

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI  
ISLON KARIMOV NOMIDAGI  
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI  
TERMIZ FILIALI**

O‘quv-uslubiy boshqarma  
tomonidan ro‘yxatga olindi

№ 60  
“28” 08 2018

**“TASDIQLAYMAN”**

O‘quv va ilmiy ishlari bo‘yicha  
direktor o‘rinbosari

F.J. Nosirov

“28” 08 2018 yil

**QURILISH VA TRANSPORT TIZIMLARI FAKULTETI  
“MATEMATIKA VA TABIIY-ILMIY FANLAR” KAFEDRASI  
FIZIKA FANINING**

**O‘QUV – USLUBIY MAJMUASI**

Билим соҳаси(лари):	300 000 – Ишлаб чиқариш техник соҳа 600 000 – Хизматлар соҳаси
Таълим соҳаси(лари):	310 000 – Мухандислик иши 620 000 – Транспорт 630 000 – Атроф-муҳит муҳофазаси
Таълим йўналиш(лар)и:	5630100 – Экология ва атроф муҳит муҳофазаси (саноатда)

Termiz – 2018



O'quv uslubiy majmua O'zbekiston Respublikasi oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligida  
№ 524-5320 raqam bilan ro'yxatga olingan va 20118 yil "25" 08  
dagi 744 -sonli qarori bilan tasdiqlangan namunaviy fan dasturi asosida tuzilgan.

**Tuzuvchi:**

**Oromiddinov S.B.** "Matematika va tabiiy-ilmiy fanlar" kafedrasida assistenti.

**Taqrizchi:**

**Jo'rayev B.B.** "Matematika va tabiiy-ilmiy fanlar" kafedrasida dotsenti.

O'quv uslubiy majmua "Matematika va tabiiy-ilmiy fanlar" kafedrasida majlisida  
(2018 yil "25" 08 № 1 -son bayonnoma) muhokama etildi va  
fakultetning ilmiy-uslubiy kengashiga tavsiya etildi.

Kafedra mudiri [Signature] To'rayev Q.N.

Kotib [Signature] O. Alimnazarov

O'quv uslubiy majmua "Yengil sanoat va kimyoviy texnologiya" fakultet majlisida  
(2018 yil "28" 08 № 1 -son bayonnoma) muhokama etildi va filialning  
ilmiy-uslubiy kengashiga tavsiya etildi.

"Yengil sanoat va kimyoviy texnologiya"  
fakulteti dekani [Signature] v.b. B. Abduvohidov

O'quv uslubiy majmua filialning ilmiy-uslubiy kengashida ko'rib chiqildi va  
tasdiqlandi (2018 yil "28" 08 № 1 -son majlis bayonnomasi).

Ilmiy-uslubiy kengash boshlig'i [Signature] F.J. Nosirov

Ilmiy-uslubiy kengash kotibi [Signature] O. Alimnazarov

## O'QUV – USLUBIY MAJMUANING TARKIBI

<b>№</b>	<b>Mundarija</b>	<b>Bet</b>
1.	O'quv materiallar .....	
1.1	Ma'ruzalar matni .....	
1.2	Amaliy mashg'ulotlarni bajarishga uslubiy ko'rsatmalar .....	
1.3	Laboratoriya mashg'ulotlarni bajarishga uslubiy ko'rsatmalar .....	
2.	Mustaqil ta'lim mashg'ulotlari .....	
3.	Glossariy .....	
4.	Ilovalar .....	
4.1.	Fan dasturi .....	
4.2.	Ishchi fan dasturi .....	
4.3.	Tarqatma materiallar .....	
4.4.	Testlar .....	
4.5.	Baholash mezonini bo'yicha uslubiy ko'rsatma .....	
4.6.	Qo'shimcha o'quv va ilmiy material .....	

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI  
ISLUM KARIMOV NOMIDAGI  
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI  
TERMIZ FILIALI**

**QURILISH VA TRANSPORT TIZIMLARIFAKULTETI  
“MATEMATIKA VA TABIIY-ILMIY FANLAR” KAFEDRASI**

**“FIZIKA”**

**fani bo‘yicha**

# **O‘QUV-METODIK MATERIALLAR**

## **1-MA'RUZA: FIZIKA FANIGA KIRISH**

### **REJA:**

1. Fizika fanining tarixi, fizika fanining boshqa fanlar bilan aloqasi.
2. Fizik kattaliklarning o'lchov birliklari. Kinematika elementlari.
3. Harakat bir tomonlama yo'nalgan kinematika. Ko'chishning o'rtacha tezligi. Oniy tezlik.

### **TAYANCH SO'ZLAR:**

Fizika fanining tarixi, fizika fanining boshqa fanlar bilan aloqasi, fizik kattaliklarning o'lchov birliklari, kinematika elementlari, harakat bir tomonlama yo'nalgan kinematika, ko'chishning o'rtacha tezligi, oniy tezlik.

### **Fanning tabiati**

Har qanday fanning, shu jumladan, fizikaning asosiy maqsadi, bizning sezgi organlarimiz qayd qiladigan murakkab jarayonlarni tizimga keltirish, ya'ni biz "atrofimizni o'rab turgan olam" deb ataladigan narsani tartiblashtirish sifatida qaraladi. Ko'pchilik ilmiy bilishni dalillar to'planishining va nazariyani "fikrlab chiqishning" mexanikaviy jarayoni ko'rinishida tasavvur qiladi. Biroq haqiqatda bunday emas. Ilmiy bilish ijodiy jarayon bo'lib, u ko'pincha inson faoliyatining an'anaviy ijodiy deb hisobladigan boshqa ko'rinishlarini eslatadi.

Buni tasdiqlaydigan bir necha misollarni keltiramiz. Fanning muhim ajralmas belgilaridan biri – hodisani kuzatish hisoblanadi. Biroq har qanday kuzatish tasavvurning mavjudligini talab qiladi, chunki olim kuzatayotganlarining hammasini ham bayoniga kirita olmaydi. Shuning uchun kuzatuvlardan qay biri haqiqatdan ham muhimligini hal qilishga to'g'ri keladi.

Masalan, ikki buyuk mutafakkir Arastu (eramizgacha 384-322-yy., 1-1-rasm) va Galiley (1564-1642-yy., 2-18-rasm)ning gorizontol sirt bo'ylab harakatni qanday talqin qilganlarini qarab chiqamiz. Arastu yerda (yoki stol sirtida) turgan jism, dastlabki turtkini olganidan keyin doimo sekinlashishi va to'xtashini kuzatdi. Bu yerdan Arastu jismning tabiiy holati tinchlikdagi holati deb taxmin qildi. Galiley 1600-yillarning boshlarida Arastuning gorizontol harakatni o'rganish bo'yicha tajribalarini takrorlab, mohiyati bo'yicha, qarshiliksiz harakatning ideallashtirilgan holatiga murojaat qildi. Aslida Galiley, agar ishqalanishni bartaraf etish mumkin bo'lsa, dastlabki turtkini olgan jism noaniq uzoq vaqt mobaynida to'xtovsiz harakatini davom ettirishini fikran tasavvur qildi. Galiley jismlarning harakat holati xuddi tinchlikdagi holati kabi tabiiy holat ekanligi haqida xulosa qildi. U xuddi o'sha "dalil"larning o'zida yangi narsani ko'ra oldi, aynan shuning uchun ham Galileyni harakat haqidagi zamonaviy tasavvurlarning asoschisi deb hisoblash qabul qilingan (2, 3 va 4- boblar). Ko'rinib turibdiki, bunday "ko'rish" tajribani, ishqalanishni haqiqatda olib tashlamasdan, sinchiklab o'ylash natijasidagina yuzaga kelishi mumkin.

Nazariya hech qachon bevosita kuzatuvlarning o'zidan kelib chiqmaydi, aksincha, ularni inson ongi orqali tajribalardan olingan dalillarni tushuntirish uchun yaratiladi. Masalan, atomik nazariyaga ko'ra modda atomlardan tuzilganligi haqidagi xulosani olimlar biror kishi atomni real (haqiqatda) ko'rgani uchungina aytmaydilar. Bu tasavvur insonning ijodiy tafakkuri orqali yaratilgan. Xuddi shunday tarzda, maxsus nisbiylik nazariyasi, yorug'likning elektromagnit tabiati va Nyutonning butun olam tortishish qonuni kabi fundamental nazariyalar yuzaga kelgan.

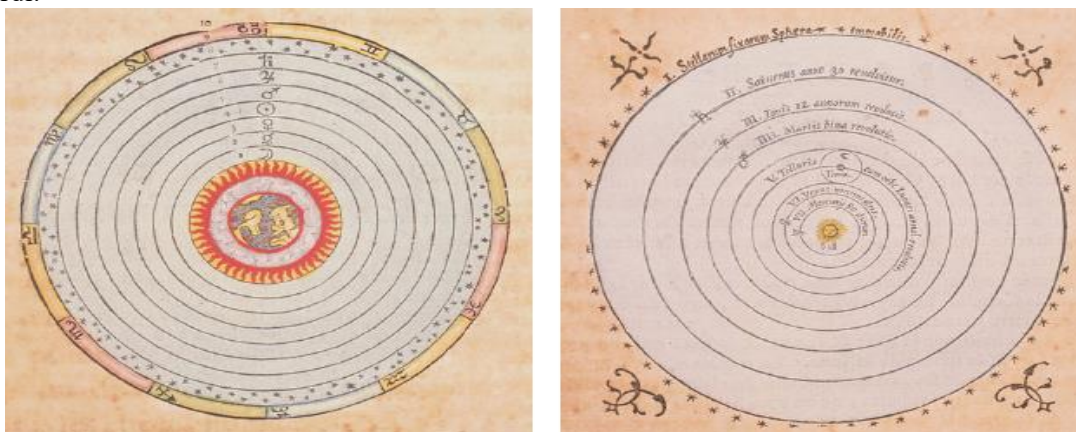
Buyuk ilmiy nazariyalarni adabiyot yoki san'atdagi buyuk ijod namunalari bilan tenglashtirish mumkin. Biroq, ilm ijodiy faoliyatning boshqa turlaridan sezilarli darajada farq qiladi, asosiy farq shundaki, fan o'zining nazariyalari va tushunchalarini tekshirishni talab qiladi: uning bashoratlari eksperiment (tajriba)da tasdiqlanishi kerak. Darhaqiqat, eksperiment (tajriba)ning sinchiklab qo'yilishi fizikaning muhim qismlaridan biridir.

Biroq ilmiy nazariyani eksperiment (tajriba)da "isbotlash" mumkin, deb hisoblash ham to'g'ri emas. Bu, eng avvalo, shuning uchunki, biz ideal o'lchov instrumentlari (yoki asboblari)ga ega emasmiz, ya'ni absolyut to'liq o'lchash umuman mumkin emas. Bundan tashqari, nazariyani barcha bilishi mumkin konkret (aniq) sharoitlarda tekshirish mumkin emas. Demak, uni absolyut aniq tekshirish mumkin emas. Haqiqatda nazariyalarning o'zi, umuman olganda, mukammal emas – nazariya har bir olingan alohida holatdagi u tekshirilayotgan kuzatuv natijalari bilan kamdan-kam hollarda aniq (eksperiment (tajriba) xatoliklari chegarasida) mos keladi. Fan tarixi shunga guvohlik beradiki, yaratilgan nazariyalar o'z muddatini o'tab bo'lib, arxivga topshiriladi, ularning o'rniga doimo yangi nazariyalar keladi. Zamonaviy fan falsafasining diqqat markazida turgan ilmiy nazariyalarning almashinuvi jarayonlarini biz bu yerda faqat juda qisqa qilib muhokama qilishimiz mumkin.



