Bunda talabalar bilimlarini namoyish qilishadi va mashg'ulotda faol ishtirok etadilar.

III.1. Mashg'ulot shakli: Laboratoriya (L)		
Nº	Laboratoriya mashg'ulot mavzulari	Soati
	1- Semestr	
1	Erkin tushish tezlanishini matematik mayatnik yordamida aniqlash	3
2	Yung modulini aniqlash	3
3	Suzuvchi va cho'kuvchi jismlar zichligini gidrostatik tortish sulida aniqlash	3
4	Sirt taranglik koeffitsiyentini tomchining uzilish usuli bilan aniqlash	3
5	Suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsiyentini Stoks usulida aniqlash.	4
	Ja'mi	16
	2- Semestr	
1	Elektrolitik vanna yordamida elektrostatik maydonni o`rgnish	2
2	O`tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulash	3
3	Misning elektrokimyoviy ekvivalentini aniqlash	3
4	Linzaning focus masofasini toppish.	3
5	Difraksion panjara yordamida yorug`likning to`lqin uzunligini aniqlash	3
	Jami	14
	Umumiy jami	30

Nº	III.2. Amaliy mashg'ulot mavzularini taqsimlanishi	
	Amaliy mashg'ulot mavzulari	Soati
	I-semestr	
1	Mexanika bo`limi bo`yicha masalalar ishlash	2
2	Masalalar ishlash	2
3	Molekulyar fizika bo`limi bo`yicha masalalar ishlash	2
4	Masalalar ishlash	2
5	Masalalar ishlash	2

	6	Elektr va magnetism bo`limi bo`yicha masalalar ishlash	2
	7	Masalalar ishlash	2
	Jami		14 soat
	II-semestr		
	1	Elektr va magnetism bo`limi bo`yicha masalalar ishlash	2
	2	Masalalar ishlash	2
	3	Optika bo`limiga doir masalalar ishlash	2
	4	Masalalar ishlash	2
	5	Masalalar ishlash	2
	6	Atom bo`limiga doir masalalar ishlash	2
	7	Masalalar ishlash	2
	Jami		16 soat

V. Mustaqil ta’limni tashkil etishning shakli va mazmuni

Mustaqil ta’limning asosiy maqsadi - o’qituvchining rahbarligida va nazoratida muayyan o’quv ishlarini mustaqil ravishda bajarish uchun bilim va ko’nikmalarni shakllantirish va rivojlantirishdan iboratdir. Talaba mustaqil ishini tashkil etishda quyidagi shakllardan foydalilanildi:

- ayrim nazariy mavzularni o’quv adabiyotlari yordamida mustaqil o’zlashtirish;
- berilgan mavzular bo`yicha axborot (referat) tayyorlash;
- nazariy bilimlarni amaliyotda qo’llash;
- maket, model va namunalar yaratish, qurilmalar yig’ish;
- ilmiy maqola, anjumanga mahruza tayyorlash va h.k.

Ta’lim jarayonida innovatsion texnologiyalarni, o’qitishning interfaol usullarini qo’llash talaba tomonidan mustaqil tanlanadi. Talabalarning mustaqil ta’limini tashkil etish tizimli tarzda, ya’ni uzlusiz va uzbiy ravishda amalga oshiriladi. Talaba olgan nazariy bilimini mustaxkamlash, shu bilan birga navbatdagi yangi mavzuni puxta o’zlashtirishi uchun mustaqil ravishda tayorgarlik ko’rishi kerak

V.1. MUSTAQIL TA'LIM VA MUSTAQIL ISHLAR		soati
1-semestr		
1	Moddiy nuqta kinematikasi.	2
2	Ilgarilanma va aylanma harakatda tezlik va tezlanish.	2
3	Moddiy nuqta dinamikasi.	2
4	Mexanikada kuchlar.	2
5	Nyuton qonunlari.	2
6	Impuls. Impulsning saqlanish qonuni.	2
7	Kuchlarning ishi. Kuchlarning potensial maydoni.	2
8	Kinetik va potensial energiya.	2
9	Mutloq qattiq jism. Massalar markazi.	2
10	Qattiq jismning inersiya momenti, Impuls momenti, kuch momenti.	2
11	Giroskoplar.	2
12	Tebranishlar.	2
13	Garmonik ossillyator.	2
14	Erkin tebranishlar tenglamasi.	2
15	Matematik va fizik mayatnik.	2
16	Garmonik ossillyator energiyasi.	2
17	So'nuvchi va majburiy tebranishlar.	2
18	Rezonans.	2
19	To'lqinlar.	2
20	Moddiy nuqta kinematikasi.	2
21	Gazlarning molekular-kinetik nazariyasi.	2
22	Ideal gaz modeli. Ideal gazning holat tenglamasi.	2
23	Molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlari to'g'risida tushuncha.	2
24	Real gaz. Ideal gazning ichki energiyasi.	2
25	Adiabatik jarayon.	2
26	Entropiya.	2
27	Qattiq jism.	2
28	Gaz qonunlari. Molekulaning erkinlik darajalari.	2
29	Termodynamika qonunlari	2
30	Elektr zaryadi. Kulon qonuni.	2
31	Elektr maydon kuchlanganligi.	2
32	Maydonlarning superpozitsiya prinsipi.	2
33	Potensial.	2
34	Elektr sig'imi. Kondensatorlar.	2
35	Elektr maydon energiyasi.	2
36	Diyelektriklarda elektr maydon. Diyelektrik sindiruvchanlik va	2

	diyelektriklarning qutblanishi.	
37	Pezoyelektriklar va segnetoyelektriklar to‘g‘risida tushuncha.	2
38	O‘zgarmas elektr toki qonunlari.	2
39	O‘zgarmas tokning ishi va quvvati.	2
40	Joul-Lens qonuni.	2
41	Elektrolitlarda elektr toki. Elektroliz. Faradey qonunlari.	2
42	Metallarda, o‘tkazuvchi eritmalarda va gazlarda elektr toki deganda nimani ta’savvur etasiz?	2
43	Toklarning bo‘shliqdagi magnit maydoni	2
44	Elektr va magnit maydonlarining o‘zaro aylanishi. Uyurmaviy elektr maydoni, Fuko toklari.	2
45	Elektr zaryadi. Zaryadlarning saqlanish qonuni. Kulon qonuni.	2
		90
	II-semestr	
1	Tarmoqlangan zanjirlar, Kirxgof qoidalari.	2
2	Metallarda tok tashuvchilarning tabiatи.	2
3	Elektrolitlarda elektr toki. Elektroliz. Faradey qonunlari.	2
4	Gazlarda elektr toki. Gaz razryadining turlari.	2
5	Metallar, yarim o‘tkazgichlar va elektrolitlarda elektr o‘tkazuvchanlikning haroratga bog‘liqligi.	2
6	Toklarning bo‘shliqdagi magnit maydoni	2
7	Tok elementlarining o‘zaro ta’siri, Amper qonuni.	2
8	Magnit maydonining induksiyasi va kuchlanganligi, Bio-Savar qonuni.	2
9	Lorens kuchi. Elektr va magnit maydonlarining o‘zaro aylanishi.	2
10	Elektr konturidagi tebranishlar.	2
11	O‘zgaruvchan tok. O‘zgaruvchan tok zanjiridagi sig‘im va induktivlik.	2
12	Elektromagnit induksiya hodisasi, Faradey qonuni.	2
13	Elektromagnit to‘lqinlar shkalasi.	2
14	Yorug‘likni tavsimlovchi kattaliklar.	2
15	Yorug‘lik interferensiysi.	2
16	Yorug‘lik difraksiysi.	2
17	Difraksion panjara.	2
18	Yorug‘likning qutblanishi.	2
19	Yorug‘likning yutilishi va dispersiya.	2
20	Elektromagnit to‘lqinlar shkalasi	2

21.	Yorug‘likni tavsiflovchi kattaliklar.	2
22	Atom va molekulalarning kvant mexanikasi.	2
23	Moddalarning issiqlik nurlanishi.	2
24	Fotoyeffekt va uning qonunlari.	2
25	Yorug‘likning issiqlik va kimyoviy ta’siri.	2
26	Atom fizikasi. Rezerford tajribalari.	2
27	Bor nazariyasi.	2
28	Lazerlar.	2
29	Tabiiy va sun’iy radioaktivlik.	2
30	Yadro reaksiyalari.	2
	Jami	90
	Umumiy jami	180

VI. FAN O‘QITILISHINING NATIJALARI (SHAKLLANADIGAN KOMPETENTSIYALAR)

- ✓ Talaba umumiy fizika fanining asosiy tushunchalari nimalar ekani va ularni aniqlashda qanday usullardan foydalanish mumkinligini, u yoki bu kattalikni qanday aniqlikda o’lchash zarur bo’sa kerakli usulda foydalana olishni bilishi lozim(**Bilim**)
- ✓ “Umumiy fizika” fanini o’zlashtirish natijasida:
- ✓ - talabalar uchun oddiy laboratoriya ishlarini yarata bilish, ishni sozlash, ishni amaliy bajarish tartibini aniqlay olish, ishni bajarish va natijalarni tahlil qilish, eksperiment xatoliklarini hisoblash va tajriba sifatini xulosalash.
- ✓ - kursini tugatib bilim olgan talabalar u mumiy fizika haqida mahlumotga ega bo’ladilar. Fizika fani tushunchalarining nimalarga bog’liqligini ajratadilar va ularni aniqlay oladilar(**ko’nikma**).
- ✓ - tajribalarda ishlatiladigan o’lchov asboblaridan to’g’ri va aniq foydalanish ko’nikmasiga va olgan nazariy bilimlarini fizik jarayonlarda qo’llay bilishi va ulardan foydalana olishi;
- ✓ - Umumiy fizika sohasidagi ilmiy-tadqiqot ishlariga to’g’ri yondasha bilish, tadqiqot natijalarini tahlil qilish, zamonaviy hisoblash vositalaridan foydalanib, turli amallarni bajarish kabi ko’nikmalarga ega bo’lishi kerak(**malaka**).

VII. TA’LIM TEXNOLOGIYALARI VA METODLARI

- ✓ ma’ruzalar;
- ✓ interfaol keys-stadilar;
- ✓ seminarlar (mantiqiy fikrlash, tezkor savol-javoblar);
- ✓ guruhlarda ishlash;
- ✓ individual loyihamlar
- ✓ jamoa bo‘lib ishlash va himoya qilish uchun loyihamlar

VIII. KREDITLARNI OLISH UCHUN TALABLAR

Fanga ajratilgan kreditlar talabalarga har bir semestr bo'yicha nazorat turlaridan ijobiy natijalarga erishilgan taqdirda taqdim etiladi.

Fan bo'yicha talabalar bilimini baholashda oraliq (ON) va yakuniy (YaN) nazorat turlari qo'llaniladi. Nazorat turlari bo'yicha baholash: 5 – "a'lo", 4 – "yaxshi", 3 – "qoniqarli", 2 – "qoniqarsiz" baho mezonlarida amalga oshiriladi.

Oraliq nazorat har semestrda bir marta yozma ish shaklida o'tkaziladi.

Talabalar semestrlar davomida fanga ajratilgan amaliy (seminar) mashg'ulotlarda muntazam, har bir mavzu bo'yicha baholanib boriladi va o'rtachalanadi. Bunda talabaning amaliy (seminar) mashg'ulot hamda mustaqil ta'lim topshiriqlarini o'z vaqtida, to'laqonli bajarganligi, mashg'ulotlardagi faolligi inobatga olinadi.

Shuningdek, amaliy (seminar) mashg'ulot va mustaqil ta'lim topshiriqlari bo'yicha olgan baholari oraliq nazorat turi bo'yicha baholashda inobatga olinadi. Bunda har bir oraliq nazorat turi davrida olingan baholar o'rtachasi oraliq nazorat turidan olingan baho bilan **qayta o'rtachalanadi**.

O'tkazilgan oraliq nazoratlardan olingan baho **oraliq nazorat natijasi** sifatida qaydnomaga rasmiylashtiriladi.

Yakuniy nazorat turi semestrlar yakunida tasdiqlangan grafik bo'yicha yozma ish shaklida o'tkaziladi.

Oraliq (ON) va yakuniy (YaN) nazorat turlarida:

Talaba mustaqil xulosa va qaror qabul qiladi, ijodiy fikrlay oladi, mustaqil mushohada yuritadi, olgan bilimini amalda qo'llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo'yicha tasavvurga ega deb topilganda – **5 (a'lo) baho**;

Talaba mustaqil mushohada yuritadi, olgan bilimini amalda qo'llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo'yicha tasavvurga ega deb topilganda – **4 (yaxshi) baho**;

Talaba olgan bilimini amalda qo'llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo'yicha tasavvurga ega deb topilganda – **3 (qoniqarli) baho**;

Talaba fan dasturini o'zlashtirmagan, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunmaydi hamda fan (mavzu) bo'yicha tasavvurga ega emas, deb topilganda – **2 (qoniqarsiz) baho** bilan baholanadi.

Asosiy adabiyotlar

1. Douglas C.Giancol.Pxysics principles with applications.2014
2. Jearl Walker, David Xallidey., R.Resnick.Fundamentals of pxysics ISBN 978-8808-08797, 2014.
3. I.V.Savelg'ev, Umumiy fizika kursi.T.1, T.2, T.3 Moskva.;Aptrelg'.2011
4. D.V.Sivuxin Umumiy fizika kursi. Moskva.: fiz.mat.lit.2005
5. K.P.Abduraxmonov, O'.Egamov " Fizika kursi " darslik, Toshkent, 2010 y
6. V.S.Volkenshteyn.Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami.2008 Sank-Peterburg. " Knijniy mir"
7. CHertov A., Vorob'ev A. Fizikadan masalalar to'plami, -T.: O'zbekiston, 1997
8. Nazarov U.K. va boshk. Umumiy fizika kursi 1 q. –T.: O'zbekiston, 1992
9. Axmadjonov O.I. Fizika kursi. 1-Z q. -T.: O'qituvchi, 1989.
- 10.Trofimova T.I. Kurs fiziki. -M.: «Akademiya», 2007

Qo'shimcha adabiyotlar

1. Sh,M,Mirziyoev. "Erkin va farovon, demokratik uzbekisgon davlatini birgalikda barpo etamiz". Toshkent: "Uzbekiston", 2016. - 56 b.
2. Sh.M.Mirziyoev. "Tankidiy taxlil, kat'ny tartib - intizom va shaxsiy javobgarlik - xar bir ra\bar faoliyatining kundalik koidasi bulishi kerak". Toshkent: "Uzbekiston" 2017. -104 b.
3. Sh.M.Mirziyoev. "Kopun ustnvorligi va inson manfaatlarinn ta'minlash - yurt tarakkiyoti va xalk farovonligining garovi". Toshkent: "Uzbekiston", 2017.-48 b.
4. Sh.M.Mirziyoev. "Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalkimiz bilan birga kuram iz". Toshkent: "Uzbekiston", 2017. - 488 b.
5. Volkenshteyn V.S Sbornik zadach po ob'yemnu kursu fiziki. M.2004
Yu.Savelev I.V. Umumiy fizika kursi. II kiem. Oliy texnika O'quv yurtlari uchun qo'llanma. O'qituvchi, Toshkent-1976 450 bet.
11. Matveev A.N. Elektrichestvo i magnetizm. Vysshaya shkola. M.-I983
12. Buribaev I., Karimov R., Elektr va magnetizm fizpraktikum. Universitet. 2002 y.
13. K.A. Tursunmetov, U. Oltmishev, D. Begmatova. O'quv laboratoriya eksperimentlarining ulchash texnikasi va natijaparini matematik ishlash. Toshkent-2010 Universitet.
14. N.Nurmatov N.A. "Elektr va magnetizm" fanndan O'quv-uslubiy majmua, UzMU, 2017.
15. Kamolxo'jav SH.M., Yusupov D.B., Talipova SH.A. Elektromagnit tebranishlar fizikadan laboratoriya ishlari bo'yicha uslubiy ko'rsatma, Toshkent 1994 y.

Axborot manbalari

1. Animatsion rolik (<http://www.upscale.utoronto.ca>. ba.html, <http://tical.ua.es>).
2. Fizika "Physicon".
3. Fizikadan o'quv kinofilmlari.
4. Ko'rgazmali rangli rasmlar (<http://www.hordWareandlysis.com>).
5. Phusics onlien".
6. www.cultinfo./fulltext/l/008/077/561/htm
7. www.en/edu.ru. Portal

Namangan davlat universiteti tomonidan ishlab chiqilgan va tasdiqlangan:

- "Fizika o'qitish metodikasi" kafedrasining 2023-yil, "___" -sonli majlisida muhokama qilingan va tasdiqqa tavsiya etilgan.
- Fizika fakul'teti kengashining 2023-yil, "___" -sonli majlisida ma'qullangan va tasdiqqa tavsiya etilgan.
- NamDU o'quv-uslubiy kengashining 2023-yil, "___" -sonli majlisida muhokama qilingan va tasdiqlangan.

Fan/modul uchun mas'ul:

J.J.Soyipov - NamDU, Fizika o'qitish metodikasi kafedrasini o'qituvchisi.

Taqrizchilar:

M.A. Ergasheva – NamDU, fizika kafedrasi, f-m.f.n.. dotsent.

NamDU o'uv-uslubiy boshqarma boshlig'

X. Mirzaaxmedov

Fizika fakulteti dekani

O.Ismanova

Fizika o'qitish metodikasi kafedrasini mudiri

Sh. Inoyatov

Tuzuvchi

J. Soyipov

“Fizika” fanidan tarqatma materiallar

1.Sharq allomalarining fizika fanining rivojlanishiga qo`shgan hissalari.

O`zbekiston – ilm-fan va madaniyat qadimdan taraqqiy topgan mamlakatlardan biri bo`lib, astronomiya, matematika, tibbiyot, kimyo, to`qimachilik, me`morchilik, ma`daniyatshunoslik, kulolchilik, falsafa, adabiyotshunoslik yaxshi rivojlangan.

Muso al-Xorazmiy va Muhammad al-Farg`oniylar Bag`dod akademiyasi « Bayt ul-Hikmat » (Donolar uyi)da o`z tadqiqotlarini olib borganlar.

Al-Xorazmiy 780 y.da Xivada tug`ilgan bo`lib matematika, astronomiya, geografiya sohasida asar yaratdi. « Al-jabr » (algebra) fani va algoritm tushunchasiga asos solgan. Uning « Hisob al-Hind » va « Astronomik jadvallar » asarlari o`n ikkinchi asrdayoq lotin tiliga tarjima qilingan.

Al-Farg`oniy ham astronomiya, geografiya, matematika fani bilan shug`ullangan (790 y. Farg`onada tug`ilgan. U Quyosh tutilishining oldindan hisoblab chiqqan, Erning sharsimon ekanligini ilmiy asosda isbotlagan, meridian uzunligini hisoblagan, Nil daryosining oqimini o`lchash asbobini yasagan.

Al-Forobi 873 y.da Chimkent viloyatida tug`ilgan. Turli sohalarga oid 160dan ziyod asarlar yozgan. Uni SHarq Arastusi deb ataganlar.

Urganchda «Bilimdonlar uyi» - « Akademiyasi » tashkil etilgan bo`lib, falsafa, matematika va tib ilmlari muhokama qilingan. Buyuk mutaffakirlari Ibn Sino, Beruniy, Abu Nasr Arroqlar akademiyaning a`zolari bo`lishgan.

Al-Beruniy 973 y. Xorazmda tug`ilib, 1048 yilda ғaznada vafot etgan, birinchi globusni yasagan. 150 dan ortiq kitob va risolalar yozgan. Geliosentrik sistema to`g`risida katta hissa qo`shtan.

Abu Ali ibn Sino – 980 y. Buxoro yaqinidagi Afshona qishlog`ida tug`ilgan. 40 dan ko`prog`i tibbiyotga, 30 dan ortiq`i tabiiy fanlarga oid.

Mirzo Ulug`bek – 1394 y. Sultoniya shahrida tug`ilgan, 1449 y.da Samarqand akademiya tashkil qilgan, rasadxona, kutubxona, madrasasi bo`lgan. Dunyodagi eng yirik astronomiya maktabini yaratgan. « Ulug`beko ziji » asarini yaratgan. SHogirdlari bilan mingdan ortiq yulduzlar ro`yxatini tuzgan.

Mashhur astronom va matematik olim – Nasriddin Tusiy, Qozizoda Rumiy, al-Koshiy birinchi bo`lib tabiiy fanlar, matematika, tibbiyot, falsafa, adabiyot fanlarini yuqori sohalarga ko`tardilar.

Hozirgi O`zFAning ilmiy-tarmoqlar bo`yicha 8ta bo`limi mavjud. Uning tarkibiga fizika sohasi bo`yicha quyidagi ilmiy tekshirish institutlari kirada: YAdro fizikasi instituti, Fizika- quyosh ilmiy ishlab chiqarish birlashmasi, Elektronika instituti, Astronomiya instituti, issiqlik fizikasi bo`limi.

2.Nyutonning I - qonuni, inersial sanoq sistemasi.

Agar jismga boshqa jismlar ta`sir etmasa u o`zining tinch xolatini yoki to`g`ri chiziqli tekis xarakatini saklaydi. Nyutonning birinchi qonuni jismga boshka jismlar ta`sir etmagan xolda bajariladi. Bunday jismni, agar u mavjud bulsa, erkin

jism deb uning xarakatini esa erkin xarakat deb atash mumkin. Tabiyatda erkin jismlar yuk. Nyutonning birinchi qonuni barcha sanoq sistemalarida bajarilavermaydi. Shunday sanoq sistemasi mavjudki, unda erkin yoki kvazi erkin jism uzining tinch xolatini yoki tugri chiziqli tekis xarakatini saklaydi. Boshkacha kilib aytganda, erkin yoki kvazi erkin jism uz tezligini uzgartirmaydi. (ya`ni bu sistemaga nisbatan jism tezlanishga ega bulmaydi.) Bunday sanoq sistemani **inersial sanoq sistemasi** deb ataladi. Inersial sanoq sistemasi asosida Nyutonning I - qonunini kuyidagicha ta`riflaymiz: Inersial sanoq sistemasida erkin yoki kvazi erkin jism uz tezligini uzgartirmaydi. Bu ta`rif moddiy nuktaning tinch xolat tezligi nolga teng bulgan xolda kuzatilishi nazarda tutiladi.

Nyutonning II - qonuni.

Kuch va tezlanish

Jism tezligining uzgarishi jismarning uzaro ta`sirlashish natijasidir. Jismga kursatilayotgan ta`sir bu jismning tezlanish olishiga emas, jismning deformasiyalanishi shaklida namoyon buladi.

Jismga beriladigan ta`sirni **kuch** deb ataladigan kattalik bilan ifodalanadi va uning mikdori jism erishadigan tezlanish bilan aniklanadi. Ixtiyoriy biror jismga F_1, F_2, F_3, \dots kuchlar navbatma - navbat ta`sir etsin. U xolda uning tezlanishi mos ravishda a_1, a_2, a_3, \dots ekanligi aniklandi. F kuch ta`siri ostida jism olgan tezlanish a ta`sir etayotgan F kuchga va jism massa m ga boglikdir:

$$m = \frac{F}{a} \quad (1)$$

Jism zichligi

Jismning M nuktadagi zichligi ρ deb jismning kichik elementi massasi dm ning shu element xajmi dV nisbatiga aytildi.

$$\rho = \frac{dm}{dV} \quad (2)$$

Agar jismning zichligi xar xil nuktada xar xil bulsa, bunday jismga bir jinsli bulmagan jism deyiladi.

$$m = \int_V \rho \cdot dV \quad (3)$$

Nyutonning II qonuni differensial shaklda quyidagi kurinishda yoziladi.

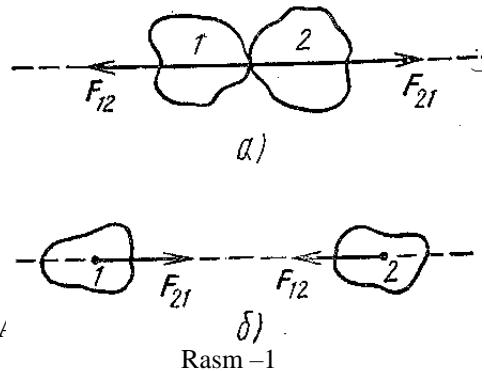
$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F} \quad (4)$$

Dekart koordinatalar sistemasida

$$m \frac{d^2 \vec{x}}{dt^2} = F_x \quad m \frac{d^2 \vec{y}}{dt^2} = F_y \quad m \frac{d^2 \vec{z}}{dt^2} = F_z \quad (5)$$

Nyutonning III qonuni.

A) Ikki jismning uzaro ta'sirlanishida namoyon buladigan ikki kuch shu jismlarning bir - biriga kuyilgan:



Rasm -1

B) Bu kuchlar bir tugri chiziq buylab karama - karshi tomonlarga yunalgan.

V) Bu kuchlarning absolyut kiymatlari teng. Ta'sir etayotgan kuchlarning birini ta'sir, ikkinchisini aks ta'sir kuchlari deb ataladi. Ta'sirga teng va karama - karshi yunalgan aks ta'sir doimo mavjud. Xulosa kilib aytganda ikki jismning uzaro ta'sir kuchlari kattalik jixatidan teng bulib, jismlarni birlashtiruvchi tugri chiziq buylab karama - karshi yunalgan.

$$F_{12} = -F_{21} \quad (6)$$

Nyutonning II qonuniga asosan jism $a_1 = \frac{F_{12}}{m_1}$

Ikkinchchi jism $a_1 = \frac{F_{21}}{m_2}$ tezlanish oladi.