Ba'zi holatlarda yangi nazariya olimlar tomonidan uning bashoratlari eksperiment (tajriba) bilan avvalgi nazariyaga qaraganda miqdoran mosroq kelganligi uchungina qabul qilinadi. Biroq ko'plab holatlarda yangi nazariya avvalgi nazariyaga qaraganda hodisalarning nisbatan kengroq qismini tushuntirib bera olgani uchun tan olinadi. Masalan, Kopernik tomonidan tuzilgan markazida Quyosh bo'lgan Koinot nazariyasi osmon jismlarining harakatini Ptolemey tomonidan markazida Yer bo'lgan koinot haqidagi avvalroq yaratilgan nazariyaga qaraganda aniqroq tavsiflay olmagan. Biroq Kopernikning nazariyasi (1-2b rasm) Ptolemeyning nazariyasidan (1-2a rasm) farqli ravishda ba'zi muhim natijalarga ega edi: jumladan, uning yordamida Quyosh tizimi planetalari (sayyoralari)ning joylashish tartibini va ulargacha bo'lgan masofani aniqlash; shuningdek, Venera uchun Oy fazalariga o'xshash fazalarni aytib bera olish mumkin bo'ldi. Nisbatan hodisalarning ko'plab miqdorini birlashtiradigan va tushuntirib bera oladigan soddaroq va mazmunliroq nazariya olim uchun doimo foydali va maftunkordir. Aynan shu aspekt (jabha), shuningdek, eksperiment (tajriba) bilan miqdoran mos kelish u yoki bu nazariyani qibul qilishda hal qiluvchi rol o'ynaydi.

Istalgan nazariyada u miqdoriy ma'lumotlarni qanchalik aniq olishga imkon berishi juda muhim hisoblanadi, shu nuqtai nazardan yangi nazariya ko'pincha avvalgisidan unchalik farq qilmaydigandek tasavvur qilinadi. Masalan, Eynshteynning maxsus nisbiylik nazariyasi deyarli barcha oddiy vaziyatlar uchun Galiley va Nyutonning avvalgi nazariyalaridan deyarli farq qilmaydigan bashoratlarni beradi, biroq u yoruhlik tezligiga yaqin juda katta tezliklardagi chegaraviy holatlarda nisbatan aniq natijalarga olib keladi. Shu nuqtai nazardan nisbiylik nazariyasini eski nazariyaning faqatgina kichkinagina aniqlashtirish kabi qarab chiqish mumkin. Biroq miqdoriy bashorat (avvaldan aytish) – nazariyaning yagona muhim natijasi emas. U bizning fizikaviy olamni tushunishimizni o'zgartirishi ham mumkin. Masalan, Eynshteynning nisbiylik nazariyasi ta'siri ostida bizning fazo va vaqt haqidagi tasavvurlarimiz sezilarli darajada o'zgardi, buning ustiga biz massa va energiya tushunchalarining birgalikdaligini (mashhur  $E = mc^2$  munosabat asosida) tushundik. Shunday qilib, nisbiylik nazariyasi fizikaviy olamning tabiatiga qarashlarimizni keskin o'zgartirdi.



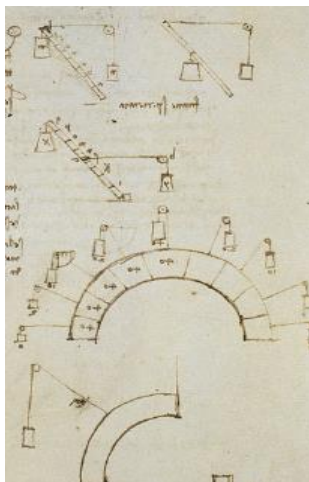
1.2–rasm. (a)Ptolemeyning Koinotning geotsentrik ko‘rinishi. Shuni ta’kidlaymizki, markazda antik (qadimiy) to‘rtta element: Yer, suv, havo (Yer atrofidagi bulutlar) va olov, atrofidagi aylana bo‘ylab Oy, Merkuriy, Venera, Quyosh, Mars, Yupiter, Saturn, qo‘zg‘almas yulduzlar va burj diski joylashgan.(b) Kapernikning dastlabki tasavvuri – Koinotda markazida Quyosh bo‘lgan geliotsentrik ko‘rinishi (5- bobga qarang).

### Fizika va uning fanning boshqa sohalari bilan bog‘liqligi

Uzoq vaqt davomida fan tabiiy falsafa sifatida mashhur bo‘lgan u yoki bu darajadagi yagona yaxlitlik bo‘lgan. Faqat bir yoki ikki asr keyingina fizika va kimyo orasini farqladilar va hatto hayot haqidagi fanlar ham muhim bo‘la boshladi. Aslini olganda, san‘at va aniq fanlar orasidagi, hozir biz ko‘rayotgan aniq farq, faqatgina bir necha asrdan berigina mavjud. Unda, xuddi boshqa sohalarning rivojlanishi fizikaga ta’sir ko‘rsatgani kabi, fizikaning rivojlanishi boshqa sohalarga ta’sir qilganining hech qanday hayratlanarli joyi yo‘q. Masalan, Uyg‘onish davrining buyuk rassomi, tadqiqotchi va muhandisi Leonardo da Vinchining yon daftarchalari (1-3 rasm) tuzilmaning ichida ta’sir qiluvchi kuchlarga birinchi havolalar berilgan bo‘lib, bu mavzuni biz hozir fizikaga taalluqli deb hisoblaymiz, biroq o‘shanda bu, xuddi hozirgidagi kabi, arxitektura va qurilishga ko‘proq oid edi.

Elektr bo‘yicha dastlabki, elektr batareyasini va elektr tokini kashf qilishga olib kelgan ishlar 18-asrning fiziologi Luidji Galvani (1737-1798) tomonidan bajarilgan edi. U qurbaqa oyog‘ining elektr

uchquniga javoban silkinishini, keyinchalik esa turli xildagi metallar bilan kontaktda muskullarning silkinishini sezdi (18-bob). Avvaliga bu fenomen “hayvonot elektr” nomi bilan mashhur edi, keyinchalik ayon bo‘ldiki, elektr toki hayvonot bo‘lmaganda ham mavjud bo‘lar ekan.



1.3 – rasm. Leonardo da Vinchi (1452–1519) ning strukturalarida (tuzilmalarida) kuchlarning tadqiq qilinishi.

Fizikadan ko‘plab sohalarda foydalaniladi. Masalan, zoolog fizikadan cho‘l itlari va boshqa hayvonlar qanday qilib yer ostida yashashlari va bo‘g‘ilib qolmasliklarini tushuntirishda foydalanishi mumkin. Fizioterapevt-vrach esa, inson tanasining ichidagi og‘irlik markazining prinsiplarini yaxshi bilsa, ishi samaraliroq bo‘ladi. Optikaviy va elektron uskunalarning ishlash prinsipini bilish turli sohalar uchun foydalidir.



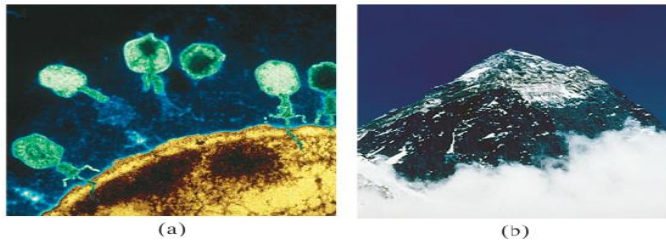
rasm. (a) Rimda Tibr daryosi ustida 2000 yil avval qurilgan ko‘prikhozir ham turibdi. (b) Missisipi daryosi orqali o‘tgan avtostradagi atigi 40 yil avval qurilgan ko‘prikning qulashi.

Hayotni va arxitekturani o‘rganadigan olimlar inson tanasidagi issiqlikning oqibatida qulaylik yoki noqulaylik bo‘ladigan, ortishi yoki yo‘qotilishi tabiatini o‘rganishga qiziqadilar. Arxitektorlar esa, isitish tizimlaridagi quvurlarning o‘lchamlarini yoki ushbu konstruksiyada mavjud kuchlarni, ular barqarorligicha qoladimi, yo‘qmi, (1-4 rasm). Hisoblashlariga to‘g‘ri keladi. Ular fizikaning prinsiplarini real loyihani yaratishlari hamda qurilish maslahatchilari va boshqa mutaxassislar bilan natijali muzokaralar olib borishlari uchun bilishlari kerak. Estetika va psixologiya (ruhshunoslik) nuqtai nazaridan, arxitektorlar konstruksiyada mavjud kuchlarni, masalan, hatto faqat illyuzor bo‘lsa ham nobarqarorlikni bilishlari kerak, u ushbu konstruksiyada yashaydigan va ishlaydiganlarga noqulaylik tug‘dirmasligi kerak.

#### **Fizik kattaliklar va ularning birliklari.**

Fizika yunoncha so‘z bo‘lib, “fhusis” (fyuzis) – tabiat degan ma‘noni anglatadi. Fizika fanini birinchi bo‘lib, qadimgi yunon mutafakkiri Aristsotel (eramizdan avvalgi 384-322 yil) o‘zining kitoblarida bayon etgan. O‘sha davrda fizikaning tarkibiga qozirgi ximiya, astronomiya, biologiya, geologiya deb nom olgan bir qator tabiiy fanlar kirgan. Keyinchalik, ular mustaqil fanlar bo‘lib ajralib chiqqan, lekin ular o‘tasida keskin chegara yoo‘q, ular doimo bir-birlarini to‘ldirib qamisha aloqada bo‘ladilar. Bu gaplarni isboti sifatida tabiatdan yangi-yangi qodisalarning kashf qilinishi va ularning amalda qo‘llanishi natijasida fizikaviy-ximiya, astrofizika, geofizika, biofizika kabi birlashgan fanlarning vujudga kelishini ko‘rsatish mumkin. Shuning uchun, fizika – barcha tabiiy va amaliy fanlarning poydevoridir deyish mumkin.

**O‘lchov birliklari.** Fizik kattaliklarni o‘lchash uchun o‘lchov birliklari tanlab olinadi. O‘lchash mumkin bo‘lgan fizik kattaliklarning birliklari etalon (namuna) larga ega. Fizik kattaliklarning qiymati deganda, mazkur kattalik etalondan (yoki uning nusxasidan) necha marta farqlanishini ko‘rsatadigan son



1.8 – rasm. Ba’zi uzunliklar: (a) yacheykaga hujum qilayotgan virus ( $10^{-7}$  m uzunlikdagi); (b) Everest

tushuniladi. qar bir fizik kattalik o’lchov birligini boshqa fizik kattaliklarga boqliq bo’lmagan qolda mustaqil tanlash mumkin.

Masalan, ettita fizik kattalik uchungina, o’lchov birligi ixtiyoriy tanlanadi. Bu fizik kattaliklarning o’lchov birliklari asosiy birliklar deb yuritiladi. qolgan barcha fizik kattaliklarning o’lchov birliklari bu kattaliklarni asosiy kattaliklar bilan boqlovchi qonunlar (formulalar) asosida tanlanadi. Bunday kattaliklarning o’lchov birliklari qosilaviy birliklar deb yuritiladi.

1960 - yil oktabrda Xalqaro sistema qabul qilindi.

1961 - yilning 24- avgustida oldingi Sovet Ittifoqida “Sistema Internatsionalnaya” so’zlarini bosh qarflari bo’yicha SI (“Es-I”deb o’qiladi) tarzda belgilangan birliklar sistemasi tasdiqlandi. SI da ettita asosiy birlik va ikki qo’shimcha birlik qabul qilangan:

Asosiy birliklar. 1. Uzunlik, metr (m). 3. Massa, kilogramm (kg).. 3. Vaqt, sekund (s). 4.Elektir tokining kuchi, Amper (A). 5. Termodinamik temperatura, Kelvin (K) 6. Modda miqdori, mol(mol). 7.Yorug’lik kuchi, kandela (kd) yoki sham.

qo’shimcha birliklar. 1. Yassi burchak, radian (rad). 3. Fazoviy burchak, seradian (sr).

Har qanday fizikaviy kattalikning o’lchanishi ma’lum etalonga yoki shu kattalikning birligiga nisbatan olib boriladi va bu birliklar albatta natijaning son qiymati bilan birgalikda olib borilishi kerak. Masalan, uzunlikni Britaniya birliklar tizimida dyum, fut yoki millarda, shuningdek, metrli birliklar tizimida santimetrlarda, metrlarda yoki kilometrlarda o’lchanishi mumkin. Berilgan ob’ektning uzunligi 18,6 ga teng deb yozishning ma’nosi yo’q, bunda albatta o’lchash birliklarini ham yozish kerak (ayonki, 18,6 m 18,6 dyuym yoki 18,6 mm dan sezilarli farq qiladi).

### **Uzunlik**

Uzunlikni o’lchashning birligi sifatida biz metr dan, vaqtni o’lchashda esa sekund dan foydalanamiz. Biz 1 metr uzunlik yoki vaqt uchun sekundning aniq belgilab beradigan etalonni aniqlab olishimiz kerak. Tanlangan etalonlar yana qayta ishlanishi mumkin bo’lishi muhim, chunki istalgan zarurat tug’ilganda laboratoriya etaloni asosida o’lchashlarni olib borish va boshqa odamlar bilan almashish mumkin bo’lishi kerak. Birinchi xalqaro etalon bo’lib 1791-yilda Fransiya fanlar akademiyasi tomonidan metr standartini o’rnatish bo’lgan. Metr etaloni qilib Yer ekvatoridan istalgan geografiy qutb tomon masofaning yuz milliondan biri tanlangan ( bir metr, qo’pol qilib aytadigan bo’lsak, burun uchidan gorizont bo’yicha uzatilgan qo’l barmog’ining uchigacha bo’lgan masofadir). 1889-yilda metr nisbatan aniqroq qilib o’rnatildi, u platino-iridiy qotishmasidan tayyorlangan maxsus sterjenning ikkita kertishlari (o’yiqlari) orasidagi masofaga teng bo’ldi. 1960-yilda aniqlikni orttirish uchun 86-kripton gazining nurlantiradigan zarg’aldoq rangli to’lqinning 1650763,73 to’lqin uzunligiga teng masofa olindi. 1975-yilda General (Bosh) konferensiya tomonidan yorug’lik tezligi  $c = 299792,458$  km/soat ga teng dunyoviy doimiy qabul qilindi. Bundan kelib chiqadiki, metr bu yoruhlikning vakuumda sekundning  $1/299792,458$  ulushida bosib o’tgan masofasiga teng kattalik bo’ldi. (1983 y. XVII Generalnaya Konferensiya).

Uzunlikning Britaniya birliklari (dyuym, fut va milyalari) hozirgi vaqtda metrlarda ham aniqlanadi. Dyuym 2,54 cm kabi (1cm = 0,01m). aniqlanadi. Qayta hisoblashning boshqa koeffitsientlari ushbu kitobning old muqovasining ichki tomonida berilgan jadvalda keltirilgan. 1-1 jadvalda ba’zi tipik uzunliklar keltirilgan (1-8 rasmga q.)

### **Vaqt**

Vaqtning standart birligi bo’lib sekund (s) hisoblanadi. Ko’p yillar davomida sekund o’rtacha quyon sutkasi (kecha-kunduzi)ning  $1/86400$  qismi sifatida aniqlangan. Hozirgi vaqtda sekund seziy atomining ichidagi elektronlarning tebranishlari orqali aniqlanadi. Sekund – bu 132- seziy atomining asosiy holatining ikkita  $T_4$  va  $T_3$  o’ta nozik sathlari orasidagi o’tishning  $99192631770$  nurlanish davriga teng vaqtga aytiladi, xuddi yuqoridagidek, bir minutda 60 sekund, bir soatda esa – 60 minut bor. 1-2 jadvalda o’lchanadigan vaqt intervallari (oraliqlari) ning diapazoni keltirilib, eng yaqin o’nlik darajagacha yaxlitlangan.



## **Massa**

Kilogramm massaning birligi bo'lib, Fransiya – Parij atrofida doylashgan o'lchovlar va og'irliklar palatasida saqlanadigan platina etalondan qilingan kilogrammning xalqaro prototipiga teng massaga aytiladi. 1-3 jadvalda massalar diapazoni keltirilgan (amaliy maqsadlar uchun Yerda 1 kg 2,2 funtga tengligidan foydalaniladi).

Atomlar va molekular bilan ishlaganimizda odatda kilogramm birligida unifikatsiyalangan massa atom birligidan foydalanamiz: 1 m.a.b.=1,6605 x 10<sup>-27</sup> kg.

O'lchovning boshqa standart birliklarining ta'rifini navbatdagi boblarda kelgan joyida berib boramiz.

## **Old qo'shimchali birliklar**

Metrlar tizimida standart birliklarga qaraganda nisbatan yirikroq va nisbatan maydaroq birliklar 10 ga karrali kattaliklar ko'rinishida aniqlanib, bu hisoblashlarni ancha osonlashtiradi. Demak, bir santimetr – bu 1/100 m, bir kilometr (km) 1000 m va h.k. Santi-, kilo- va sh.k. old qo'shimchalar 1-4 jadvalda sanab o'tilgan bo'lib, nafaqat uzunlik birliklariga, balki hajm, massa yoki boshqa metrik birliklarga ham qo'llanilishi mumkin. Masalan, santimetr (cm) bu 1/100 metr, kilogramm (kg) – 1000 gramm (g). 8,2 megapikselli kamera alohida fotosezgir elementli 8200000 pikseli fotosezgir detektorga ega

Umum qabul qilingani bo'yicha 1 mkm (= 10<sup>-6</sup> m) 1 mikronga teng deyiladi.

## **Birliklar tizimi**

Fizikaviy qonunlar va ularni ifodalovchi tenglamalar bilan ish ko'rganda kelishilgan to'plam yoki birliklar tizimidan foydalanish juda muhim hisoblanadi. Ko'p yillar davomida turlicha birliklar tizimidan foydalanishgan. Hozirgi vaqtda asosiy birliklar tizimi bo'limi bo'lib Xalqaro birliklar tizimi, qisqacha XBS (Xalqaro sistema) hisoblanadi. XBS tizimida – mexanik kattaliklar birliklari (MKS) tizimi deb ataladigan tizimda uzunlik, vaqt va massaning standart birligi bo'lib mos ravishda metr, sekunda va kilogramm hisoblanadi.

Birliklarning boshqa metrik tizimi – SGS tizimi bo'lib, unda uzunlik, massa va vaqtning standart birligi bo'lib mos ravishda santimetr, gramm va sekund bo'lib, u tizimning qisqartma nomida ko'rsatilgan. Britaniya birliklar tizimida standart birliklar bo'lib uzunlik uchun fut, kuch uchun kuch funti va vaqt uchun sekund qabul qilingan (garchi bular Angliyadan ko'ra AQSH da ko'proq ishlatilsa ham).

Hozirgi vaqtda turli ilmiy laboratoriyalarda XBS tizimi yanada kengroq qo'llanilyapti. Shuning uchun ham ushbu darslikda biz ko'proq XBS tizimidan foydalanamiz.

## **Asosiy va hosilaviy kattaliklar**

Barcha fizikaviy kattaliklar ikki sinfga: asosiy va hosilaviyga bo'linishi mumkin. Ularga mos keluvchi o'lchov birliklari ham asosiy va hosilaviy birliklar deyiladi. Soddalik uchun olimlar asosiy kattaliklarning, fizikaviy olamni to'liq tavsiflashga imkon beradigan, minimal sonini tanlashga intiladilar. Bunday kattaliklarning yettita ekanligi aniqlandi va 1-5 jadvalda ular XBS tizimi uchun keltirilgan. Istalangan boshqa kattaliklar mana shu yettita kattalik orqali aniqlanishi mumkin. Kattaliklarning ko'pchiligi asosiy kattaliklar orqali aniqlanadi, masalan, tezlik jism ko'chishining shu ko'chish uchun ketgan vaqtga nisbati bilan aniqlanadi. Asosiy kattaliklar ta'rifi bo'yicha boshqa kattaliklar orqali aniqlanishi mumkin emas, shuning uchun ham ular asosiy kattaliklar deyiladi. Biroq bu asosiy kattaliklarni o'lchash qoidasini (yoki qoidalarni tanlashni) ko'rsatib o'tish zarur. Bunday ta'riflash operatsion deyiladi va u asosiy kattaliklar uchun ham, hosilaviy kattaliklar uchun ham berilishi mumkin.

### **O'lchov birliklarining o'zgartirilishi**

Biz o'lchayotgan istalgan uzunlik, tezlik yoki elektr toki kabi kattaliklar, birlik va sonlardan iborat. Ko'pincha bizga fizikaviy kattaliklar bitta birliklar tizimida beriladi, ammo biz ularni boshqa birliklar tizimida ifodalamoqchimiz. Masalan, faraz qilamizki, biz o'lchayotgan polka (tokcha) ning eni 21,5 dyuym va uni santimetrlarda ifodalamoqchimiz. Biz qayta hisoblan koeffitsientidan foydalanishimiz kerak, 1 dyuym = 2,54 cm yoki boshqacha yozganda 1 = 2,54 sm/dyuym. Shunday qilib,

$$21,5 \text{ dyuym} = (21,5 \text{ dyuym}) \times (2,54 \text{ sm/dyuym}) = 54,6 \text{ cm.}$$

Qayta o'zgartirish birliklarining katta sonini o'z ichiga olgan jadval ushbu kitobning old muqovasining ichida joylashgan. Keling, bir nechta misollarni ko'rib chiqamiz.

**1-3 MISOL.** Sakkizmingli cho'qqilar. Dengiz sathidan 8000 metrda yuqorida joylashgan faqat 14 tagina tog' cho'qqisi mavjud. Ular dunyodagi eng yuqori cho'qqilar hisoblanadi (1-9 rasm va 1-6 jadval) va ular "sakkizming-lilar" deb ataladi. 8000 m li cho'qqi futlarda nechaga teng bo'ladi?

**YONDOSHUV.** Biz metrlarni futlarga (oyoq kafti uzunligi) o'zgartirishimiz kerak.

1 dyuym = 2,54 cm o'zgartirish koeffitsientini olamiz. Demak, har qanday anglatuvchi raqamlar uchun 1 dyuym = 2,5400 cm bo'ladi.

**YECHIM.** Bir fut 12 dyuymga teng. O'chirilgan (rangli egri chiziqlar bilan) birliklar belgilanganiga e'tibor beramiz

1 fut = (12 dyuym) (2,54 sm/dyuym) = 30,48 cm = 0,3048m, ga teng

Bu tenglama futning metrlardagi 0,304800 ga teng qiymatini beradi.

Shunday qilib,

$$1 \text{ m} = \text{fut}/0,3048 = 3,28084 \text{ fut.}$$

$$8000,0 \text{ m} = (8000,0 \text{ m}) (3,28084 \text{ fut/m}) = 26 \ 247 \text{ fut.}$$

8000,0 m li balandlik dengiz sathidan 26 247 fut ni tashkil qiladi.

**ESLATMA.** Biz hamma o'zgartirishlarni bitta qatorning o'zida qilishimiz mumkin edi:

$$8000,0 \text{ m} = (8000,0 \text{ m}) (100 \text{ sm}/1 \text{ m}) (1 \text{ dyuym}/2,54 \text{ sm}) (1 \text{ fut}/12 \text{ dyuym}) = 26247 \text{ fut.}$$

Bu yerda eng asosiysi qayta hisoblash koeffitsientlarini ko'paytirishdan iborat.

Burchak (radian), fazoviy burchak (steradian) uchun ba'zi o'zgartirish koeffitsientlari 8-bobda keltirilgan, shuningdek tovush darajasi – bel yoki detsibel uchun 12 bob da keltirilgan. Ularning asosiy yoki hosilaviy kattalik ekanligi bo'yicha umumiy kelishuvga kelinmagan.

**1-4 MISOL.** Kvartiraning yuzasi. Barchaga ma'lumki, yaxshi kvartiraning yuzasi 880 kvadratных fut(fut<sup>2</sup>). ni tashkil qiladi. Kvartiraning yuzasi kvadrat metrlarda qanchaga teng bo'ladi?

**YONDASHUV.** Biz bitta 1 dyuym = 2,54 cm o'zgartirish koeffitsientidan foydalanamiz, ammo bu gal biz o'zgartirish koeffitsientidan ikki marta foydalanishimiz kerak.

**YECHIM.** 1 dyuym = 2,54 cm = 0,0254m ga teng ekanligidan

$$1 \text{ (fut)}^2 = (12 \text{ dyuym})^2 \times (0,0254 \text{ m/dyuym})^2 = 0,0929 \text{ m}^3.$$

$$880 \text{ (fut)}^2 = (880 \text{ fut}^2) (0,0929 \text{ m}^2/\text{(fut)}^2) = 82 \text{ m}^3.$$

**ESLATMA.** Kvadrat futlarda (fut)<sup>2</sup> keltirilgan yuza kvadrat metrlarda keltirilgan miqdordan taxminan 10 martacha (aniqrog'i 10,8 martaga yaqin) katta bo'ladi.

**1-5MISOL.** Tezliklar. Tezlikni soatiga 55 milgacha cheklash belgisi o'rnatilgan joyda tezlik (a) metr taqsim sekundlarda (m/s) va (b) v soatiga kilometrda (km/soat) nimaga teng bo'ladi?