(6) formulani xisobga olib kuyidagini xosil qilamiz.

$$|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}|$$

$$a_1 = -\frac{m_2}{m_1} \quad (7) \quad \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

Aylana buylab xarakatlanayotgan jism (Mas: ipga boglangan toshni aylantirganda) markazga intilma tezlanishga ega buladi. Bu tezlanishning jism massasiga kupaytmasi markazga intilma kuch deyiladi.

$$F_{mu} = m \frac{v^2}{R}$$

F kuch R radiusli aylana buylab xarakatlanayotgan jismga kuyilgan. Nyutonning III qonuniga asosan markazga intilma kuchga mikdoran teng, lekin teskari tomonga yunalgan kuch xam mavjud. Bu kuchni **markazdan kochma kuch** deb ataladi.

Fizik kattaliklarning o'lcham birliklari va o'lchamlari.

A) SI sistemasida tezlik borligi bir sekund ichida bir metr yo'l bosiladigan xarakatning tezlididan iborat.

$$[v] = \frac{[\Delta S]}{[\Delta t]} = 1 \text{ m/s} \dots$$

B) Tezlanish birligi qilib vaqt birligi ichida tezligi birlikga o'zgaradigan xarakatning tezlanishi qabul qilingan.

$$[a] = \frac{[\Delta v]}{[\Delta t]} = \frac{[\Delta S]}{[\Delta t^2]} = 1 \text{ m/s}^2 \dots$$

V) Massa birligi kilib SI sistemasida $[kg]$ kabul kilingan.

G) Zichlik birligi massa birligining xajm birligiga nisbatiga teng.

$$[\rho] = \frac{[m]}{[V]} = 1 \text{ kg/m}^3 \dots$$

D) Kuch birligi kilib Nyuton kabul kilingan bulib, 1 kg massasi jismga 1 m/s^2 tezlanish bera oladigan kuchga 1 Nyuton deyiladi.

$$[F] = [m] \cdot [a] = 1 \text{ n} = 1 \text{ kg.m/s}^2 \dots$$

3. Konservativ va nokonservativ kuchlar.

Bu kuchlarni t'laroq tushunish uchun ikkita misolni k'rib chiqaylik.

Masalan, Er sirtiga yaqin joyda jismga og'irlik kuchi ta'sir qiladi – fazoning xar bir nuqtasida unga vertikal b'y lab pastga y'nalgan $P=mg$ kuch ta'sir qiladi.

Ikkinci misol sifatida prujina yordamida biror O markazga «bog'langan» M jismni k'rib chiqaylik. Prujinaning bir uchi k'chmas O nuqta atrofida sharnir ravishda istalgan y'nalishda aylana olsin, ikkinchi uchi esa M jismga maxkamlangan b'lsin. Agar prujina ch'zilgan b'lsa, kuch markazga qarab y'nalgan b'ladi, prujina siqilgan b'lsa kuch markazdan tashqariga qarab y'nalgan b'ladi.

Keltirilgan misollardan shu xulosa kelib chiqadiki, jismga ta'sir qiluvchi kuchlar faqat jismning fazodagi vaziyatiga bog'liq b'lib, jismning tezligiga bog'liq emas ekan.

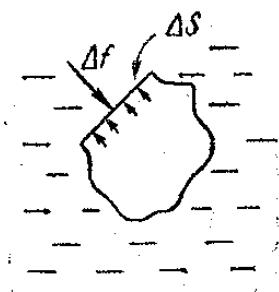
Faqat jismning vaziyatigagina bog'liq b'lgan kuchlar uchun ular jism ustida bajarilayotgan ish y'lga bog'liq b'lmasdan faqat jismning fazodagi boshlang'ich va s'nggi xolatlariga bog'liq b'lib qolishi xam mumkin ekan. Bunday xolda kuchlar maydoni potensial maydon, kuchlarning 'zları esa **konservativ kuch** deyiladi.

Bajarilgan ishi jism bir xolatdan ikkinchi xolatga qanday y'l bilan 'tganligiga bog'liq b'lgan kuchlar **nokonservativ** kuchlar deyiladi. M: ishqalanish kuchlari.

Konservativ kuchlarning istalgan yopiq y'lda bajargan ishi nolga teng.

4. Suyuqlik va gazlarni elastik xossalari.

Ularning aloxida qismlari bir-biriga yoki ularga tegib turuvchi jismlarga bu suyuqlik va gazlarning siqilishi darajasiga bog'liq b'lgan kuch bilan tasir k'rsatishi orqali namoyon b'ladi. Ana shu ta'sir bosim deb ataluvchi kattalik bilan xarakterlanadi. Muvozanatda turgan suyuqlikni tekshiriladi. Muvozanatda tomchi uning aloxida qismlari bir-biriga yoki ular bilan chegaradosh jismlarga nisbatan k'chmasligini bildiradi. Suyuqlikdan ΔS yuza ajratamiz suyuqlikka shu yuza b'y lab bir-biriga tegib turgan qismlari bir-biriga kattaligi jixatidan teng y'nalishi qarama-qarshi b'lgan kuchlar bilan ta'sir k'rsatadi. Bu kuchlar ΔS yuzaga normal b'lishi kerak.



1-rasm

YUza sirtining birligiga to'g'ri keluvchi ΔF kuch suyuqlikdagi bosim deyiladi. $P = \frac{\Delta F}{\Delta S}$ (1)

Agar suyuqlikning ΔS yuzaga k'rsatayotgan ta'sir kuchi u b'y lab teoris taqsimlansa, u xolda (1) 'rtacha bosimni ifodalaydi. Demak, nuqtadagi bosim

$$P = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta S} = \frac{dF}{dS} \quad (2)$$

Gazdag bosim xam xuddi shunday aniqlanadi.

Bosim birliklari

SI sistemasida n/m^2

SGS sistemada $dina/sm^2$

1 mm simob ustuni = $0,001 \cdot 17,6 \cdot 10^9 \cdot 9,81 = 133 n/m^2 = 133 \text{ Pa}$

5. Energiya va massaning o'zaro bog'liqligi.

Nisbiylik nazariyasida jism massasi uning tezligiga bog'liq b'lganligi tufayli kinetik energiya 'zgarishi ifodasida massa 'zgarishini xam xisobga olish zarur tinch xolatda massasi m_0 b'lgan jismga F kuch ta'sir etgan b'lsa, bu kuch ta'sirida dS masofaga k'chgan b'lsa, ushbu kuchning bajargan ishi (dA) jism kinetik energiyasi 'zgarishi (dE)ni vujudga keltiradi.

$$dE = dA = FdS \quad (13)$$

$$F = \frac{d(m\vartheta)}{dt} \quad \text{b'lganligi uchun}$$

$$dE = \frac{d(m\vartheta)}{dt} \cdot dS \quad (14) \quad \frac{dS}{dt} = \vartheta$$

$$dE = \vartheta d(m\vartheta) = \vartheta^2 dm + m\vartheta d\vartheta \quad (15)$$

$$\frac{m_0^2}{1 - \frac{\vartheta^2}{C^2}} = m^2 \quad \text{yoki} \quad m_0^2 = m^2 \left(1 - \frac{\vartheta^2}{C^2}\right) \quad (16)$$

$$m^2 C^2 = m^2 \vartheta^2 + m_0^2 C^2 \quad (17)$$

m_0 va S doimiy ekanligini xisobga olib differensiallasak

$$2m C^2 dm = 2m \vartheta^2 dm + 2m^2 \vartheta d\vartheta$$

$$2m \text{ ga b'lsak} \quad C^2 dm = \vartheta^2 dm + m \vartheta d\vartheta \quad (18)$$

Bu ifodani 'ng tomoni (15) bilan teng b'lganligi uchun

$$dE = C^2 dm \quad (19)$$

Buni integrallallasak

$$E = \int_0^E dE = C^2 \int_{m_0}^m dm = C^2 (m - m_0)$$

$$E = mc^2 - m_0 c^2 \quad (19)$$

$$mc^2 = W \quad \boxed{W = mc^2 = m_0 c^2 + E} \quad (20)$$

Bu formula nisbiylik nazariyasining Eynshteyn kashf etgan energiya va massaning 'zaro bog'lanish qonuni. Jism tinch xolatda b'lsa, $\vartheta = 0$ $W_0 = mc^2$ (21) nisbiylik nazariyasida jism massasini ortishi uning energiyasini ortishi bilan birgalikda yuz beradi.

6. Ideal gazning molekulyar – kinetik nazariyasi

Molekulyar – kinetik nazariyada **ideal gaz** quyidagi shartlarni qanoatlantiradi:

- 1) Molekulalarning xususiy hajmi idish hajmidan juda kichik $V_0 \ll V$
- 2) Gaz molekulalari orasida o`zaro ta`sirlashuv kuchlari mayjud emas.
- 3) Gaz molekulalarining o`zaro va idish devorlari bilan to`qnashishlari absolyut elastik tarzda sodir bo`ladi.

Normal sharoitda va shuningdek past bosim hamda yuqori temperatura sharoitida mayjud bo`lgan real gazlarning xossalari ideal gazga juda yaqin bo`ladi.

Har qanday m massali ideal gazning holatini **termodinamik parametrlar** deb ataluvchi uchta kattalik bilan tafsiflash mumkin. (r, V, T)

Temperatura – makroskopik sistema termodinamik muvozanatining holatini xarakterlaydi.

Gaz termodinamik parametrlarining har qanday o`zgarishi **termodinamik jarayonni** xosil qiladi.

Normal sharoit: $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $T_0 = 273,15 \text{ K}$, $V_m = 22,41 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{моль}$

Avogadro qonuni: bir mol miqdordagi har qanday gaz bir xil temperatura va bosimda bir xil hajmni egallaydi:

$$V_m = 22,41 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{моль}$$

SHuningdek, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$ - Avogadro soni

Dalton qonuni: Gaz aralashmasining bosimi shu aralashmani xosil qiluvchi har bir gaz parsial bosimining yig`indisiga teng.

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

Klapeyron – Mendeleev tenglamasi

Gaz holatini aniqlovchi termodynamik parametrlar orasida quyidagicha

bog`lanish bor:

$$\lambda(p, V, T) = 0$$

bunda har bir o`zgaruvchi ayni paytda qolgan ikkitasining funksiyasi bo`ladi. Buni gazning holat tenglamasi deyiladi.

Uni fransuz fizigi Klapeyron echgan:

$$pV/T = \text{const}$$

Rus olimi Mendeleev D.N. esa Klapeyron tenglamasini Avogadro qonuni bilan birlashtirdi.

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

bunda $\nu = \frac{m}{\mu}$ - modda miqdori,

agar $\nu = 1 \text{ моль}$ bo`lsa, $pV_m = RT$ bunda R - molyar gaz doimiysi.

Agar $\frac{R}{N_A} = K$ - Bolsman doimiysi bo`lsa, unda $P = \frac{RT}{V_m} \kappa N_A T / V_m = nkT$

$$\frac{N_A}{V} = n - \text{molekulalar konsentrasiyasi.}$$

$$P = nkT$$

Normal sharoitda 1 m^3 gazdagi molekulalar soni **Loshmidt soni deyiladi.**

$$N_L = P_0 / \kappa T_0 = 2,68 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$$

7. Termodinamika asoslari.

Molekulalar erkinlik darajasi. Termodinamik sistemalarning asosiy belgilovchisi molekula, atom, elektron va boshqa zarralarning xaotik harakat ichki energiyasidir.

Sistemaning ichki energiyasi termodinamik holatiga bir qiymatli funksiyadir. Sistema bir holatdan ikkinchi holatga o`tganda ichki energiyasi o`zgaradi va bu o`tish yo`liga bog`liq emas.

Molekulaning erkinlik darajasi tushunchasini kiritamiz. Erkinlik darajasi deb sistemaning holatini to`la aniqlash uchun kerak bo`lgan koordinatalar soniga aytildi, bir atomli gazda moddiy nuqta deb ifodalash mumkin.

$$\text{Bir atomlida } \vec{r} \rightarrow 0, I = mr^2 \rightarrow 0, \frac{I\omega^2}{r} \rightarrow 0$$

Bunda erkinlik darajasi $i=3$ chunki uchta o`q bo`ylab ilgarilanma harakat qiladi. Ikki atomli molekulada uchta ilgarilanma harakatdan tashqari ikkita aylanma harakat mayjud, shuning uchun $i=5$.

Uch atomli gaz molekuladan uchta ilgarilanma hamda uchta aylanma harakatga ega, shuning uchun $i=6$. Ilgarilanma harakat kinetik energiyani

$$\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_0}{3} = \frac{1}{2}kT \text{ bo`lganligida} \quad \varepsilon_i = \frac{i}{2}kT \quad \text{bu erkinlik darajalar bo`yicha energiya taqsimlanishi.}$$

Bu formulani erkinlik darajasi bo`yicha Bolsman taqsimoti ham deyiladi.

$$\text{Ichki energiya} \quad U = \frac{i}{2}kTN_A = \frac{i}{2}kT \quad \text{deb belgilanadi.}$$

Termodinamikaning birinchi qonuni.