**YONDASHUV.** Biz yana 1 dyuym=2,54 cm o'zgartirish koeffitsientidan foydalanamiz va bir mil 5280 futni tashkil etishini, shuningdek 1 soat 60 minutdan iboratligini (60 min/soat) x (60s/m) = 3600 sekund ni eslatamiz.

**YECHIM.** (a) 1 mil ni quyidagicha yozish mumkin

$$1 \text{ mil} = (5280 \text{ fut}) (12 \text{ dyuym}/\text{fut}) (2,54 \text{ cm}/\text{dyuym}) (1 \text{ m}/100 \text{ sm}) = 1609 \text{ m.}$$

Biz shuni ham bilamizki, 1 soat 3600s ga teng, unda

$$55 \text{ min}/\text{soat} = (55 \text{ min}/\text{soat}) (1609 \text{ m}/\text{mil}) (1 \text{ soat}/3600 \text{ s}) = 25 \text{ m/s.}$$

Bu yerda biz ikkigacha anglatuvchi raqamlarga yaxlitlaymiz.

(b) Endi 1mil = 1609m = 1,609km ekanligidan foydalanamiz, unda

$$55 \text{ mil}/\text{soat} = (55 \text{ mil}/\text{soat}) \times (1,609 \text{ km}/\text{soat}) = 88 \text{ km}/\text{soat}$$

**ESLATMA.** Har bir o'zgartirish koeffitsienti birga teng. Shunda siz old muqovaning ichidagi jadvalda keltirilgan o'zgartirish koeffitsientlarining ko'piga ega bo'lasiz.

**D MASHQ.** Birinchi bobga – birinchi betdagi kirish savoliga qaytamiz va unga boshqatdan javob berishga urinib ko'ramiz. Birinchi galda nima uchun turlicha javob berganingizni tushuntirishga urinib ko'ring.

**E MASHQ.** Haydovchi 35 mil/soat tezlik cheklanishiga ega bo'lgan zonada nima uchun 15 m/s tezlik bilan yuribdi?



1.9 – rasm. “Sakkizmingliklar” ichida chiqish eng qiyini bo'lgan ikkinchi eng baland cho'qqi Mira K2. K2 bu yerda janubdan (Pokiston) ko'rinadi. 1-3- misol.

## 2-MA'RUZA: KINEMATIKA ASOSLARI.

### REJA:

1. Tekis tezlanuvchan harakat.
2. Ikki va uch o'lchovli kinematika.
3. Tekis va notekis harakat.

### TAYANCH SO'Z VA IBORALAR:

Harakat, tekis harakat, notekis harakat, sanoq sistemasi, moddiy nuqta, tezlik, tezlanish, o'rtacha tezlik, o'rtacha tezlanish, burchak tezlik, burchak tezlanish, ilgarilanma tezlikning burchak tezlikka bog'liqligi, aylanish davri, tebranish chastotasi.

Moddiy nuqtaning ilgarilanma kinematikasi. Vaqt o'tishi bilan jismning fazodagi vaziyatini boshqa jismlarga nisbatan o'zgarishi jismning mexanikaviy xarakati deb ataladi.

Galiley - Nyutonning mexanikasi klassik mexanika deb ataladi. Klassik mexanika, tezligi yoruqlikning vakuumdagi tezligidan sezilarli ravishda kichik tezlikka ega bo'lgan makroskopik jismlarning qarakat qonunlarini o'rganadi.

Yoruqlik tezligiga yaqin yoki teng tezliklarga ega bo'lgan mikroskopik jismlar qarakat qonunlarini maxsus nisbiylik nazariyasiga asoslangan relyativitsik mexanika o'rganadi.

Mexanika asosan uch qismga bo'linadi:

- 1) kinematika; 2) dinamika; 3) statika.

Kinematika – jismlar qarakatini, uning kelib chiqish sabablarini etiborga olmay, o'rganadi.

Dinamika – jismlar qarakatini, uning kelib chiqish sabablarini bilgan qolda, o'rganadi.

Statika – jismlar tizimi, to'plamining muvozanat qolati qonunlarini o'rganadi.

Klassik mexanikada o'rganiladigan eng sodda ob'ekt moddiy nuqta qisoblanadi.

Moddiy nuqta deb, malum massaga ega bo'lgan, o'rganiladigan masofalarga nisbatan o'lchami juda kichik bo'lgan jismga aytiladi.

Moddiy nuqta tushunchasi abstraktdir. Masalan, Erning o'lchami quyoshgacha bo'lgan masofaga nisbatan juda kichik bo'lgani uchun, quyosh atrofidagi qarakatida uni moddiy nuqta deb faraz qilish mumkin. Bunda Erning butun massasi uning geometrik markazida mujassamlangan deb qisoblanadi.

Jismlar biri-biri bilan o'zaro tasirlashganda ularning shakli va o'lchamlari o'zgarishi mumkin.

qar qanday sharoitda deformatsiyalanmaydigan jism absolyut qattiq jism deb ataladi.

qattiq jismning qismlari yoki ikki nuqtasi orasidagi masofa o'zgarmasdir. qattiq jismlarning istalgan qarakati ilgarilanma va aylanma qarakatlar majmuasidan iborat.

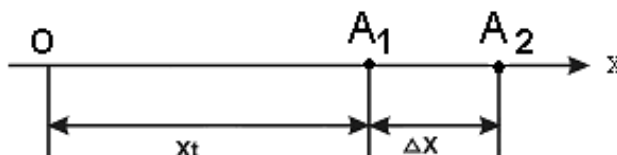
Ilgarilanma qarakat – bu shunday qarakatki, unda qarakat qilayotgan jism bilan mustaqkam boqlangan istalgan to'qri chiziq boshlanqich qolatiga nisbatan parallelligini saqlab qoladi.

Aylanma qarakat – bu qarakatda jismning barcha nuqtalarining qarakat traektoriyalari aylanalardan iborat bo'lib, ularning markazi esa aylanish o'qi deb ataladigan to'qri chiziqda yotadi.

Jismlar qarakatini tekshirishda, ularning vaziyatini boshqa, shartli ravishda qo'zqalmas deb qabul qilingan jismga nisbatan aniqlash kerak.

Jismlarning fazodagi vaziyatini aniqlashga imkon beradigan, qo'zqalmas jism bilan boqlangan koordinatalar tizimi fazoviy sanoq tizimi deb ataladi.

Moddiy nuqtaning to'qri chiziq bo'ylab qarakatini kuzataylik (2-rasm).



1-rasm. Moddiy nuqtaning  $Ox$  o'qi bo'yicha to'qri chizikli qarakati

To'qri chiziq  $Ox$  koordinato'qibo'ylab joylashgandeb qisoblaymiz. Moddiy nuqta xolati quyidagi ifoda bilan belgilanadi:

$$x = x(t)$$



Belgilangan vaqtda moddiy nuqta koordinatasini  $x(t)$  bo'lgan A1 qolatdada biquisoblaymiz. (vaqtdan so'ng moddiy nuqta koordinatasini  $x(t)$  bo'lgan A2 qolatgako'chadi. Demak, moddiy nuqta (vaqtichida)  $x(t)$  bo'lgan A1 qolatdada biquisoblaymiz.

$x(t) - x(t)$

Bosib o'tilgan  $x(t)$  ni (vaqtoraligini) nisbatan katta bo'lsa, o'rtacha tezligi deb ataladi

$$\langle v \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t}, \quad (2.1)$$

Agarda  $\Delta t$  vaqt oralig'i nisbatan katta bo'lsa, o'rtacha tezlik tushunchasi o'rinli bo'ladi. Ammo  $\Delta t$  vaqt oralig'ini kichraytirib borsak, natijada  $\Delta x / \Delta t$  nisbat ma'lum bir chegaraviy qiymatga intiladi. Bu chegaraviy qiymat moddiy nuqtaning oniy tezligi deb ataladi

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t}, \quad (2.2)$$

Matematikada bu ifoda  $x(t)$  ifodadan  $t$  vaqt bo'yicha olingan hosila deb aytiladi.

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} = \frac{ds}{dt}, \quad (2.3)$$

Bosib o'tilgan yo'ldan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosila moddiy nuqtaning oniy tezligi deb ataladi.

Ko'pinchalik moddiy nuqtaning tezligi vaqtning funksiyasidan iborat bo'ladi, ya'ni  $v = v(t)$ . Bu tezlikni vaqt birligida o'zgarishi nuqtaning **o'rtacha tezlanishi** deb ataladi.

$$\langle a \rangle = \frac{\Delta v(t)}{\Delta t}, \quad (2.4)$$

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v(t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v(t + \Delta t) - v(t)}{\Delta t} = \frac{dv}{dt},$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{dx}{dt} \right) = \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (2.5)$$

Bosib o'tilgan yo'ldan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli hosila moddiy **nuqtaning oniy tezlanishi** deb ataladi.

Bosib o'tilgan  $S$  yo'lni, tezlik funksiyasini 0 dan  $t$  vaqtgacha chegarada integrallash yo'li bilan hisoblash mumkin.

$$s = \int_0^t v(t) dt,$$

Agar harakat to'g'ri chiziqli tekis harakatdan iborat bo'lsa,  $v = const$  bo'ladi.

$$s = \int_0^t v \cdot dt = vt,$$

bundan,

$$v = \frac{s}{t},$$

Agar moddiy nuqta harakatining boshlang'ich momentida ( $t=0$ ) tezlik  $v_0$  ga teng bo'lsa:

$$v(t) = v_0 + \int_0^t a(t) dt,$$

ga ega bo'lamiz.

Tezlanish o'zgarmas bo'lgan holda ( $a = const$ ) harakat **tekis o'zgaruvchan harakat** deb ataladi. U holda

$$v_t = v_0 + at,$$

$$s = \int_0^t v_t dt = \int_0^t (v_0 + at) dt = v_0 t + \frac{at^2}{2},$$

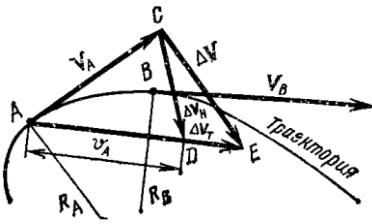
Agar  $a > 0$  bo'lsa, harakat **tekis tezlanuvchan harakat** deyiladi,  $a < 0$  bo'lganda esa, tekis sekinlanuvchan harakat deb ataladi.

Xalqaro birliklar tizimi- «XBT»da tezlik metr/sekund bilan o'lchanadi.

$$|v| = \left| \frac{s}{t} \right| = \frac{\text{metr}}{\text{sekund}}$$

Tezlanish esa,

$$a = \left| \frac{s}{t^2} \right| = \frac{\text{metr}}{\text{sekund}^2}$$



2.1-rasm

**Traektoriyasi egri chiziqdan iborat bo'lgan harakat egri chiziqli harakat deyiladi.** Bunga misol qilib, er yuzidagi barcha transport vositalarini, mashina va mexanizm qismlarini, oqar suvni, atmosferadagi havo zarralarini, kosmik fazodagi barcha planetlar va sunoiy yo'ldoshlarning harakatini olish mumkin. Egri chiziqli harakat to'g'ri chiziqli harakatga nisbatan murakkabroqdir.

Egri chiziqli harakatda vaqt o'tishi bilan tezlik vektorining faqat yo'nalishigina emas, balki miqdori ham o'zgarishi mumkin. Kuzatish boshlanganda egri chiziqli harakat qilayotgan moddiy nuqta traektoriyaning A nuqtasidan o'tayotgan bo'lsin (1.4-rasm). Biror kichik - t vaqt ichida kichik  $\Delta S$  yoyni bosib V nuqtaga keladi. A va V nuqtalardagi tezliklarni mos ravishda  $\vec{v}_A$  va  $\vec{v}_B$  deb belgilaylik. Tezlik o'zgarishini aniqlash uchun  $\vec{v}_B$  tezlik vektorini o'z-o'ziga paralell holda A nuqtaga ko'chiraylik, u holda  $\vec{v}_A$  vektor uchini kuchirilgan  $\vec{v}_B$  vektor uchi bilan tutashtiruvchi vektor ( $\Delta \vec{v} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$ ) izlanayotgan tezlik o'zgarishini ifodalaydi.  $\Delta \vec{v}$  tezlik o'zgarishini ikki tezlik vektorlarining yig'indisi shaklida ham qarash mumkin. Buning uchun AE kesma ustida A dan  $\vec{v}_A$  vektor kesmasiga teng kesma ajratib  $\vec{v}_B$  yo'nalishida D nuqtani tanlaylik. S va D nuqtalarni birlashtiruvchi vektorni  $\Delta \vec{v}_n$  bilan, D va E nuqtalarni birlashtiruvchi vektorni esa  $\Delta \vec{v}_T$  bilan belgilaylik. U holda  $\Delta \vec{v}$  ni ana shu ikki vektorning yig'indisidan iborat deb hisoblash mumkin.

$$\Delta \vec{v} = \Delta \vec{v}_n + \Delta \vec{v}_T \quad (2.14)$$

Egri chiziqli harakatda moddiy nuqta tezlanishi

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}_n}{\Delta t} + \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}_T}{\Delta t} \quad (2.15)$$

yo'zish mumkin. (1.15) ifodadagi yig'indining birinchi limitini markazga **intilma tezlanish** yoki **normal tezlanish** deb ataladi.

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}_n}{\Delta t} \quad (2.16)$$

Geometrik mulohazalar asosida normal tezlanishning moduli tezlik kvadratining traektoriya ayni

sohasining egrilik radiusiga (R) bo'lgan nisbatiga tengligini aniqlash mumkin:

$$a_n = \frac{v^2}{R}. \quad (2.17)$$

**Egri chiziqli harakatning xususiy holi bo'lgan moddiy nuqtaning aylana bo'ylab tekis harakatini ko'raylik.** Bu holda tezlanishning urinma tashkil etuvchisi bo'lmaydi ( $a_T = 0$ ) va tezlanish o'zining markazga intilma tezlanishiga teng bo'ladi ( $\vec{a} = \vec{a}_n$ ).

Moddiy nuqtaning aylana bo'ylab tekis harakatini **burchak tezlik** deb ataluvchi fizik kattalik  $\omega$  bilan xarakterlash mumkin, bunda burchak tezlik deb  $R$  radiusning burilish burchagi  $\Delta\varphi$  ning bu burilish bo'lgan vaqt oralig'i  $\Delta t$  ga nisbatini tushunish kerak

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad (2.20)$$

Notekis harakat uchun, oniy burchak tezligi tushunchasi kiritiladi

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}$$

Burchak tezlikning o'lchov birligi radian taqsim sekunddir (rad/sekund).  $R \cdot \Delta\varphi = \Delta S$  ekanligini e'tiborga olib, chiziqli tezlikni burchak tezlik bilan bog'lovchi munosabatni topamiz:

$$v = \omega R \quad (2.21)$$

Moddiy nuqtaning aylana bo'ylab bir aylanish vaqti **aylanma davri  $T$**  va **vaqt birligidagi aylanishlar soni  $\nu$**  (aylanish chastotasi) ni kiritaylik.

$$T = \frac{1}{\nu} \quad (2.22)$$

$T$  ning o'lchov birligi sekund (s),  $\nu$  ning o'lchov birligi esa  $s^{-1}$  bo'lib, **Gerts** deb nomlangan; **Gerts** sekundiga bir marta aylanishdir.

Moddiy nuqta bilan bog'langan aylana radiusi  $T$  davr ichida  $2\pi$  burchakka burilgani uchun (1.20) formulaga muvofiq

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (2.23)$$

(1.21), (1.22), (1.23) formulalardan foydalanib quyidagini hosil qilamiz:

$$v = \frac{2\pi}{T} R = 2\pi \nu R \quad (2.24)$$

Moddiy nuqtani aylana bo'ylab notekis harakatlanganda chiziqli tezlik bilan birga burchak tezlik ham o'zgaradi. Burchak tezligi o'zgarishi  $\Delta\omega$  ning shu o'zgarish bo'lgan vaqt oralig'i  $\Delta t$  ga nisbati o'rtacha burchak tezlanish  $\varepsilon_{o'r}$  deb ataladi.

$$\varepsilon_{yp} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (2.25)$$

$\varepsilon_{o'r}$  ning vaqt oralig'i nolga intilgandagi limiti **oniy burchak tezlanishi** deyiladi:

$$\varepsilon = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt} \quad (2.26)$$

Demak, burchak tezlanish burchak tezlikdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng ekan,  $\varepsilon$  ning o'lchov birligi radian taqsim sekund kvadrat ( $\text{rad/s}^2$ ) dir.

#### Nazorat uchun savollar

1. Fizikaning boshqa fanlar bilan aloqasi.
3. O'lchov birliklari.
3. Sanoq sistemasi. Moddiy nuqta kinematikasi.
4. Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli, egri chiziqli va aylana bo'ylab harakati.



### 3 – MA’RUZA: MODDIY NUQTA DINAMIKASI

#### REJA:

1. Inersial sanoq sistemasi.
3. Massa, kuch, zichlik va impuls tushunchalari.
3. Mexanik sistema va uning turlari.
4. Nyuton qonunlari.

#### TAYANCH SO’ZLAR:

Куч, масса, зичлик, ҳаракат миқдорлари ҳақида тушунча. Ньютон қонунлари ва уларнинг тадбиқи. Айланма ҳаракат динамикаси.

Harakati o‘rganilayotgan jismning kattaligi va shakli kuzatilayotgan sharoitda hech qanday ahamiyatga 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 vaqtda fazodagi o‘rnini to‘la aniqlash imkonini beradi. Nuqtaning fazodagi o‘rnini  $X, Y$  va  $Z$  koordinatalari orqali aniqlanadi.

**Radius – vektor va trayektoriya tushunchasi.** Koordinatalar boshidan kuzatilayotgan nuqtaga o‘tkazilgan  $Z$  vektorning koordinata o‘qlaridagi proeksiyalari nuqtaning koordinatalariga mos ravishda tengdir, ya‘ni  $r_x = x$ ;  $r_y = y$  va  $r_z = z$ . Agar nuqtaning fazodagi o‘rni o‘zgaradigan bo‘lsa,  $\vec{r}$  ham o‘zgaradi. Shuning bilan bir qatorda nuqtaning  $X, Y, Z$  koordinatalari ham o‘zgaradi. Bundan ko‘rinadiki, nuqtaning istalgan vaqtda fazodagi o‘rnini, koordinatalari yoki  $\vec{r}$  vektori orqali ifodalash mumkin ekan.

Nuqtaning fazodagi o‘rnini to‘la ravishda aniqlashga imkon beruvchi bunday vektor **radius-vektor** deb ataladi.

Harakat qilayotgan jismning berilgan vaqt oralig‘idagi harakat trayektoriyasi deganda, shu oralig‘dagi vaqtning har qanday qiymatlarida kuzatilayotgan jismning fazodagi o‘rinlarini ifodalovchi nuqtalarning o‘zaro qo‘shilishidan iborat bo‘lgan chiziqni tushuniladi.

**Tezlik.** Harakatlanayotgan moddiy nuqtaning fazodagi o‘rnini ifodalovchi  $x, y, z$  koordinatalar va  $\vec{r}$  radius-vektor vaqt o‘tishi bilan uzluksiz o‘zgarib boradi. Koordinatalarning va unga mos ravishda  $\vec{r}$  radius-vektorning birlik vaqt oralig‘ida o‘zgarish miqdorini aniqlovchi fizik kattalik - tezlikni kiritaylik:

Moddiy nuqta biror trayektoriya bo‘yicha harakatlanayotgan bo‘lib, biror  $t$  vaqtda uning fazodagi o‘rni  $\vec{r}$  radius-vektor orqali va oradan  $\Delta t$  vaqt o‘tgandan so‘ng, ya‘ni  $t + \Delta t$  da nuqtaning fazodagi o‘rni  $\vec{r} + \Delta \vec{r}$  radius-vektor orqali ifodalansin (3.1- rasm.) Demak, radius-vektor  $\Delta t$  vaqt ichida  $\Delta \vec{r}$  ga o‘zgaragan, moddiy nuqta esa  $\Delta S$  masofaga siljigan bo‘lsin. Radius-vektorning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini ko‘rib chiqaylik.  $\Delta \vec{r} / \Delta t$  nisbatning miqdori va fazodagi yo‘nalishi  $\Delta t$  ning qiymatiga bog‘likdir. Agar  $\Delta t$  vaqt oralig‘ini uzluksiz kamaytirib borsak aniq kattalikka intiladi va bu kattalik moddiy nuqtaning  $t$  vaqtdagi harakat tezligidan iborat bo‘ladi.

Yuqorida ta’kidlab o‘tilganlarni matematik usulda quyidagicha yozish mumkin:

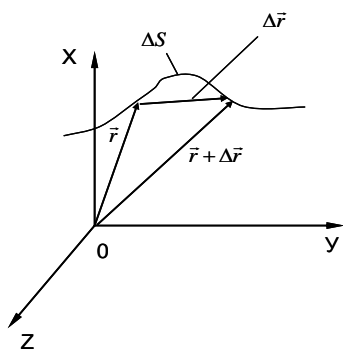
$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \vec{v} \quad (3.1)$$

(1.1) ifodadan tezlik vektorining yo‘nalishi vektorning  $\Delta \vec{r}$  yo‘nalishi bilan mos kelishi ko‘rinib turibdi. Agar  $\Delta t$  ni uzluksiz kamaytirib borilsa,  $\Delta \vec{r}$  ning yo‘nalishi pirovardida shu vektor boshlanish nuqtasidagi trayektoriyaga o‘tkazilgan urinma bilan mos tushadi,  $\Delta \vec{r}$  ning son qiymati esa  $\Delta S$  ga teng bo‘lib qoladi (3.1 – rasm).

Demak, biror trayektoriya bo‘yicha harakatlanayotgan jismning istalgan nuqtadagi tezlik vektori trayektoriyaning shu nuqtasiga o‘tkazilgan urinma bo‘yicha yo‘nalgan bo‘lar ekan.

Matematika kursidan ma’lumki, (3.1) formula asosida tezlik vektorini radius-vektoridan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosila ko‘rinishida yozish mumkin, ya‘ni

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad (3.2)$$



3.1- rasm

3.1 – rasmdan ko‘rinadiki, berilgan  $t$  uchun,  $\Delta t$  uzluksiz kamayib borsa,  $\Delta \vec{r}$  ning moduli  $\Delta s$  ga intiladi va (3.1) formulaga asosan tezlik vektorining modulini quyidagicha yozish mumkin:

$$|\vec{v}| = v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} \quad (3.3)$$

Tezlanish. Moddiy nuqtaning harakat tezligi vaqt o‘tib borishi bilan ham son qiymati bo‘yicha, ham yo‘nalishi bo‘yicha, o‘zgarib turishi mumkin, Bu o‘zgarishni xarakterlovchi kattalik tezlanishni ifodalaydi. Biror  $t$  vaqtda nuqta harakatining tezligi  $\vec{v}$  va  $t + \Delta t$  da  $\vec{v} + \Delta \vec{v}$  ga teng bo‘lsin. Yuqorida ko‘rib o‘tganimizdek, o‘rtacha tezlanishni aniqlovchi nisbatning qiymati  $\Delta t$  uzluksiz kamayib borganda aniq kattalikka intilib, tezlanishning berilgan vaqtdagi qiymatini ifodalaydi, ya’ni

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (3.4)$$

(3.4) formuladagi o‘rniga uning (3.2) munosabatdagi ifodasini keltirib qo‘ysak,

$$\vec{a} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} \quad (3.5)$$

hosil bo‘ladi.

Demak, moddiy nuqtaning harakat tezlanishi radius-vektordan vaqt bo‘yicha olingan ikkinchi tartibli hosilaga teng ekan.

Moddiy nuqtaning harakat trayektoriyasi egri chiziqdan iborat bo‘lgan umumiy holni ko‘rib chiqaylik. Trayektoriyada ixtiyoriy ravishda biror  $A$  nuqtani tanlab (3.2 – rasm), shu nuqta orqali egrilik doyrasini o‘tkazaylik.

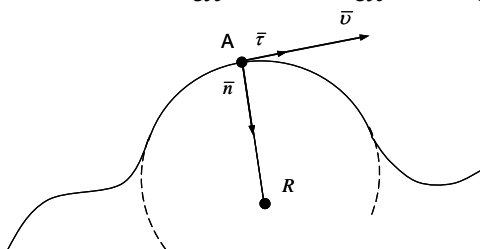
Egrilik doirasining  $R$  radiusi egri chizikli trayektoriyaning berilgan  $A$  nuqtadagi egrilik radiusi bo‘lsin.  $A$  nuqtadan chiquvchi ikkita birlik vektorini tanlaylik: ulardan biri trayektoriyaga urinma ravishda va ikkinchisi  $\vec{n}$  egrilik radiusi bo‘ylab yo‘nalgan bo‘lsin.