Mexanik energiyani o`zgarmaydigan ammo ichki energiyani o`zgaradigan termodinamik sistemani kuzatamiz.

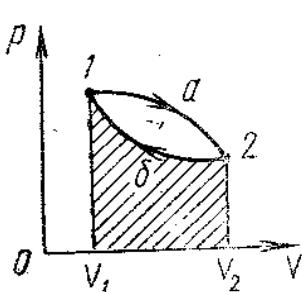
Ichki energiyani U_1 bo`lgan sistemadagi gaz Q issiqlik olib ichki energiyani U_2 bo`lgan holatga o`tadi, natijada tashqi muhit ustidan A ish bajaradi. Ichki energiya o`zgarishi $\Delta U = U_2 - U_1$ bo`ladi.

Termodinamika qonunlarini tushunishda muvozanatli holat va qaytuvchiprosesslar katta rol o`ynaydi.

A) Sistemaning barcha parametrлари tayin bir qiymatlari ega bo`lib bu qiymatlar tashqi sharoit o`zgarmaganda, istaganga uzoq davom etadigan holat muvozanatli holat deyiladi.

G) Qaytuvchan prosess deb shunday prosessga aytildiki, bu prosess teskari yo`nalishda yuz berganda sistema prosessning to`g`ri yo`nalishida o`tish holatlarda endi faqt teskari tartibda o`tadi. Faqat muvozanatli holatgina qaytuvchan prosess bo`ladi.

Agar sistema dQ_1 issiqlik olib dA_1 ish bajarsa, u holda teskari prosessda sistema o`sha qismida $d'Q_1$ issiqlik berib shu sistema ustida $d'A_1$ ish bajaradi. SHuning uchun qaytuvchan prosessda sitema atrofida turgan jismlarda hech qanday o`zgarish qolmasligi kerak. Aylanma prosess: Bu prosessda sistema bir qator o`zgarishlardan keyin o`zining bosholang`ich holatiga qaytib keladi.



1-2 qismida bajarilgan ish musbat son jihatdan yuzaga teng. 2-1 qismidagi ish manfiy bo`ladi.

Siklni bajarib bo`lgandan keyin sistema dastlabki holatiga keladi. Ichki energiya

siklning boshida va oxirida bir xil qiymatga ega bo`ladi.

8. Termodinamikaning ikkinchi qonuni

Termodinamikaning ikkinchi qonuni ham birinchi bosh qonunidek, juda ko`p tajriba natijalarni umumlashtirish mahsuli sifatida vujudga kelgan. Termodinamikaning ikkinchi qonuni tabiatda sodir bo`ladigan prosesslarning amalga oshishi mumkin bo`lgan yo`nalishni aniqlaydi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni Plank tomonidan quyidagicha ta`riflanadi: birdan bir natijasi issiqlik miqdorini ishga aylantirishdan iborat bo`lgan davriy prosess amalga oshmaydi.

Davriy prosess (sikl) amalga oshiradigan qurilmalar uch elementdan – isitgich, ishchi jism va sovitgichdan iborat ekanligi. Xususan isitgich mashina, isitgichdan Q_1 issiqlik miqdori olib, uning bir qismini ishga aylantiradi, qolgan qismi Q_2 ni sovitkichga beradi. Binobarin, isitkich mashinaning foydali ish koefficienti $\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < 1$

bo`ladi, chunki $Q_1 - Q_2 < Q_1$.

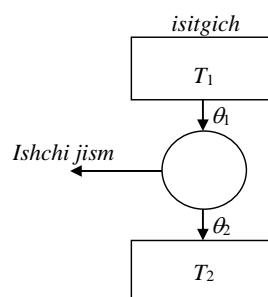
Hatto Karno sikli bo`yicha ishlaydigan ideal isitkich mashina uchun ham

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

munosabat ko`rsatishicha T_2 ning absolyut noldan farq qiladigan barcha temperaturalarda ishchi jism sovitkichga beradigan issiqlik miqdori noldan farqlanadi. Boshqacha qilib aytganda, η ning qiymati eng yuqori bo`ladigan ideal issiqlik miqdorining barcha qismi foydali ishga aylanmaydi. SHuning uchun isitkich mashinada isitkich va ishchi jism bilan birgalikda sovitkich ham bo`lishi kerak.

Amalda mavjud bo`lgan eng yaxshi issiqlik mashinalari – ichki FIK dvigatellari uchun η ning qiymati 0,3-0,4 dan oshmaydi. Paravozlar uchun $\eta=0,05-0,07$ xolos.

$\eta=1$ bo`lgan issiqlik mashina deganda, isitkichdan olingan issiqliking barcha qismini foydali ishga aylantira oladigan mashina tushunilishi lozim.



Bunday mashinada sovitkichda hech qanday issiqlik miqdori berilmaganligi tufayli bunday hayoliy issiqlik mashina faqat isitkich va ishchi jismdan iborat bo`lardi. Bunday mashina okean suvi issiqligini ishga aylantiraverar edi. Okean suvidan olinishi mumkin bo`lgan issiqlik miqdori nihoyat daraja ulkandir. Masalan, okean suvining temperaturasi atigi $0,1^{\circ}\text{S}$ ga kamayadigan qilib, undan issiqlik miqdori olinsa va bu issiqlik miqdori ishga aylantirilsa, Yer kurrasidagi barcha mashina va dastgohlarni 1500 yil davomida energiya bilan ta`minlash mumkin bo`lar edi. Sovitkichsiz ishlab isitkichdan olingan issiqlik miqdorini ishga aylantira oladigan bunday mashina adabiy dvigatelga ekvivalent bo`lar edi. SHu sababli *ikkinchi tur abadiy dvigatel yaratish mumkin emas*.

Birinchi tur perpetuum mobile termodinamikaning birinchi bosh qonuniga zid edi, chunki u hech qanday energiya sarflanmasdan ishlashi lozim edi. Ikkinci tur perpetuum mobileni yasash mumkin emasligi Kelvin tomonidan ikkinchi bosh qonunga berilgan ta`rifda aniqroq aks ettiriladi: *Sistemaga oid bo`lgan eng sovuq jismni ishga aylantira oladigan issiqlik mashina yaratib bo`lmaydi*. Lekin mazkur ta`rifga asoslanib, okean suvlarining issiqligidan foydalanish mumkin emas, degan xulosa chiqarish noto`g`ri bo`ladi. Masalan, okean suvlarining issiqliq yuqori qatlamlari va chuqurroqdagagi sovuqroq qatlamlari temperaturalarning farqidan foydalanish termodinamikaga zid bo`lmaydi. Hakikatan, bunday qurilma asrimizning o`rtalarida fransuz injeneri Klod va Butero tomonidan Afrikaning shimoliy qirg`oqlari yaqinida barpo etildi. Unda okeanning sovuq qatlamlaridan sovitgich sifatida yuqoriroqdagagi issiqliq qatlamlaridan esa isitgich sifatida foydalanilgan. Binobarin, issiqliq qatlamlardan olingan issiqlik miqdorining bir qismi ishga aylantirilgan, qolgan qismi sovuqroq qatlamlarga va atrof muhitga berilgan.

Termodinamikaning ikkinchi qonunini Klauzius quyidagicha ta`riflaydi: *issiqlik miqdori o`z-o`zicha kamroq isigan jismdan ko`proq isigan jismga o`ta olmaydi*. Hakikatan, issiqlik miqdorining bunday uzatilishi sodir bo`lishi uchun sovitgich mashinalarda ishchi jism ustida ish bajarish lozimligini bilamiz.

9. Elektr zaryadi. Elektr zaryadining saqlanish qonuni

Hozirgi zamon fizikasi nuqtai-nazaridan **elektr zaryadi elementar zarraning fundamental xarakteristikalaridan biri bo`lib, uning elektromagnit ta'sirlashuv qobiliyatini belgilab beradi**.

Tajribalar asosida, elektr zaryadining quyidagi xossalari aniqlangan:

1. Elektr zaryadining ishorasi tabiat tomonidan belgilab qo'yilmagan

Tabiatda, teskari xossalari ikki xil elektr zaryadi mavjud. Ular shartli ravishda manfiy (elektron) va musbat (proton) zaryadlarga ajratilgan. Agar shishani teri bilan ishqalansa musbat zaryad, ebonit (qahrabo)ni junga ishqalansa manfiy zaryadlar hosil bo`ladi. Bir turdagisi zaryadlar bir-biridan qochadi, turli ishorali zaryadlar esa bir-birini tortadi.

2. Elektr zaryadi relyativistik invariant kattalikdir, u zaryad tashuvchining harakati tufayli o'zgarib qolmaydi.

Masalan, elektron qanday harakatda qatnashishidan qat'iy nazar, uning zaryadi doimo bir xilligacha qoladi.

3. Elektr zaryadi additivlik xususiyatiga ega, ya'ni istalgan sistemaning zaryadi shu tizimdagи barcha zarralar zaryadlarining algebraik yig'indisiga teng.

Masalan ionning elektr zaryadi atom yadrosi zaryadi va ionlashishidan so'ng qolgan elektronlar zaryadining algebraik yig'indisiga teng.

4. Tabiatda uchraydigan barcha elektr zaryadlarni diskret va yoki boshqacha aytganda ular elementar zaryad ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ K}_\text{L}$) ga karralidirlar. Bu elektr zaryadlarining **kvantlanganlik xossasi** deb ham yuritiladi. Elektron manfiy elementar zaryadni, proton ($m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ к}_\text{г}$) - musbat elementar zaryadni tashuvchilar hisoblanishadi. $Q = \pm Ne$.

5. Istalgan berk sistemadagi elektr zaryadlarining algebraik yig'indisi, bu sistemaning ichida qanday o'zgarish bo'lishidan qat'iy nazar, o'zgarmaydi. Bu elektr zaryadlarining saqlanish qonuni deyiladi. Bu qonun tajriba natijalarini umumlashtirish orqali kelib chiqadi. Uni ingliz fizigi M.Faradey 1843 yilda eksprimetda tasdiqladi.

Elektr zaryadining yuqorida ko'rsatib o'tilgan 1-5 bandlardagi xossalari fundamental qonunlar ekanini ta'kidlab o'tamiz. Ularni boshqa hech bir fizik qonundan keltirib chiqarib bo'lmaydi. Hozirgi kungacha tabiatda bu xossalarga qarama-qarshi keluvchi biror-bir hodisa kuzatilmagan.

Jismdagи erkin zaryadlar kontsentratsiyasiga bog'liq holda ularni **o'tkazgichlar**, **dielektriklar** va yarim **o'tkazgichlarga** ajratish mumkin. **o'tkazgichlar ikki** guruhga bo'linadi:

1. **I - turdagи o'tkazgichlar** (metallar) – ularda zaryadlar (erkin elektronlar)ning ko'chishi tufayli moddalarda kimyoviy o'zgarishlar kuzatilmaydi.
2. **II - turdagи o'tkazgichlar** (erigan tuzlar, kislota va ishqor eritmali) - da zaryadlar (musbat va manfiy ionlar) ning ko'chishi natijasida kimyoviy o'zgarishlar (almashinish)lar kuzatiladi.

Dielektriklar (shisha, plastmassa, qaxrabо, distillangan suv, spirt va hokazo) bu deyarli erkin zaryadlarga ega bo'lмаган jismgardir.

Yarim o'tkazgichlar (germaniyl, kremniy, selen va grafit) esa orliq holatni egallaydigan jismardir. Ularning elektr o'tkazuvchanligi sezilarli tarzda tashqi sharoit, asosan teperaturaga bog'liq bo'ladi.

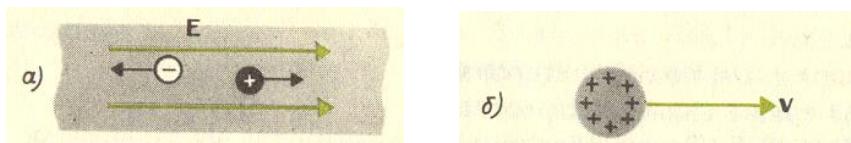
Elektr zaryadi (elektr miqdori)ning birligi

$$[Q] = \text{Кл} \quad (\text{Кулон}) \quad \text{Кл} = A \cdot c$$

1 Kl – o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan 1s ichida (undan 1A tok o'tib turgani holda) oqib o'tadigan zaryad miqdoridir.