Tezlik vektori hamma vaqt trayektoriyaga o‘tkazilgan urinma bo‘yicha yo‘nalganligini e‘tiborga olib quyidagicha yozish mumkin:

$$v = v \vec{\tau} \quad (3.6)$$

$A$  nuqta moddiy nuqta deb qaralishi mumkin bo‘lgan jismning biror vaqt fazodagi o‘rnini ko‘rsatadi. Vaqt o‘tib borishi bilan  $A$  nuqta trayektoriya bo‘ylab ko‘cha boshlaydi va shunga mos ravishda  $\vec{r}$  vektoriing yo‘nalishi ham o‘zgarib boradi. Buni e‘tiborga olgan holda (3.6) ni (3.4) ga keltirib qo‘yib quyidagini yozish mumkin:

$$\vec{a} = \frac{d(v \cdot \vec{\tau})}{dt} = \vec{\tau} \frac{dv}{dt} + v \frac{d\vec{\tau}}{dt} \quad (3.7)$$



3.2 – rasm

(3.7) formuladan ko‘rinadiki, tezlanish vektori ikkita tashkil etuvchining yig‘indisidan iborat ekan: birinchisi

(birinchi xad) trayektoriyaga o'tkazilgan urinma bo'yicha yo'nalgan tezlikning son miqdori bo'yicha o'zgarishini xarakterlovchi tezlanish va ikkinchisi hamma vaqt tezlik vektoriga tik bo'lib, egrilik markaziga qarab yo'nalgan tezlikning shu yo'nalish bo'yicha o'zgarishini xarakterlovchi tezlanish. Shuning uchun tezlanish vektorining bu tashkil etuvchilarini mos ravishda urinma (tangensial) tezlanish  $\bar{a}_t$  va markazga intilma (normal) tezlanish  $\bar{a}_n$  deb ataladi. (3.7) ni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\bar{a} = \bar{a}_t + \bar{a}_n \quad (3.8)$$

Osonlik bilan ko'rsatish mumkinki, tezlanish vektorining tangensial va normal tashkil etuvchilarining modullari quyidagicha aniqlanadi:

$$a_t = \frac{dv}{dt} \quad \text{va} \quad a_n = \frac{v^2}{R} \quad (3.9)$$

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  $a = \text{const}$  va u musbat ishorali bo'lsa, tezlik va tezlanish 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 holda,  $a$  - 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 quyidagicha ifodalanadi:

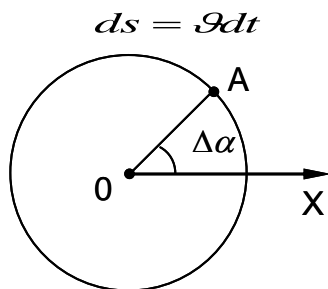
$$S = v_0 t \pm \frac{at^2}{2} \quad (3.10)$$

### Moddiy nuqtaning aylana bo'ylab harakati. Burchak tezlik va burchak tezlanishi.

Moddiy nuqta harakatining trayektoriyasi aylana shaklida bo'lsa, bunday harakat **aylanma harakat** deb ataladi. Agar  $OA$  radius-vektor  $\Delta t$  vaqt oralig'ida  $\Delta\varphi$  burchakka burilgan bo'lsa, jism burchakli tezligining o'rtacha qiymati  $\omega = \Delta\varphi/\Delta t$  ga teng bo'ladi. Burchakli tezlikning berilgan vaqtdagi qiymati

$$\omega = d\varphi/dt \quad (3.11)$$

ifoda orqali aniqlanadi, juda kichik vaqt oralig'idagi moddiy nuqtaning aylana bo'ylab bosib o'tgan ds yul uzunligini quyidagicha yozish mumkin:



3.3 – rasm

Bunda,  $r = \overline{OA}$  radius-vektorning uzunligi. Yuqoridagi formuladan  $d\varphi$  elementar burchakka burilish uchun:

$$d\varphi = \frac{v dt}{r}$$

ni (3.10) ga keltirib qo'yamiz va chiziqli hamda burchakli tezliklar orasidagi quyidagi munosabatni olamiz:

$$v = \omega r \quad (3.12)$$

Aylana buylab tekis harakat uchun (3.12) ni  $d\varphi = \omega dt$  ko'rinishda yozib, 0 dan  $T$  (bir marta to'liq aylanib chiqish uchun ketgan vaqt - aylanish davri) gacha bo'lgan vaqt oralig'idagi burilish burchagi  $2\pi$

ning  $2\pi = \varphi = \int d\varphi = \int \omega dt = \omega T$  ga teng ekanligini aniqlab, burchakli tezlikni

$$\omega = 2\pi/T \text{ yoki } \omega = 2\pi\nu \quad (3.13)$$

ko'rinishda ifodalash mumkin (bu yerda  $\nu$  - aylanish chastotasi).



Burchakli tezlanish burchakli tezlikning birlik vaqt davomida o'zgarish kattaligini aniqlaydi. Agar  $\Delta t$  vaqt oralig'ida burchakli tezlik  $\Delta\omega$  ga o'zgargan bo'lsa, burchakli tezlanishning shu vaqt oralig'idagi o'rtacha qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$\varepsilon = \Delta\omega / \Delta t \quad (3.14)$$

Burchakli tezlanishi berilgan  $t$  vaqtdagi qiymatini

$$\varepsilon = d\omega / dt \quad (3.15)$$

kurinishda yozib, (3.12) ni (3.15) ga keltirib qo'ysak quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$\varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad (3.16)$$

(3.16) dan burchakli tezlanish burilish burchagidan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli hosilaga teng ekanligi ko'rinib turibdi.

#### 4 – MA'RUZA: TABIATDA KUHLAR VA ULARNING XUSUSIYATLARI. REJA:

1. Deformatsiya va uning turlari.
2. Mexanik kuchlanish. Guk qonuni.
3. Yung moduli, elastik va ishqalanish kuchlari.
4. Butun olam tortishish qonuni. Og'irlik kuchi.
5. Gravitatsion maydon va uning kuchlanganligi

#### TAYANCH SO'ZLAR:

Impuls. Impulsning saqlanish qonuni. Butun olam tortishish qonunlari. Suniy yo'ldosh va vaznsizlik.  
Kepler qonunlari.

#### Tabiatda kuchlar: elastiklik, ishqalanish va og'irlik kuchlari. Gravitatsion maydon. Butun olam tortishish qonuni

Umuman hozirgi kunda ma'lum bo'lgan hamma kuchlarni to'rt xil asosiy toifaga ajratish mumkin: tortishish kuchlari, elektromagnit kuchlar, qudratli uzaro ta'sir kuchlari (masalan, yadroda zarralarning o'zaro ta'sir kuchlari) va zaif o'zaro ta'sir kuchlari (masalan, elementar zarralarning emirilishida sodir bo'ladigan kuchlar).

Mavjud bo'lgan har qanday jismlar o'zaro tortishib turadi. Jismlar orasidagi tortishish kuchlarining qonuniyatini 1687 yilda Nyuton aniqlagan bo'lib, uni odatda butun olam tortishish qonuni deb ataladi. Bu qonunga ko'ra moddiy nuqta deb qaralishi mumkin bo'lgan har qandai ikki jism massalarining ko'paytmasiga to'g'ri proporsional va oralaridagi masofaning kvadratiga teskari proporsional kuch bilan bir-biriga tortilib turadi. Bu kuchning modulini quyidagicha ifodalash mumkin

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (4.1)$$

bunda  $\gamma$  - tortishish (gravitatsiya) doimiysi bo'lib, uning qiymati  $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$  ga teng. (4.1) ni sharsimon shakldagi, bir jinsli, ixtiyoriy massaga ega bo'lgan jismlar uchun ham qo'llash mumkii. Jism bilan yer orasidagi o'zaro tortitish kuchining modulini quyidagicha yozish mumkin

$$F = \gamma \frac{m M_{\text{yer}}}{R_{\text{Yerp}}^2} \quad (4.2)$$

bunda  $m$  - Yer sirtidagi jism massasi;  $M_{\text{yer}}$  - Yerning massasi,  $R_{\text{Yerp}}$  - Yer sharining radiusi.

Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan  $m$  massali jism  $F_{\text{tor}}$  - tortitish kuchi ta'sirida Yer bilan bog'liq sanoq sistemasiga nisbatan biror tezlanish bilan harakatga keladi:

$$F_{\text{tor}} = ma \quad (4.3)$$

(4.2) va (4.3) ni o'zaro tenglab, Yerning tortish kuchi ta'sirida kuzatilayotgan jismning olgan tezlanishini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$a = \gamma \frac{M_{Yer}}{R_{Yer}} \quad (4.4)$$

(4.4) formuladagi kattaliklar o'zgarish qiymatga ega ekanliklarini e'tiborga olsak, jism harakatiga qarshilik ko'rsatuvchi kuchlar mavjud bo'lmagan xollardagi Yer sirtiga yaqin balandliklarda har qanday jism bir xil tezlanish bilan tushadi degan xulosaga kelamiz. Boshqacha aytganda, (4.4) da faqat Yerning tortishish kuchi ta'sirida vujudga kelgan erkin tushish tezlanishidir, shuning uchun uni  $g$  orqali belgilaylik, ya'ni

$$g = \gamma \frac{M_{Yer}}{R_{Yer}} \quad (4.5)$$

Jism og'irligi deganda, tutib turuvchi taglikka yoki osmaga shu jism tomonidan ko'rsatilayotgan  $\vec{N}$  ta'sir kuchi tushuniladi. Shuni ta'kidlab o'tish kerakki,  $\vec{P}$  jismga qo'yilgan  $\vec{N}$  esa taglikka qo'yilgan, lekin jismning harakatsiz holatida bu kuchlar modul jihatidan bir-biriga teng bo'lib, yo'nalishlari esa qarama-qarshidir.

**Elastiklik kuchlari.** Harqanday qattiq jism tashqi kuchlar ta'sirida o'zining shaklini va xajmini o'zgartiradi. Bunday o'zgarish deformatsiya deb ataladi. Tashqaridan qo'yilgan kuchlarning ta'siri to'xtashi bilan yo'qolib ketuvchi deformatsiyalar elastik deformatsiyalar deb ataladi. Kuchlarning ta'siri to'xtagandan so'ng jismda saqlanib qoluvchi deformatsiyalar plastik yoki qoldiq deformatsiyalari deb ataladi.

#### 4.1-rasm

Deformatsiyalanish jarayonida qattiq jismni tashkil etuvchi zarrachalar (molekulalar va atomlar)ning ma'lum qismi bir-birlariga nisbatan siljiydi. Bunday siljishga qattiq jism tarkibidagi zaryadlangan zarrachalar orasidagi elektromagnit kuchlari qarshilik ko'rsatadi. (Zaryadlangan zarrachalar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari elektromagnit ta'sir kuchlari deb ataladi). Natijada deformatsiyalanayotgan qattiq jismda son jihatidan tashqaridan qo'yilgan kuchga teng, lekin qarama-qarshi yo'nalishga ega bo'lgan ichki kuch-elastiklik kuchi vujudga keladi. Deformatsiyalarning turlari juda ko'p bo'lib tushunish oson bo'lishi uchun eng sodda deformatsiyalardan birini-bir tomonlama cho'zilish yoki bir tomonlama siqilishni qarab chiqaylik.

Uzunligi  $l$  ga, ko'ndalang kesimining yuzi esa  $S$  ga teng bo'lgan bir jinsli rezina sirtiga qo'yilgan va uning bir uchi devorga maxkamlangan bo'lsin sterjen stol. Agar  $X$  o'qining musbat yunalishi bo'yicha sterjen ko'ndalang kesimning yuzaga tik ravishda tashqi  $\vec{F}_{tash}$  kuch ta'sir qilsa, sterjenning uzunligi  $x$  qiymatga ortadi, ya'ni cho'ziladi. Deformatsiyalanish (cho'zilish) jarayonida, sterejenda uni avvalgi holiga qaytarishga intiluvchi, son jihatidan  $\vec{F}_{tash}$  kuchga teng lekin qarama-qarshi yo'nalishga ega bo'lgan  $\vec{F}_{el}$  elastiklik kuchi vujudga keladi.

Deformatsiyalanish darajasini sterjen uzunligining nisbiy o'zgarishi  $x/l = \varepsilon$  orqali belgilanadi. Deformatsiyaga sabab bo'lgan tashqi ta'sir esa ta'sir etuvchi kuchning sterjen ko'ndalang kesimi yuziga nisbati  $\frac{F_{tash}}{S} = \sigma$  orqali aniqlanadi. Tashqi va elastiklik kuchlari son qiymatlari bo'yicha o'zaro teng, yo'nalishlari esa qarama-qarshi ekanligini e'tiborga olib, bu kuchlarning  $X$  o'qiga proyeksiyalarini quyidagicha yozish mumkin:

$$F_{tash,x} = -F_{el,x} ; \sigma = \frac{F_{el}}{S} \quad (4.6)$$

bunda  $\sigma$  ni mexanik kuchlanish deb atalib, u kuzatilayotgan sterjen ko'ndalang kesimining birlik yuziga to'g'ri keladigan elastiklik kuchini ifodalaydi.

Ingliz olimi Robert Guk tajribalar asosida elastiklik deformatsiyalarda vujudga keluvchi kuchlanish nisbiy cho'zilishga proporsional ekanligini ifodalovchi qonuni yaratadi. Gukning bu qonunini bir tomonlama cho'zilish yoki siqilishdan iborat deformatsiyalar uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (4.7)$$

(4.7) dagi  $E$  - o'zgarimas kattalik bo'lib, sterjenning qanday materialdan yasalganligiga va uning fizik holatiga bog'liq.  $E$ -ni elastiklik moduli yoki Yung moduli deyiladi. (4.7) ga  $E$  - ning ifodasini keltirib qo'yib Yung modulini aniqlash mumkin:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\sigma}{x/l} \quad (4.8)$$

$x=l$  teng bo'lganda nisbiy uzayish  $x/l=1$  bo'ladi va  $E$  son jihatdan  $\sigma$  ga teng bo'lib qoladi. Demak, (4.8)dan foydalanib, quyidagi xulosaga kelish mumkin: Yung moduli  $E$  son jihatdan sterjen uzunligini ikki marta orttirilganda vujudga keladigan kuchlanishga teng.

Guk qonuniga asosan kuchlanish nisbiy cho'zilishga chiziqli bog'langan ekan. Tajribalar Guk qonuni faqat elastik deformatsiyaning kichik qiymatlarida aniq bajarilishini ko'rsatadi. 4.2-rasmda ba'zi bir metallar uchun kuchlanishning nisbiy uzayishga bog'liqlik grafigi keltirilgan.

Bog'lanishning 0 dan  $a'$  gacha qismi to'g'ri chiziqdan iborat bo'lib, nisbiy uzayishning qiymatlari  $a$  dan kichik bo'lgan xollarda Guk qonunining to'la bajarilishini ko'rsatadi. Makromolekulalardan tashkil topgan jismlar - polimerlar uchun bu bog'lanish mutlaqo o'zgacha xarakterga egadir. Makromolekula deb atalishning boisi shundan iboratki, polimerda har bir molekula juda ko'p miqdordagi atomlardan tashkil topgan. Masalan, polipropilen deb ataluvchi polimerning bir dona zanjirsimon molekulasi 10000 lab polipropilen  $C_3H_7$  molekulalarining bir-biriga qo'shilishidan hosil bo'lgan. Bunday polimerlarning elastik deformatsiyalanishidagi nisbiy o'zgarish 600% dan ham yuqori qiymatga ega bo'lishi mumkin.

**Ishqalanish kuchlari.** Mexanikaga oid masalalarni xal etishda tortishish kuchlari va elastiklik kuchlari bilan bir qatorda ishqalanish kuchlari bilan ham ish ko'rishga to'g'ri keladi. Bir-biriga tegib turgan jismlar yoki bir jismning o'zaro tegib turgan bo'laklari bir biriga nisbatan ko'chganda hosil bo'ladigan kuchlar ishqalanish kuchlari deb ataladi.

Ishqalanishlarni ikki toifaga bo'lish mumkin: tashqi ishqalanishlar va ichki ishqalanishlar. Sirtlari o'zaro tegib turuvchi qattiq jismlarni bir-birlariga nisbatan bo'lgan harakatga tashqi ishqalanish deb ataladi. Tashqi ishqalanishga misol qilib, biror qattiq jism sirtida ikkinchi qattiq jismning sirpanishida hosil bo'ladigan ishqalanishni keltirish mumkin. Berilgan jismning turli xil qismlarini bir-biriga nisbatan ko'chishlari tufayli vujudga keluvchi ishqalanish ichki ishqalanish deb ataladi.

Ichki ishqalanishga misol qilib, quvur bo'ylab oqayotgan suyuqlik yoki gazning quvur sirtidan turli masofada bo'lgan qatlamlarining turli tezliklarda harakatlanishini keltirish mumkin.

Tashqi va ichki ishqalanishlarni yana quruk va suyuq (qovushqoq) ishqalanishlarga ajratish mumkin. Qattiq jismlarning quruk sirtlari orasida hosil bo'ladigan ishqalanish quruk ishqalanish deb ataladi. Suyuqlik yoki gazning turli qatlamlari orasida hosil bo'ladigan ishqalanish suyuq ishqalanish deb ataladi.

Quruq ishqalanish. Gorizontol holatdagi yassi tekislikda yog'och taxtacha tinch turgan bo'lsin. Taxtacha og'irlik kuchining yassi tekislik sirtiga o'tkazilgan normalga nisbatan olingan proeksiyasi  $P_n$  son jihatidan yassi tekislikning shu jismga kursatayotgan  $N$  reaksiya kuchiga teng, yo'nalishi qarama-qarshidir. Taxtachani yassi tekislik bo'ylab harakatga keltirish uchun unga gorizontol yo'nalgan  $F_m$  tashqi kuch bilan ta'sir qilish kerak. Lekin  $\vec{F}_m$  ning qiymati berilgan xol uchun qandaydir aniq  $\vec{F}_{m0}$  dan katta bo'lmaguncha taxtacha o'z joyida qo'zg'almay turaveradi. Demak, tashqi kuchning qiymati 0 dan  $\vec{F}_{m0}$  gacha ortib borishida yassi-tekislik taxtachaga son jihatdan tashqi kuchga teng, lekin qarama-qarshi yunalgan qarshilik kuchi bilan ta'sir etadi

Tashqaridan qo'yilgan kuch tufayli hosil bo'layotgan qarshilik kuchi tinch holatdagi ishqalanish kuchi deb ataladi.

Agar  $\vec{F}_m$  ning qiymati  $\vec{F}_{m0}$  dan kichik bo'lsa, taxtacha o'zining tinch-holatini saqlab qoladi. Ammo taxtachaga ta'sir etayotgan tashqi kuch, tinch holatdagi ishqalanish kuchining maksimal qiymatidan katta bo'lsa, taxtacha harakatga keladi, ya'ni yassi tekislik bo'yicha sirpana boshlaydi.

Tashqi kuchning ta'siri to'xtatilgandan so'ng esa, taxtacha o'zining to'g'ri chiziqli tekis harakati holatini saqlab qolmaydi, harakat sekinlanuvchan harakatdan iborat bo'ladi. Chunki taxtacha sirpanayotganligi tufayli ishqalanish kuchi vujudga kelib, u xamma vaqt harakat tezligining yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishga ega bo'ladi.

Tajribalar tinch holatdagi  $\vec{F}_{ish.0}$  ishqalanish kuchining maksimal qiymati tegib turgan sirtlarining kattaligiga emas, balki sirtlarning tabiatiga bog'liq ekanligini va og'irlik kuchining tekislikka tik yunalishda qo'yilgan  $P$  tashkil etuvchisiga to'g'ri proporsional ekanligini ko'rsatadi:





$$\vec{F}_{ish,0} = \mu_0 P_n \quad (4.9)$$

bunda  $\mu_0$  - tinch holatdagi ishqalanish koeffitsiyenti bo'lib, tegib turgan sirtlarning tabiatiga bog'lik. Shuningdek, jismning harakati (sirpanishi) tufayli vujudga kelgan ishqalanish kuchi ham quyidagi munosabat orqali aniqlanadi

$$\vec{F}_{ish} = \mu P_n \quad (4.10)$$

bunda  $\mu$  - sirpanishdagi ishqalanish koeffitsiyenti bo'lib, tegib turgan sirtlarning tabiatiga va bu sirtlarning bir-biriga nisbatan harakat tezligiga bog'liqdir.

**4.1-rasmda** sirpanishdagi ishqalanish kuchining nisbiy tezlikka bog'liklik grafigi keltirilgan. Ishkalanuvchi jismlar bir-biriga nisbatan tinch holatda bo'lganda, ya'ni  $v = 0$  da tinch holatdagi ishqalanish kuchi, ta'sir qilayotgan tashki kuchning qiymatiga qarab 0 dan  $\vec{F}_{ush,0}$  gacha qiymatlarning birortasiga teng bo'lishi mumkin. Tezlikning son qiymati ortib borishi bilan 4.1-rasmdagi grafik chizig'ida ifodalanganidek, ishqalanish koeffitsiyenti avvaliga bir oz kamayib, so'ngra orta borishini ko'rsatadi.

#### 4 – rasm

Rasimda ko'rsatilgan o'yinchi kaptokchaga kuch bilan tez-ulanish berish arafasida. Bunda o'yinchi topni boshining orqasidan to otish moment-igacha ko'chishda kaptok ustida ish bajaradi. Kaptok ustida bajarilgan jamiy ish kaptok olgan kinetik energiyaga ( $\frac{1}{2}mv^2$ ) teng bo'ladi. Bu natija ish-energiya prinsipi dab yuritiladi.

## 5-MA'RUZA: MEXANIKANING SAQLANISH QONUNI.

### REJA:

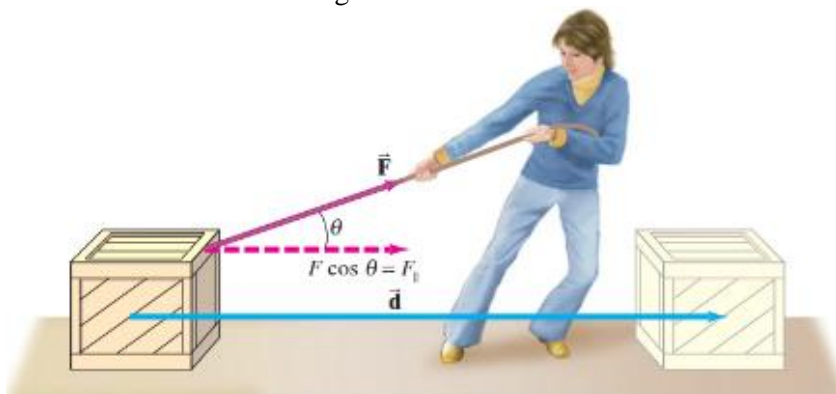
1. Mexanik ish
2. Mexanik energiya
3. Energiyaning saqlanish qonuni
4. Mexanik quvvat.
5. Mexanizmlarning foydali ish koeffitsienti

### TAYANCH SO'ZLAR:

Mexanik ish. Mexanik energiya. Energiyaning saqlanish qonuni. Mexanik quvvat. Mexanizmlarning foydali ish koeffitsienti.

Hozirgacha biz Nyuton qonunlaridan foydalanib jismning ilgarlanma harakatini o'rganayotgan edik. Bu tahlilda, harakatni aniqlovchi kattalik sifatida kuch markaziy ro'lni o'ynadi. Bu va keyingi boblarda biz jism harakatini energiya va moment kattaliklaridan foydalanib o'rganamiz. Energiya va momentning muhimligi ular saqlanadigan kattaliklar. Yani, ko'p hollarda ular o'zgarmas. Saqlanuvchi kattaliklar tabiatning qonunlarini tushinishga yordam berib qolmasdan, juda ko'p amaliy masalalarni yechishda yordam beradi. Ko'p jismlardan tashkil topgan sistemani o'rganishda mavjud kuchlarni ifodalash juda qiyin yoki iloji yo'q. Shunday holatlarda energiya va moment saqlanish qonunlari juda foydali.