10. Elektr toki. Tok kuchi va uning zichligi

Tartiblangan holda, yo'nalish olib harakatlanuvchi zaryadlar oqimini **elektr toki** deyiladi. Elektr maydon ta'siri ostida o'tkazgichdagi erkin zaryadlar harakatlanib, musbatlari maydon bo'ylab, manfiylari esa teskari yo'nalishda siljiy boshlaydilar. Buni **o'tkazuvchanlik toki** deb ataymiz. O'tkazuvchanlik toki elektr maydonining ta'siri ostida hosil bo'ladi. Bu holda, o'tkazgichdagi zaryadlarning (elektrostatik) taqsimot muvozanati buziladi uning sirti va hajmi sohalari ekvipotensial bo'lmay qoladi. O'tkazgichning ichida elektr maydoni paydo bo'ladi, uning sirtidagi maydon kuchlanganligining urinma tashkil etuvchisi esa $\vec{E} \neq 0$ bo'ladi. O'tkazgichdagi zaryad taqsimoti uning barcha nuqtalari ekvipotensial holga kelmaguncha davom etadi. Agar tok fazodagi zaryadli makroskopik jismrlarning siljishi tufayli hosil bo'lsa, uni **konvektsiya toki** deb yuritamiz.



1-rasm

Elektr tokining hosil bo'lishi va barqaror turishi uchun eng avvalo erkin siljiy oladigan zaryadli zarrachalar bo'lishi, so'ngra esa ularni energiya bilan doimiy ta'minlab turuvchi elektr maydoni mavjud bo'lishi lozim. Elektr tashuvchi zaryadli zaryadlar quydagilardan iborat:

- Metallarda erkin elektronlar;
- Elektrolitlarda musbat va manfiy zaryadli ionlar;
- Gazlar va plazmada ionlar va elektronlar;
- Yarimo'tkazgichlarda elektronlar va tirqishlar;

Tokning yo'nalishi sifatida shartli ravishda musbat zaryadlarning harakat yo'nalishi qabul qilingan.

Elektr tokini miqdoriy jihatdan xarakterlash uchun **tok kuchi** degan skalyar fizik kattalik kiritiladi. *Baqt birligi ichida o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan oqib o'tuvchi zaryad miqdorini aniqlovchi kattalikni **tok kuchi** deb ataymiz.*

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

*Agar vaqt o'tishi bilan tokning son qiymati va yo'nalishi o'zgarmasa uni o'zgarmas **tok** deyiladi.*

$$I = dQ/dt \quad \text{agar } I = \text{const bo'lsa, } I = Q/t$$

$$\text{Tok kuchining o'lchov birligi } [I] = A(\text{amnep})$$

O'rganilayotgan sirtning turli nuqtalaridagi tok yo'nalishini va tok kuchining shu sirt bo'yicha taqsimlanishini xarakterlash uchun tok zichligi deb ataluvchi kattalik kiritiladi:

*O'tkazgichning birlik ko'ndalang kesim yuzasidan o'tuvchi tok kuchining son qiyimatini ko'rsatuvchi vektor fizik kattalikni **tok zichligi** deyiladi.*

$$j = \frac{dI}{dS_{\perp}}, \quad I = \frac{dQ}{dt} = ne <\vartheta> S$$

Shunda, tok zichligi:

$$\vec{j} = ne <\vec{\vartheta}>$$

Bunda $<\vartheta>$ - o'tkazgichdagi zaryadlar tartibli harakatining o'rtacha arifmetik tezligi, n - tok tashuvchi zarrachalar kontsentratsiyasi; e-elementar zaryad.

Tok zichligining o'lchov birligi: $[j]=A/m^2$.

Istalagan S sirt orqali o'tuvchi tok kuchi j vektorning oqimi sifatida aniqlanadi:

$$I = \int_s j dS$$

bunda $\vec{dS} = \vec{n} dS$ $\left(\vec{n} - dS \text{ юзага утказилган бирлик нормал вектор} \right)$

Agar S berk sirt bo'ylab, $d\bar{S}$ vektor hamma joyda tashqi \bar{n} normal bo'yicha o'tkazilgan bo'lsa; unda: $dQ = -Idt$. $\oint \vec{j} d\bar{S} = -\frac{dQ}{dt}$

Bu tenglamani **uzilmaslik tenglamasi** deyiladi. Agar tok o'zgarmas bo'lsa, zaryad $Q=const$ va $\oint \vec{j} d\bar{S} = 0$ shart bajariladi.

11. Plazma haqida tushuncha.

Yuqori darajada ionlashgan, lekin kichik makroskopik hajmda elektroneytral (ya'ni musbat va manfiy zaryadlar soni amalda o'zaro teng) bo'lgan gaz **plazma** deb ataladi. Ionlashganlik darajasi $\alpha=1$ bo'lsa, plazma to'liq, aks holda to'liqsiz ionlashgan bo'ladi. Plazmani ikki usul bilan hosil qilish mumkin:

1. O'ta yuqori temperaturalargacha qizdirilgan gaz molekulasingning o'zaro to'qnashuvlari tufayli ionlanish sodir bo'ladi. Masalan $T>10000$ K da har qanday modda plazma holatida bo'ladi. Barcha yulduzlar, xususan quyosh ham ana shunday yuqori temperaturali plazmadan iborat.

2. Gazdan elektr tok o'tishi (elektr razryad) jarayonida ham plazma hosil bo'ladi. Lekin, bunda ionlar elektronlarning temperaturalari keskin farq qiladi. Masalan, yolqin razryadda elektronlar temperaturasi 10000 K bo'lsa, ionlar temperaturasi esa 2000 K dan ortmaydi.

Erning ionosferasidagi plazma Quyosh nurlanishi tufayli atmosferadagi gaz molekulalarining fotoionlashuvi natijasida vujudga keladi. Plazma radioto'lqinlarni qaytaradi, chunki u elektromagnit maydon bilan ta'sirlashadi.

Plazmaning eng asosiy xususiyati uning kvazineytralligidir. Plazmada katta elektr maydonlar vujudga kelmaydi. Buning sababi quyidagicha: plazmaning biror qismida ionlarning to'planib qolishi natijasida vujudga kelgan elektr maydon

chiqib ketayotgan elektronlarga tormozlovchi ta'sir ko'rsatadi, so'ng ularni orqaga qaytaradi. Shu tarzda elektronlarning tebranish harakati vujudga keladi. Bu tebranishlarning chastotasi va amplitudasi quyidagicha aniqlanadi:

1. Plazma tebranishlarining chastotasi (**Lengmor chastotasi:**)

$$\omega = \sqrt{\frac{e^2 n_e}{\epsilon_0 m_e}}$$

bunda e – elektron zaryadi, m_e – uning massasi, n_e – elektronning kontsentratsiyasi.

2. Plazmada zaryadlar fazoviy ajraladigan masofaning maksimal qiymati (**Debay radiusi:**)

$$\lambda_d = \sqrt{\frac{\epsilon_0 k T_e}{e^2 n_e}}$$

Bunda k – Bolts'man doimiysi, T_e – plazmadagi elektronlarning termodinamik temperaturasi.

Debay radiusi λ_d zaryadlarning fazoviy ajralish masshtabini, plazma chastotasi ω esa zaryadlarning ajralmagan holatga qaytish davrini, ya'ni plazmaning zaryad jihatdan neytralligini tiklash davrini xarakterlaydi. Bu ikki kattalik plazmaning asosiy xarakteristikalarini hisoblanadi.

Plazmadan yaqin kelajakda quyidagi yo'naliishlarda foydalanish mumkin:

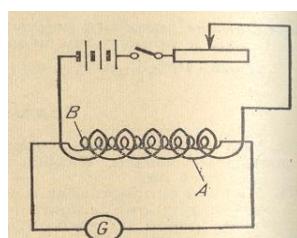
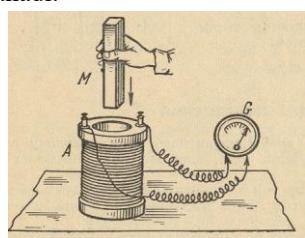
- 1.Boshqaruvchi termoyadro reaktsiyalarida;
- 2.Magnitogidrodinamik generatorlarda

12. Elektromagnit induktsiyasi hodisasi. Faradeyning qonuni

Ersted, elektr toki o'zini o'rabi turuvchi fazoda magnit maydoni hosil qilishini aniqlagach, tadqiqotchilarda «magnit yordamida tok olish mumkinmi?» degan tabiiy savol paydo bo'ldi. Bu muhim muammoni 1831 yilda ingliz fizigi M.Faradey hal qilgan. U **elektromagnit induktsiya hodisasi** deb yuritiladi. Uning mohiyati quyidagicha:

Berk kontur bilan chegaralangan yuzadan o'tayotgan magnit oqimi o'zgarsa, shu konturda **induktsion tok** hosil bo'ladi. Quyidagi ikkita tajriba yordamida uning isbotini ko'rish mumkin.

Agar doimiy magnitni gal'venometr bilan ulangan solenoid ichiga kiritsak va yoki undan chiqarsak gal'venometrda tok hosil bo'lganini kuzatamiz. Ikkala holdagi toklarning yo'naliishi o'zaro teskari bo'ladi. Bunda magnitning g'altakka nisbatan tezligi qancha katta bo'lsa, gal'venometr strelkasining og'ishi ham shuncha katta bo'ladi. Magnit qutblari o'zgartirilsa, faqat gal'venometr strelkasining og'ish yo'naliishi o'zgaradi, xolos (1-rasm). Shuningdek, magnitni qo'zg'almas holda qoldirib, g'altakni harakatlantirsak ham yuqoridagi effektning aynan o'zi takrorlanadi.



a
1-rasm

b

Bir-birining ichiga joylasha oladigan ikkita g'altak olib, ulardan birining ikki uchini gal'vanometrga ulasak va ikkinchi g'altakdan esa tok o'tkazsak unga tokni ulash va uzish paytlarida gal'vanometr strelkasining og'ishi kuzatiladi (1b-rasm). Shuningdek g'altakdagi tokning ortishi, kamayishi va yoki g'altaklarning bir-biriga nisbatan harakati paytida ham induktsion tok hosil bo'ladi. Bunda tokni ulash va uzish, uning o'sishi va kamayishi hamda g'altaklarning yaqinlashish va uzoqlashish paytlaridagi induktsion tokning yo'naliishi o'zaro teskari bo'lishini ta'kidlab o'tamiz.

Ko'p sonli tajribalar, induktsion tokning magnit maydon induktsiya oqimining qaysi usulda o'zgorganiga mutlaqo bog'liq bo'lmasligini ko'rsatadi.

Elektromagnit induktsiya hodisasi tufayli elektr va magnit hodisalari orasidagi bog'lanish tiklandi. Natijada yagona elektromagnit maydon nazariyasi yaratildi.

Elektromagnit induktsiya hodisasi fundamental mohiyatga ega bo'lib, uning asosiy mohiyati Faradey qonuni bilan ifodalanadi:

Qanday sabab bilan sodir bo'lishidan qat'iy nazar, berk kontur bilan chegaralangan yuza orqali o'tuvchi magnit oqimining har qanday o'zgarishi natijasida konturda induktsion **EYUK** (va demakki induktsion tok) hosil bo'ladi.

Uning miqdori faqat shu sirdan sizib o'tayotgan magnit oqimining o'zgarish tezligi bilangina aniqlanadi:

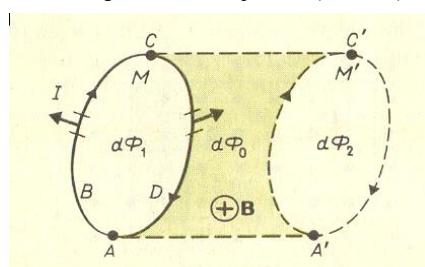
$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\frac{d\Phi}{dt} > 0 \text{ da } \varepsilon_i < 0, \frac{d\Phi}{dt} < 0, \text{ булганда эса } \varepsilon_i > 0 \text{ булишини курсатади}$$

Bu Holdagi minus ishorasi, 1833 yilda E.X.Lents tomonidan aniqlangan, induktsion tokning yo'naliishini oydinlashtirish umumiyligini qoidasining matematikaviy ifodasi bo'ylab xizmat qiladi. Konturda hosil bo'luvchi tok shunday yo'naladiki, uning magnit maydoni shu induktsion tokni hosil qiluvchi maydon o'zgarishini qoplash (kompensatsiyalash)ga intiladi.

Faradey qonunini energiyaning saqlanish qonunidan bevosita keltirib chiqarish ham mumkin

Bir jinsli magnit maydoniga joylashtirilgan I tokli o'tkazgichni dx masofaga siljishida Amper kuchi A miqdorda ish bajaradi (2-rasm). A=IdF



2-rasm

Agar konturning to'la qarshiligi R bo'lsa, bajarilgan ish ajralib chiqadigan issiqlik miqdori va o'tkazgichni magnit maydon bo'ylib ko'chirishda bajaradigan ishning yig'indisidan tashkil topadi:

$$\varepsilon dt = I^2 R dt + Id\Phi$$

$$I = \left(\varepsilon - \frac{d\Phi}{dt} \right) / R$$

bunda $-\frac{d\Phi}{dt} = \varepsilon_i$ – induktsion EYUK bo'lib, u Faradey qonuni hisoblanadi.

Induktsion EYUK ning o'lchov birligini aniqlaymiz:

$$\left[\frac{d\Phi}{dt} \right] = \frac{B\delta}{c} = \frac{Tl \cdot m^2}{c} = \frac{H \cdot m^2}{A \cdot mc} = \frac{\mathcal{K}}{A \cdot c} = \frac{A \cdot Bc}{A \cdot c} = B$$

13.YORUG'LIK INTERFERENSIYASI

Yorug`likning korpuskulyar va to`lqin tabiat. Gyugens prinsipi

Ko`p asrlik tajribalar natijasida va yorug`lik haqidagi tasavvurlarning kengayishi oqibatida-yorug`likning **korpuskulyar** (N.Nyuton) va **to`lqin** (R.Guk va X.Gyugens) nazariyalari yaratildi. Korpuskulyar nazariyaga binoan yorug`lik-nurlanayotgan jismlardan otilib chiquvchi zarra (**korpuskula**)lardan iborat bo`lib, ular to`g`ri chiziq bo'ylib tarqaladilar.

To`lqin nazariyasida esa yorug`lik-efir deb ataluvchi muhitda tarqaluvchi elastik to`lqindan iborat bo`lib, u barcha jismlardan sizib o`tuvchi va elastikklikka hamda ma`lum zichlikka ega bo`lgan muhit deb qabul qilingan.

To`lqin nazariyasi **Gyugens prinsipiga** asoslanadi: to`lqin yetib borgan har bir nuqta ikkilamchi to`lqin manbasi bo`lib hisoblanadi. Ulardan paydo bo`lgan to`lqinlarning qo`shilib, bir sirtga birlashishi natijasida vaqtning keyingi momenti uchun to`lqin fronti hosil bo`ladi.

Gyugens prinsipi yorug`likning tarqalishini tahlil qilishga hamda uning qaytish va sinish qonunlarini keltirib chiqarishga imkon beradi.

Bu nazariyalar amalda qo'llanilganda ba`zan o`zaro teskari xulosalar, natijalar kelib chiqdi. Buni yorug`likning sinishi misolida ko`rishimiz mumkin.

1. N.Nyuton nazariyasiga ko`ra:

$$\frac{\sin i_2}{\sin i_1} = \frac{\vartheta}{c} > n \quad (1)$$

bunda c – yorug`likning vakumda, ϑ - esa muhitda tarqalish tezliklari Muhitda doimo $n > 1$ bo`lgani uchun $\vartheta > s$ kelib chiqadi, bu tajriba natijalariga ziddir.

2. Gyugens nazariyasiga binoan:

$$\frac{\sin i_2}{\sin i_1} = \frac{c}{\vartheta} > n \quad (2)$$

1851 yilda E.Fuko (va unga bog`liq bo`limgan holda A.Fizo) yorug`likning suvda tarqalish tezligini o`lchab, u (2) formulaga mos kelishini aniqladilar.

Shuningdek ingлиз fizigi T.Yung va fransuz olimi O.Frenelning tadqiqotlari natijasida yorug`likning to`lqin nazariyasi butunlay e`tirof etildi.

Lekin shunga qaramasdan to`lqin nazariyasi efir tufayli interferensiya, difraksiya va qutblanish kabi hodisalarini tushuntirishida qator qiyinchiliklarga uchraydi. Bu nazariya turli ranglar mavjudligining fizikaviy tabiatini ochib berolmaydi.

Keyinchalik, yorug`likning elektr va magnitizm bilan o`zaro bog`liqligi ma`lum bo`ldi. Shunga asoslanib Maksvell yorug`likning elektromagnit nazariyasini yaratdi.

Undan $c/\vartheta = \sqrt{\epsilon\mu} = n$ ekanligi ma`lum bo`ldi.

Bu ifoda moddaning optik, elektrik va magnit doimiylarini o`zaro bog`laydi. Lekin bu nazariya yorug`likning dispersiyasini tushuntira olmadni, Lorens yorug`likning elektron nazariyasini yaratib, bu muammoni bartaraf etdi.

Shuningdek Maksvell nazariyasi yorug`likning nurlanish va yutilishi jarayonlarini, fotolektrik effektni, Kompton sochilishlarini tushuntira olmadni. Lorens nazariyasi ham absolyut qora jism issiqlik nurlanishida energyaning to`lqin uzunliklari bo`yicha taqsimplanishi qanday bo`lishini hal qilib berolmadni.

Yuqorida qayd qilingan kamchilik va qarama-qarshiliklar M.Plank tomonidan yaratilgan yorug`likning kvant nazariyasi asosida to`la bartaraf etildi. M.Plank, yorug`likning nurlanishi va yutilishi faqat ma`lum diskret porsiya (kvant)lar shaklida sodir bo`ladi degan gipotezani ilgari surdi. Bunda kvant energiyasi tebranishlar chastotasi v bilan aniqlanadi.

$$\epsilon_0 = h\nu$$

bunda h - Plank doimiysi.

Plank nazariyasi efir tushunchasiga ehtiyoj sezmadni. U qora jism nurlanishni to`la tushuntirib berdi. 1905 yilda A. Eynshteyn yorug`likning kvant nazariyasini ishlab chiqdi. Unga binoan nafaqat yorug`likning nurlanishi va balki uning tarqalishi ham yorug`lik kvantlari oqimi-fotonlar tarzida sodir bo`ladi. Bu fotonlarning massasi:

$$m_\phi = \frac{\epsilon_0}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}$$

Yorug`likning kvant tasavvuri yorug`likning nurlanish va yutilishi qonunlariga, shuningdek yorug`likning moddalar bilan o`zaro ta`sirlashuv qonunlariga mutlaqo mos tushadi.

Lekin ayni paytda yorug`likning interferensiya, difraksiya va qutblanish nazariyalariga esa to`g`ri kelmadi. Ma`lumki ular yorug`likning to`lqin tasavvuri asosida juda oson tushuntiriladi. Yuqoridagilardan yorug`likning murakkab tabiatga ega ekanligi ma`lum bo`ladi. U o`zaro teskari, ya`ni ayni bir paytda ham diskret va ham uzlusiz bo`lgan – korpuskulyar (kvant) va to`lqin (elektromagnit)

kabi harakat turlarining birligini o`zida namoyon etadi. Hozirgi tasavvurga ko`ra yorug`lik korpuslar-to`lqin dualizmi tabiatiga ega.

14.Yorug`lik dispersiyasi. Normal va anomal dispersiya

Modda sindirish ko`rsatgichi n ning yorug`lik chastotasi v (to`lqin uzunligi λ) ga bog`liq bo`lishi yoki yorug`lik to`lqinlari fazoviy tezligi v ning – uning chastotasi v ga bog`liq bo`lish hodisasiga yorug`lik dispersiyasi deyiladi:

$$n=f(\lambda)$$

Dispersiya natijasida – prizmaga tushgan oq yorug`lik, undan o`tgach spektr (rang)larga ajralib ketadi. Yorug`lik dispersiyasini 1672 - yilda Nyuton tajribada kuzatgan.

Prizmada sodir bo`ladigan yorug`lik dispersiyasi bilan tanishamiz. Sindirish ko`rsatkichi n bo`lgan prizmaga monoxromatik ingichka yorug`lik dastasi α_1 burchak ostida tushayotgan bo`lsin. Nur prizmaning chap va o`ng qirralarida ikki marta singanidan so`ng, o`zining dastlabki tarqalish yo`nalishidan γ burchakka og`ib qoladi

Rasmdan quyidagilarni aniqlash mumkin:

$$\varphi = (\alpha_1 - \beta_1) + (\alpha_2 - \beta_2) = \alpha_1 + \alpha_2 - A$$

A va α_1 burchaklar kichik olinsa, unda α_2 , β_1 va β_2 burchaklar ham kichik bo`ladi, shunda bu burchaklarning sinuslari o`rniga – ularning qiymatlarini ishlatish mumkin. Shu sababli $\alpha_1/\beta_1=n$, $\beta_1/\alpha_2=1/n$ va $\beta_1+\beta_2=A$ bo`ladi. Shunda:

$$\alpha_2 = \beta_2 n = n(A - \beta_1) = n(A - \alpha_1) / t = nA - \alpha_1,$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 = nA$$

Yuqorida keltirilganlarni yakunlab quyidagini olamiz.

$$\varphi = A(n-1)$$

Ya`ni, prizmaning sindirish burchagi A qancha katta bo`lsa, prizmadan chiqqan nuring og`ish burchagi shuncha katta bo`lar ekan.

Shuningdek, prizmaning nurni og`dirish burchagi φ , n-1 kattalikka ham bog`liq bo`ladi. Ma`lumki n-to`lqin uzunligining funksiyasi hisoblanadi, shuning uchun prizmadan o`tgan turli to`lqin uzunlikli nurlar har xil burchakka og`adilar, ya`ni yorug`likning ingichka dastasi prizmada spektr (rang) ajralib ketadi. Prizma yoki difraksion panjara yordamida yorug`likni spektrlarga ajratib, uning spektral tarkibini aniqlash mumkin.

- 1) Difraksion panjara o`ziga tushayotgan yorug`likni bevosita to`lqin uzunligiga bog`liq holda ajratadi, shuning uchun burchaklarning o`zgarishiga qarab, to`lqin uzunligini hisoblash mumkin. Prizmada yorug`likni spektrlarga ajratish esa sindirish ko`rsatgichiga mos holda sodir bo`ladi, shu sababli to`lqin uzunlikni aniqlash uchun $n=f(\lambda)$ bog`lanishni bilish kerak.
- 2) Difraksion panjara va prizmada olinadigan spektrlarda ranglarning joylashish tartibi (ketma-ketligi) turlicha bo`ladi. Difraksion panjarada og`ish burchagi sinusi yorug`likning to`lqin uzunligiga proporsional bo`ladi. Shuning uchun siyohrang nurga nisbatan katta to`lqin uzunligiga

ega bo`lgan qizil nurlar ko`proq og`adi. Prizmada esa nurlarning og`ishi n ga bog`liq. Barcha shaffof moddalarda to`lqin uzunligi oshgan sari n monoton kamayadi. (18-rasm)

Shuning uchun siyohrang nurlarga nisbatan kichik sindirish ko`rsatgichiga ega bo`ladigan qizil nurlar prizmada kuchsiz (kamroq) og`adi.

$D = \frac{dn}{d\lambda}$ kattalikni moddaning dispersiyasi deb yuritamiz. U to`lqin uzunligi o`zgarishiga bog`liq holda sindirish ko`rsatkichining qanday tezlik bilan o`zgarishini bildiradi (18-rasm). λ to`lqin uzunligi kamayganda $\frac{dn}{d\lambda}$ kattalik ortsa uni normal dispersiya deyiladi. Yorug`likning muhitlarda yutilishlari chiziqli sohalarida atrofida $n(\lambda)$ dispersiya egrisi chizig`i boshqacharoq ko`rinishda bo`ladi: λ kamayishi bilan n ham kamayadi. Bunday bog`lanishni anomal dispersiya deyiladi (19-rasm).

15. Atomning Tomson va Rezerford modellari

1903-yilda ingliz olimi Dj. Dj. Tomson to`plangan tajriba ma`lumotlariga asoslanib, birinchi atom modelini yaratishga muvofiq bo`ldi. Unga binoan atom radiusi 10^{-10} m li uzlusiz, bir tekis zaryadlangan shardan iborat bo`lib, uning ichida elektronlar o`zlarining muvozanat vaziyatlari atrofida tebranib turadi. Bunda elektronlarning yig`indi zaryadi sharning musbat zaryadiga son jihatdan teng. Shu sababli atom elektroneytral zarra sifatida namoyon bo`ladi. Lekin keyinchalik atom ichida uzlusiz musbat zaryad taqsimoti haqidagi tasavvurlar noto`g`ri ekanligi isbot qilindi.

Ingliz olimi E. Rezerford α – zarralarning moddada sochilishini o`rganib, atomning tuzilishi haqida Tomson modelidan prinsip jihatdan farq qiluvchi mutlaqo yangi xulosalarga keldi. Moddalarning radioaktiv almashinuvida α – zarrachalar hosil bo`ladi. Ular 2 /e/ musbat zaryadga ega, massasi esa elektron zaryadidan 7300 marta katta bo`lgan zarrachalardir.

Rezerford α – zarralarning modda (qalinligi 1 mkm bo`lgan yupqa oltin folga) dan o`tishini kuzatib, α – zarralarning asosiy qismi o`z yo`nalishini juda oz (sezilarsiz) o`zgartirganini, qolgan qismi (har 20 000 tadan bittasi) esa yo`nalishini keskin o`zgartirganini (burilish burchagi hatto 180^0 gacha borganligini) ko`rsatdi. Albatta, elektronlar nisbatan juda og`ir, katta tezlikli α – zarrachalarning harakatini u qadar o`zgartirishga qodir emas. Shuning uchun Rezerford α – zarralarning keskin burilishiga ularning katta massali musbat zaryad bilan o`zaro ta`sirlashuvi sababchi bo`ladi deb, xulosaga keldi. Lekin juda oz sondagi α – zarrachalarda bunday hol kuzatiladi. Demak, faqat o`shalargina musbat zaryad yonidan o`tishadi. Bundan esa musbat zaryadning atom ichidagi juda kichik bir hajm (nuqta) da joylashgani kelib chiqadi.

O`zining tadqiqotlari asosida 1911 - yilda Rezerford atomning yadroviy (planetar) modelini ilgari surdi. Bu modelga asosan musbat **Ze** (**Z** – elementning Mendeleyev davriy sistemasidagi tartib raqami, **e** – elementar zaryad) zaryadli yadro atrofida berk orbitalarda atomning elektron qobig`ini hosil qilib elektronlar

harakatlanadilar. Yadroning o`lchami 10^{-15} - 10^{-14} m, massasi esa amalda atom massasiga teng. Atomning o`lchami esa 10^{-10} m ni tashkil qiladi. Atom elektroneytrall bo`lishini e`tiborga olsak, yadro zaryadi bilan elektronlarning yig`indi zaryadi o`zaro teng degan xulosaga kelamiz. Undan esa yadroning atrofida **Z** dona elektron r orbita bo`ylab aylanishi ma`lum bo`ladi. Kulon kuchi ta`siri ostida elektron markazga intilma tezlanish oladi. Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan:

$$\frac{Zee}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{m_e g^2}{r}$$

bunda m_e va g - r radiusi orbitadagi elektronning massasi va tezligi.

Bu tenglamada ikkita no`malum bo`lgani uchun r radius va unga mos keluvchi g tezlikning (va demakki YE energiyaning) juda ko`p yechimlari mayjud bo`ladi, ya`ni bu miqdorlar uzlusiz ravishda o`zgarishi mumkin. Unda atomlarning spektri tutash bo`ladi. Amalda esa tajribalar atomlarning spektri chiziqli ekanligini ko`rsatadi. Yuqoridagi tenglama bo`yicha, $r \approx 10^{-8}$, $g \approx 10^6 \text{ m/s}$ bo`lsa elektron $g^2/r = 10^{22} \text{ m/s}^2$ tezlanish oladi, elektrodinamika qonuniga ko`ra tezlanish bilan harakat qilayotgan har qanday zaryad (xususan elektron) o`zidan elektromagnit to`lqinlar chiqaradi va energiyasini uzlusiz yo`qotib boradi. Bu xolda elektron yadroga yaqinlashib, oqibatda unga qulab tushadi. Shunday qilib, Rezerford modeli atomni mo`rt tizim holatida ifodalaydi. Bu fakt ham haqiqatga ziddir. Klassik fizika doirasida atom modelini yaratishga bo`lgan intilish besamar yakunlandi. Tomson modeli Rezerford tajribalari bilan rad qilindi. Yadroviy model esa elektrodinamika jihatda mo`rt bo`lib chiqdi va tajriba natijalariga zid oqibatlar keltirib chiqardi. Bu qiyinchiliklarni bartaraf qilish uchun mutlaqo yangi prinsiplarga asoslangan kvant fizikasi hamda va unga muvofiq keluvchi atom nazariyasi yaratildi.

“Fizika” fanidan joriy nazorat savollari

1. Molekulyar – kinetik nazariyaning asosini nima tashkil qiladi?

- A. Barcha moddalar kichik zarralar – atom va molekulalardan tashkil topgan.
- B. Moddalarning atomlari va molekulalari doimo uzlusiz xaotik xarakat qiladi.
- S. Istalgan moddalarning zarralari orasida o`zaro ta`sir tortishish va itarish kuchlari mavjuddir. Bu kuchlar elektromagnit tabiatga ega.
- D. Xamma javob to`g`ri.

2. Molekulalarning o`lchamlari qanday bo`ladi?

- A. 10^{-4} m
- B. 10^{-6} m
- S. 10^{-8} – 10^{-10} m
- D. 10^{-12} m

3. Ideal gaz deganda qanday gaz tushuniladi?

- A. Gaz molekulalarining o`lchami idish o`lchamidan juda kichik.
- B. Gaz molekulalari orasida o`zaro ta`sir kuchi mayjud emas.
- S. Gaz molekulalarining o`zaro va idish devorlari bilan to`qnashishi absolyut elastik.
- D. Xamma javoblar to`g`ri.

4.Izoyerayonlarga qanday jarayonlar kiradi.

- A. Izotermik
- B. Izobarik
- C. Izoerik
- D. Xamma javoblar to'g'ri

5.Boyl – Mariott qonuni qanday kattaliklarni o'zaro bog'laydi?

- A. Bosim bilan xajmni ($T = \text{const}$)
- B. Xajm bilan temperaturani ($P = \text{const}$)
- C. Bosim bilan temperaturani ($V = \text{const}$)
- D. Xamma parametrlar o'zgarmas bo'ladi.

6.Gey – Lyussak qonuni qanday parametrlarni bog'laydi?

- A. Bosim bilan xajmni ($T = \text{const}$)
- B. Xajm bilan temperaturani ($P = \text{const}$)
- C. Bosim bilan temperaturani ($V = \text{const}$)
- D. Xamma parametrlar o'zgarmas bo'ladi.

7.SHarl qonuni qanday kattaliklarni o'zaro bog'laydi?

- A. Bosim bilan xajmni ($T = \text{const}$)
- B. Xajm bilan temperaturani ($P = \text{const}$)
- C. Bosim bilan temperaturani ($V = \text{const}$)
- D. Xamma parametrlar uzgarmas buladi.

8.Xolat tenglamasi qanday parametrlarni o'z ichiga oladi?

- A. Bosim, xajm, temperatura
- B. Bosim, xajm
- C. Xajm, temperatura
- D. Termodinamik temperatura va xajm

9.m massali gaz uchun Klapeyron – Mendeleev tenglamasini ifodalang.

- A. $PV = \text{const}$
- B. $V = V_0(1 + \alpha t)$
- C. $P = P_0(1 + \alpha t)$
- D. $PV = \frac{m}{M} RT$

10.Molekulyar – kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi qanday ifodalanadi?

- A. $P = \frac{F}{S}$
- B. $PV = RT$
- C. $P = \frac{2}{3} n \frac{m \vartheta^2}{2}$
- D. $P = m \vartheta$

11.Istalgan miqdordagi gazning ichki energiyasi qanday formuladan topiladi?

- A. $U = \frac{m \vartheta^2}{2}$
- B. $U = mgh$
- C. $U = PV$
- D. $U = \frac{m}{M} \cdot \frac{i}{2} RT$

12.Keltirilgan formula $P = P_0 e^{-\frac{\mu gh}{RT}}$ nimani ifodalarydi?

- A. Molekulalarning tezliklar bo'yicha taqsimotini
- B. Atmosfera bosimining balandlikka bog'liqligini
- C. Molekulalarning sonining balandlikka qarab o'zgarishini
- D. Erkin yugurish yo'li uzunligini

13.Keltirilgan formula $n = n_0 e^{-\frac{mgh}{kT}}$ nimani ifodalaydi?

- A. Molekulalarning tezliklar bo'yicha taqsimotini
- B. Atmosfera bosimining balandlikka bog'liqligini
- C. Molekulalarning sonining balandlikka qarab o'zgarishini
- D. Erkin yugurish yo'li uzunligini

14.Molekula erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi nimalarga bog'liq bo'ladi?

- A. Molekula effektiv kesimiga
- B. Molekula konsentrasiyasiga
- C. Molekula diametriga
- D. Xamma javob to'g'ri.

15.Kuchish xodisalarini keltirilgan kattaliklardan qaysilari xarakterlaydi?

- A. Qovushqoqlik
- B. Issiklik o'tkazuvchanlik
- C. Diffuziya
- D. Xammasi

16.Real gazning xolat (Van – der – Vaal's) tenglamasi qanday ifodalanadi?

A. $(P + \frac{a}{V^2}) (V_{\text{km}} - b) = RT$

B. $PV = \text{const}$

C. $PV = RT$

D. $PV = \frac{m}{M} RT$

17.Kritik nuqta tushunchasi nimani ifodalaydi?

- A. To'yingan bug' va suyuqlik orasidagi farq bo'lmaydigan nuqtani
- B. Suyuklikning bug'ga aylanish nuqtasini
- C. Kritik temperaturadan yuqori temperaturada biror xolatda turgan modda xar qancha qisilganda xam suyuklikka aylanmasligini
- D. Xamma javob to'g'ri

18.Adiabatik jarayon deganda nima tushuniladi?

- A. Atrof muxit bilan issiqlik miqdori almashmasdan ro'y beradigan jarayon
- B. Temperatura o'zgarmasdan ro'y beradigan jarayon
- C. Xajm o'zgarmasdan ro'y beradigan jarayon
- D. Bosim o'zgarmasdan ro'y beradigan jarayon

19.Termodinamikaning birinchi qonunining matematik ifodasi qanday?

A. $dQ = dU + A$

B. $A = P \cdot dV$

C. $Q = cmT$

D. $A = FS$

20.Termodinamikaning ikkinchi qonuni qanday ta'riflanadi?

- A. Issiklik miqdori o'z – o'zidan past temperaturali jismidan yuqori temperaturali jismga o'tmaydi.
- B. Issiqlik miqdori to'laligicha ishga aylanadigan jarayon bo'lishi mumkin emas.
- C. Sistemaga berilgan issiqlik miqdori sistemaning ichki energiyasini oshirishga va sistemaning tashqi jismlar ustida ish bajarishiga sarflanadi.
- D. Xamma javob to'g'ri.

21.Karno siklining foydali ish koefisienti qanday aniqlanadi?

A. $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$

B. $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

S. $\eta = \frac{1}{3} \rho g \lambda$

D. A va B.

22. Absolyut namlik deb nimaga aytildi?

A. Suv bug'larining xavoda to'yning xolatiga

B. Xavo tarkibidagi bug'larning suvgaga aylanishiga

S. 1 m³ xavo tarkibida mavjud bo'lgan suv bug'inining miqdorini ko'rsatuvchi kattalikka

D. Dinamik muvozanat ro'y berish xodisasiga

23. Sirt taranglik koeffisienti qanday formuladan aniqlanadi?

A. $\alpha = \frac{1}{273}$

B. $\alpha = \frac{F}{l}$

S. $\alpha = \frac{\Delta A}{\Delta S}$

D. $\alpha = \frac{\Delta E}{\Delta S}$

24. Kapillyarlik qanday formuladan aniqlanadi?

A. $h = \frac{2\alpha}{\rho g}$

B. $h = \frac{\alpha}{\rho g R}$

S. $h = \frac{2\alpha}{\rho g R}$

D. $\alpha = \frac{\Delta P R}{2}$

25. Tebranma xarakat deb nima aytildi?

A. Muvozanat xolatidan o'ngga siljishiga

B. Muvozanat xolatidan chapga siljishiga

S. Muvozanat vaziyatidan gox o'ngga gox chap tomonga xarakatlanadigan jism xarakatiga

D. Muvozanat vaziyati atrofida davriy bo'limgan xarakatga

26. Tebranma xarakat bo'lishi uchun qanday shart bajarilishi lozim?

A. Jism muvozanat vaziyatiga ega bo'lishi va uni muvozanat xolatidan chiqqandan so'ng oldingi vaziyatiga qaytaruvchi kuch bo'lishi.

B. Faqat muvozanat vaziyatiga ega bo'lishi

S. Faqat uni oldinga xolatga qaytaruvchi kuch bo'lishi

D. Muvozanat xolatdan siljiganda uni ushlab turadigan kuch bo'lishi

27. Tebranma xarakat qanday kattaliklar bilan xarakterlanadi?

A. Amplitudasi bilan

B. Davri bilan

S. Chastotasi bilan

D. Xamma javoblar to'g'ri

28. Tebranma xarakat chastotasi birligi qanday bo'ladi?

A. m/c

B. m/c^2

S. Герц

D. Тесла

29. Tebranma xarakat tenglamasining differensial ko'rinishini toping.

A. $\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{kxa}{m}$

B. $\frac{md^2x}{dt^2} = kx$

S. $x'' + \omega_0^2 x = 0$

D. $\frac{d^2x}{dt^2} = \omega_0 x$

30. Tebranma xarakat differensial tenglamasining echimi qanday bo'ladi?

- A. $x = a \cos(\omega_0 t)$ B. $x = a^2 \cos(\omega_0 t)$
S. $x = a \cos^2(\omega t)$ D. $x = a \cos(\omega_0 t + \alpha)$

31. Garmonik tebranish deb nimaga aytildi?

A. Jism siljishiga qamara – qarshi ravishda muvozanat vaziyatiga qarshi tomonga yo'nalgan kuch ta'sirida sodir bo'luvchi erkin tebranishga

B. Jism siljishiga mos ravishda muvozanat vaziyati tomon yo'nalgan kuch ta'sirida sodir bo'luvchi erkin tebranishga

S. Gravitasjon kuchlar ta'sirida bo'ladigan tebranishlarga

D. Faqat ichki molekulyar kuchlar ta'sirida bo'ladigan tebranishlarga

32. Matematik mayatnikning tebranish davri nimaga bog'liq?

- A. Mayatnikning uzunligiga
B. Erkin tushish tezlanishiga

S. Mayatnikning uzunlididan chiqarilgan kvadrat ildizga to'g'ri va erkin tushish tezlanishidan chiqarilgan kvadrat ildizga teskari proporsional bog'liqdir.

D. Tebranish amplitudasiga

33. Fizik mayatnikning tebranish davrini ifodalang.

- A. $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl}}$ B. $T = 2\pi \sqrt{Lc}$
S. $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ D. $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mg}}$

34. Rezonans hodisasi deb nimaga aytildi?

A. Chastotaning biror aniq qiymatida tebranish amplitudasining ortib ketishiga

B. Majbur etuvchi chastotaning tebranish davriga ta'sir etishiga

S. Majburiy tebranish chastotasining uzunlikka bog'liqligiga

D. Sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuch o'zgarishlarining chastotasi sistemaning erkin tebranishlari chastotasi bilan tenglashganda majburiy tebranishlar amplitudasining keskin oshishiga.

35. Ko'ndalang to'lqinlar qanday xosil bo'ladi?

- A. Muxit zarralari nurga parallel ravishda tebranganda
B. Garmonik tebranishlarda

S. Nogarmonik tebranishlarda

D. Muxit zarralarning xarakat yo'nalishi uning tarqalish yo'nalishiga o'zaro perpendikulyar bo'lib yo'nalganda

36. Bo'ylama to'lqinlar qanday xosil bo'ladi?

- A. Muxit zarralari nurga parallel ravishda tebranganda
B. Muxit zarralarining xarakat yo'nalishi va uning tarqalish yo'nalishi ustma – ust tushib tebranganda

S. Nogarmonik tebranishlarda

D. Garmonik tebranishlarda

37. To'lqin uzunligi qanday ifodalanadi?

- A. $n = f(\lambda)$ B. $\lambda = g \cdot T$
S. $\lambda = gT^2$ D. $\lambda = \frac{2\pi}{k}$

38. To'lqinning fazoviy tezligi qanday aniqlanadi?

- A. $u = \frac{s}{t}$ B. $u = \frac{s}{t^2}$
S. $u = \frac{dx}{dt}$ D. $u = \frac{ds}{dt}$

39. Turgun to'lqinlar qanday xosil bo'ladi?

- A. To'linlarning fazoda tarqalishida
B. To'lqinlarning muxitda tarqalishida

S. Birday amplituda davrli to'lqinning to'siqqa urilib, so'ng orqaga qaytayotganda o'zaro uchrashganida

D. To'lqinlarning fazoda uchrashishida

40. Elektromagnit to'lqinlar fazoda qanday tezlikda tarqaladi?

- A. 10^8 m/s B. 330 m/s
S. 10^{-8} m/s D. 1000 m/s

41. Quyidagi formulalardan elastiklik kuchini ko`rsating.

- A. $F = mw$ B. $F = -kx$
S. $P = mg$ D. $F_1 = -F_2$

42. Garmonik tebranayotgan sistemaning tebranish davri qanday ifodalanadi?

- A. $T = \pi\omega t$; B. $T = mgh$;
S. $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$ D. $F = mw$

43. Siklik chastota bilan chastota o`zaro qanday bog`langan?

- A. $\omega_0 = 2\pi\nu$; B. $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$;
S. $T = \frac{1}{\nu}$ D. $T = \pi\omega$;

44. Fizik mayatning keltirilgan uzunligi qanday ifodalaniladi?

- A. $I = \frac{I}{mh}$ B. $I = -\Delta I$
S. $I = V \cdot t$ D. $F = -kl$

45. Tebranishning to'lqin uzunligi deb nimaga aytildi?

A. Bir xil fazoda tebranayotgan o`zaro yaqin zarralar orasidagi masofaga

B. Tebranuvchi to'lqinlarni bosib o`tgan yo`liga

S. Tebranishning amplituda qiymatiga

D. Ikkita tebranuvchi zarralar orasidagi masofaga

46. Qanday tebranish chastotasiga ega bo`lgan tebranishlar infratovush deyiladi?

- A. Chastotasi yuqori bo`lgan tebranishlar.
B. Chastotasi o`zgaruvchan tebranishlar.
S. Chastotasi 17 Gs dan kichik bo`lgan tebranishlar.
D. Turli chastotadagi tebranishlar.

47. Qanday tebranish chastotasiga ega bo`lgan tebranishlar ultratovush deyiladi?

- A. Chastotasi yuqori bo`lgan tebranishlar.
B. Chastotasi 20 ming Gs dan ortiq bo`lgan to'lqinlar

- S. Turli chastotadagi tebranishlar
 D. Chastotasi kichik bo`lgan tebranishlar.
48. Exolot asbobi qaysi sohada qo'llaniladi?
- A. Gidroakustikada
 B. Metallurgiyada
 C. Dexqonchilikda
 D. Konchilikda
49. Bernulli tenglamasini kursating.
- A. $\frac{\rho g^2}{2} + \rho gh = 0$
 B. $\frac{\rho g^2}{2} + \rho gh + p = const$
 S. $\rho g^2 + \rho gh = 0$
 D. $\rho gh + p = const$
50. Ichki ishqalanish koeffesientining o'lchov birligi nima?
- A. N/m²
 B. H · c
 S. Puaz
 D. K₂ · M / c
51. Gaz molekulalarining tezliklarni bo'yicha taqsimlanishini qanday taqsimot deyiladi?
- A. Maksvell
 B. Bol'sman
 S. Bol'sman – Maksvell
 D. Avogadro
52. Erkinlik darajasi i - ga teng bo'lgan molekulaning o'rtacha kinetik energiyasi qanday aniqlanadi?
- A. $E = iKT$
 B. $E = 3KT$
 S. $E = \frac{3}{2} KT$
 D. $E = \frac{i}{2} KT$
53. Elektromagnit to'lqinlarning E va N vektorlari fazoda qanday tarqaladi?
- A. E va N fazoda parallel tekisliklarda tarqaladi.
 B. E va N fazoda o'zaro perpendikulyar tekisliklarda tarqaladi.
 S. E va N fazoda qarama – qarshi yo'nalishda tarqaladi
 D. E va N vektorlar turli tekisliklarda tarqaladi.
54. Poynting vektorining ifodasini ko'rsating.
- A. $\vec{S} = [\vec{E} \vec{H}]$
 B. $E = \frac{m g^2}{2}$
 S. $E = h\nu$
 D. $E = \frac{kx^2}{2}$
55. Xarakatlanayotgan jismning impulsi tezlanishga bog'liqmi?
- A. Bog'lik emas
 B. Bog'lik
 S. B va D
 D. To'g'ri javob yo'q
56. Qanday xollarda impulsning saqlanish qonuni bajariladi?
- A. Xarakatdagi sistemada
 B. Ochiq sistemada
 S. Yopik sistemada
 D. Umuman bajarilmaydi.
57. Quvvat qanday birliklarda o'lchanadi?
- A. Vatt
 B. Gers
 S. Vol't
 D. Veber
58. Moddiy nuqta deb nima tushuniladi?
- A. Bir xil jismlarni
 B. Xar xil jismlarni

- S. Jismning o'lchami atrofdagi jism o'lchamlariga qaraganda xisobga olmasa xam bo'ladigan darajada kichik jismlarni
D. To'g'i javob yo'q
59. Ko'chish deb nimaga aytildi?
A. Yo'lning uzunligiga
B. Traektoriyaning shakliga
S. Boshlangich vaziyat bilan oxirgi vaziyatni tutashtiruvchi vektor to'g'ri chiziqqa
D. Xamma javoblar to'g'ri
60. Aylanma xarakat qilayotgan jismning tezlanishlari qanday turlarga bo'linadi?
A. Normal tezlanishga
B. Tangensial tezlanishga
S. Normal va tangensial tezlanishga
D. To'g'i javob yo'q.
61. Tushgan nur, singan nur va tushish nuqtasiga o'tkazilgan perpendikulyar, bir tekislikda yotadi; tushish burchagi sinusini sinish burchagi sinusiga nisbati ushbu muxit uchun doimiy kattalik bulib ... deb ataladi
A. Sinish qonuni
B. Qaytish qonuni
S. Yorug'likning to'g'ri chizik bo'ylab tarqalish qonuni
D. Yorug'lik dastasining mustaqillik qonuni
- 62.Qaytgan nur, tushayotgan nur ikki muxit chegarasida tushish nuqtasiga o'tkazilgan perpendikulyar bilan bir tekislikda yotishi ... deb ataladi
A.Qaytish qonuni
B.Sinish qonuni
S.Yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalish qonuni
D.Yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalish qonuni
63. ... deb ikki tomon sirtidan yorug'lik nurini sindiradigan tekislik bilan chegaralangan, predmetni optik tasvirga aylantirib beraoladigan shaffof jismga aytildi
A. Linzalar
B. Sferik oyna
S. Optik prizma
D. Oyna
64. Ikki koogerent yorug'lik nurlarini qo'shilishidan, fazoda yorug'lik nurining qayta taqsimlanishi natijasida bir joyda maksimum, ikkinchi joyda esa minimum vujudga kelish xodisasi ... deb ataladi.
A. Yorug'lik interferensiysi
B. Yorug'lik difraksiyasi
S. Yorug'lik dispersiyasi
D. Yorug'lik qutblanishi
65. Yorug'lik to'lqini uchragan to'siqni aylanib o'tish xodisasi ... deyiladi
A. Yorug'lik difraksiyasi
B. Yorug'lik dispersiyasi
S. Yorug'lik qutblanishi
D. Yorug'lik interferensiysi

66. Yorug'lik nurining ko'ndalang elektromagnit to'lqin xossalari nomoyon bo'ladigan xodisalarga ... deyiladi

- A. Yorug'lik qutblanishi
- B. Yorug'lik difraksiyasi
- C. Yorug'lik dispersiyasi
- D. Yorug'lik interferensiya

67. Modda absolyut sindirish ko'rsatkichini moddaga tushayotgan yorug'lik nurini chastotasiga bog'lik bo'lishi ... deyiladi

- A. Yorug'lik dispersiyasi
- B. Yorug'lik qutblanishi
- C. Yorug'lik difraksiyasi
- D. Yorug'lik interferensiya

68. Yorug'lik ta'sirida moddadan elektronlar ajralib chiqishi... deyiladi.

- A. Tashqi fotoeffekt
- B. Ichki fotoeffekt
- C. Ventilli fotoeffekt
- D. Foton

69. Kim atomning yadro (planetar) modelini taklif qildi?

- A. Rezerford
- B. Bor
- C. Tomson
- D. Balmer

70. Elektron bir stasionar orbitadan boshqasiga o'tganda atom o'zidan yorug'lik kvanti fotonning energiyasi $h\nu = E_n - E_m$ ni chiqarada yoki yutadi.

- A. Bu Borning ikkinchi postulati (chastota qoidasi)
- B. Bu Borning birinchi postulati (stasionar xolat)
- C. Bu atomning yadro modeli
- D. Bu atomning planetar moduli

71. β emirilish siljish qonunini tenglamasini toping

- A.
$$\frac{A}{Z} X \rightarrow \frac{A}{Z+1} Y + \frac{0}{-1} e + \nu$$
- B.
$$\frac{A}{Z} X \rightarrow \frac{A-4}{Z-2} Y + \frac{2}{4} He$$
- C.
$$\frac{A_1}{Z_1} X + \frac{A_2}{Z_2} Y \rightarrow \frac{A_3}{Z_3} K + \frac{A_4}{Z_3} L$$
- D.
$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_A$$

72. Natriy yadrosining tarkibi qanday $^{23}_{11}Na$

- A. 11 proton, 12 neytron
- B. 12 proton, 11 neytron
- C. 23 proton, 11 neytron
- D. 11 proton, 23 neytron

73. Ftor yadrosining tarkibi qanday $^{19}_{9}F$

- A. 9 proton, 10 neytron
- B. 10 proton, 9 neytron
- C. 19 proton, 9 neytron
- D. 10 proton, 19 neytron

74. Kumush yadrosining tarkibi qanda $^{107}_{47}Ag$

- A. 47 proton, 60 neytron
- B. 60 proton, 47 neytron
- C. 107 proton, 47 neytron
- D. 47 proton, 107 neytron

75. Kyuri yadrosining tarkibi qanday $^{247}_{96}Cm$

- A. 96 proton, 151 neytron
- B. 151 proton, 96 neytron
- C. 247 proton, 96 neytron
- D. 96 proton, 247 neytron