Bu bob juda muhim bo'lgan energiya tushinchasi va shunga yaqin bo'lgan ish tushinchasiga bag'ishlanadi. Bu ikkita kattalik skalyardir yani yo'nalishga ega emas va aynan shu ko'p hollarda vektor kattalik bo'lgan tezlanish va kuch bilan solishtirganda ular bilan ishlashni osonlashtiradi.



RASM 5-1. Odam yuza bo'ylab qutini tortmoqda.  $\vec{F}$  kuch tamonidan bajarilgan ish  $W = Fd \cos \theta$  bu erda  $\vec{d}$  - ko'chish.

### 5.1 O'zgarmas kuch tamonidan bajarilgan ish

Ish so'zi odiy kundalik tilimizda ko'plab manolari bor. Ammo fizikada jismga kuch tasir qilishidagi erishiladigan narsani (jismning qandaydir masofaga harakatlanishi) ifodalash uchun ish so'zini ishlatamiz. Agar aniq qilib tushintirilmasa, biz faqat ilgarlanma harakatni ko'ramiz yani obektrlarni ichki murakkablashtiruvchi harakatga ega bo'lmagan qattiq jism va zarracha deb qarash mumkin. Shunda, o'zgarmas kuch tamonidan jism ustida bajarilgan ish deb ko'chish va kuchning ko'chishga parallel bo'lgan tashkil etuvchisi ko'payitmasi moduliga aytiladi. Biz buni tenglama ko'rinishida quyidagicha yozishimiz mumkin  $W = F \parallel d$ ,

bunda  $F \parallel$  o'zgarmas  $\vec{F}$  kuchning ko'chish  $\vec{d}$  vektoriga parallel bo'lgan tashkil etuvchisi (komponentasi). Biz buni boshqacha yozishimiz ham mumkin

$$W = Fd \cos \theta, \quad (5.1)$$

bu erda  $F$  o'zgarmas kuchning moduli,  $d$  jism ko'chishi moduli, va  $\theta$  kuch va ko'chish vektorlari orasidagi burchak (Rasm 5.1). Teng. 5.1 da  $\cos \theta$  ifodaning borligining sababi kuch  $\vec{F}$  ning ko'chish  $\vec{d}$  yo'nalishi bo'ylab tashkil etuvchisi  $F \cos \theta$  ( $=F \parallel$ ). Ish skalyar kattalikdir – yonalishga ega bo'lmasdan faqat musbat va manfiy son qiymatga ega bo'ladi.

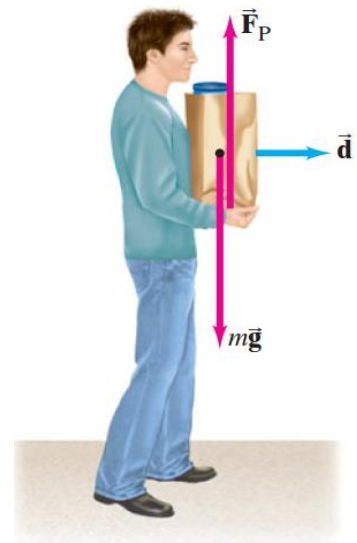
Kuch va harakat yo'nalishi bir xil bo'lgan holatni ko'raylik, demak  $\theta=0$  va  $\cos \theta=1$ ; bunda  $W=Fd$ . Misol uchun, agar siz gorizantal yo'nalgan 30 N kuch bilan yukli aravachani 50 m ga itarsangiz, bunda siz arava

$30\text{N} \times 50\text{m} = 1500\text{N} \cdot \text{m}$  ish bajarilgan bo'lasiz. Bu misol ko'rsatdiki, XBS da ish Nuyton-meter ( $\text{N} \cdot \text{m}$ ) da o'lanadi. Bu birlikka berilgan ism joule (J):  $1\text{J} = 1\text{N} \cdot \text{m}$ .

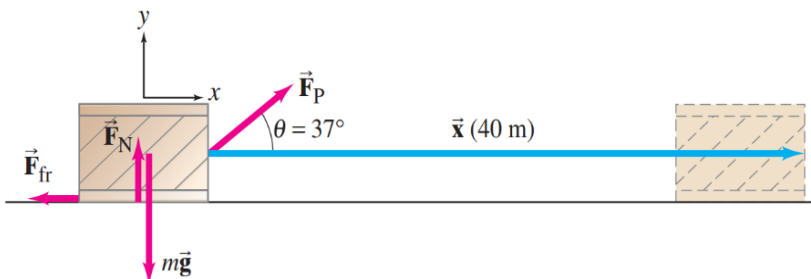
Jismga kuch tasir qilib ham ish bajarilmaslik mumkin. Agar siz og'ir sumkani ko'lingizda ko'tarib tinch holatda tursangiz, bunda siz ish bajarilmaysiz. Bu holatda siz sumkaga kuch bilan tasir qilyapsiz ammo ko'chish no'lga teng, shuning uchun bajarilgan ish  $W = 0$ . Ish bajarish uchun kuch va ko'chish bo'lishi kerak. Agar siz sumkani ko'tarib garizontal yo'nalishda o'zgarimas tezlik bilan harakatlansangizham, ish bajarilmaysiz (5.2 Rasm). Sumkani o'zgarimas tezlik bilan harakatlantirish uchun gorizontol kuch talab qilinmadi. 5.2 rasimda tasvirlangan odam

sumka og'irligiga teng bo'lgan tepaga yo'nalgan  $\vec{F}_p$  kuch bilan ko'tarmoqda. Ammo tepaga yo'nalgan kuch gorizontol ko'chishga perpendiqulyar va shuning uchun ish bajarilmaysiz. Bu xulosa ish tarifidan kelib chiqadi, 5.1 Teng.:  $W=0$ , chunki  $\theta=90^\circ$  va  $\cos 90^\circ=0$ . Shunday qilib, berilgan kuch ko'chish yo'nalishiga perpendiqulyar bo'lsa bu kuch tamonidan ish bajarilmaydi. Sir yurishni boshlash va to'xtatishda gorizontol yo'nalgan tezlanishga ega bo'lasiz. Bu holatda siz sumkaga

RASM 5-2. Odam sumka ustida ish bajarmaydi chunki  $\vec{F}_p$  kuch ko'chishga  $\vec{d}$  perpendiqulyar.



RASM 5-3. 5-1 – misol. 50 kg li quti yuza bo'ylab tortilmoqda.



gorizontol kuch bilan qisqa vaqt davomida tasir qilasiz va shuning uchun sumka ustida ish bajarasiz.

Ishni tahlil qilishda, kuchdagi bo'lgani kabi, shu bajarilgan ish ma'lum jism tamonidan mi yoki ma'lum bir jism ustidan mi shunga etibor berish kerak. Undan tashqari, bajarilgan ish qaysi kuch tamonidan shuni ham aniq aytish kerak yani aynan berilgan bita kuch tamonidan mi yoki bo'lmasa kuchlarning vektor yig'indisi tamonidanmi?

5.1 MISOL Quti ustida bajarilgan ish. Odam 50 kg qutini o'zgarimas  $F_p = 100\text{N}$  kuch bilan gorizontol yuza bo'ylab 40 m ga tortadi. Bunda kuch garizont bilan  $37^\circ$  burchak hosil qilmoqda (5.3 rasm). Yuza g'adirdir va  $\vec{F}_{fr} = 50\text{N}$  teng bo'lgan ishqalanish kuchi bor. (a) Har bita kuch tamonidan bajarilgan ishni aniqlang. (b) Quti ustida bajarilgan umumiy ishni aniqlang.

YONDASHUV Kordinatalar sistemasini shunday tanlashimiz kerakki bunda 40 m li ko'chish vektori  $\vec{x}$  va  $x$  o'qining musbat yo'nalishi mos tushsin. 5.3 rasimda tasvirlangan kuch diagrammasi qutiga tasir qilayotgan to'rtta kuchni ko'rsatadi:  $\vec{F}_p$  odam tamonidan;  $\vec{F}_{fr}$  ishqalanish;  $\vec{F}_G = m\vec{g}$  Yer tamonidan; va  $\vec{F}_N$  yuza tamonidan qutiga tasir qilayotgan reaksiya kuchi. Shu to'rtta kuchning vektor yeg'indisi qutiga tasir qilayotgan umumiy kuch ga teng.

YECHIM (a) Gravitatsion  $\vec{F}_G$  va  $\vec{F}_N$  reaksiya kuchlari tamonidan bajarilgan ish no'lga ga teng chunki ular ko'chish  $\vec{x}$  vektoriga perpendiqulyar yo'nalgan (5.1 teng. da  $\theta = 90^\circ$ ):

$$W_G = mgx \cos 90^\circ = 0$$

$$W_N = F_N x \cos 90^\circ = 0$$

$\vec{F}_p$  kuch tamonidan bajarilgan ish

$$W_p = F_p x \cos \theta = (100\text{N})(40\text{m}) \cos 37^\circ = 3200\text{J}.$$

Ishqalanish kuchi tamonidan bajarilgan ish:

$$W_{fr} = F_{fr} x \cos 180^\circ = (50\text{N})(40\text{m})(-1) = -2000\text{J}.$$

Ko'chish  $\vec{x}$  va  $\vec{F}_{fr}$  orasidagi burchak  $180^\circ$  chunki ular qarama-qarshi yo'nalgan. Ishqalanish kuchi harakat yo'nalishiga teskari bo'lgani uchun bu juch tamonidan quti ustida bajarilgan ish manfiy bo'ladi.

(b) Jism ustida bajarilgan umumiy ish har bir kuch tamonidan bajarilgan ishlarning arifmetik (algebraic) yig'indisiga teng chunki ish skalyar kattaligidir:

$$\begin{aligned} W_{umumiy} &= W_G + W_N + W_P + W_{fr} \\ &= 0 + 0 + 3200\text{J} - 2000\text{J} = 1200\text{J}. \end{aligned}$$

**! DIQQAT**  
**Manfiy ish**

Biz 5.1 misolda ishqalanish kuchi manfiy ish bajarganini ko'rdik. Umuman olganda, harakat yo'nalishiga teskati bo'lgan har qanday kuch tamonidan bajarilgan ish manfiy bo'ladi.

**MASHIQ A 5.3** rasimdagi  $\vec{F}_p$  kuchning doimiy saqlab, burchak  $\theta$  oshirilsa, shu kuch tamonidan bajarilgan ish (a) o'zgarmaydi (b) ortadi (c) kamayadi (d) oldin oshib keyin kamayadi.

Ish (Masala echish strategiyasi)

Siz tahlil qilayotgan jismga tasir qilayotgan kuchlarning diagram-masini chizing

xy kordinatalar sistemasini tanlang. Agar jism harakatlanayotgan bo'lsa, shu harakat yo'nalishoni kordinataning bitta o'qiga to'g'irlash maqsadga muvofiq yoki kuch yo'nalishi bo'yicha. (Qiyalikdagi jism uchun qiyalik tekisligi bilan parallel)

Nyuton qonunlarini qo'llab nomalum kuchlarni aniqlang

Berilgan juch tamonidan bajarilgan ishni  $W = Fd \cos \theta$  tenglama yordamida toping. Agar ko'chish va kuch yo'nalishi teskari bo'lsa bajarilgan ish manfiy bo'ladi

Umumiy ishni toppish uchun esa (a) har bir kuch tamonidan bajarilgan ishini topib arifmetik qo'shing yoki

(b) kuchning vektor yig'indisini toppish orqali toping.  $W_{net} = F_{net} d \cos \theta$

**5.2 MISOL** Orqa sumka ustida bajarilgan ish. (a) 5.4a rasimdagi sayohatchi 15.0 kg li sumkasini balandligi  $h = 10\text{m}$  tepalikka olib chiqish uchun bajarishi kerak bolgan ishni aniqlang (b) gravitatsiya tamonidan bajarilgan ishni aniqlang, va (c) sumka ustida bajarilgan umumiy kuchni toping. Soddalik uchun tezlanishni no'l deb sayohatchi o'zgaras tezlik bilan harakatlangan deb oling.

**YONDASHUV** Yuqoridagi masala echish strategiyasidan foydalanamiz.

**YECHIM**

Kuchlar diagrammasini chizish. Sumkaga tasir qilayotgan kuchlar 5.4b rasmda berilgan: pastga yo'nalgan gravitatsiya kuchi,  $m\vec{g}$ ; sayohatchi tamonidan sumkani ushlovchi kuch  $\vec{F}_H$ . Tezlanish no'lga teng, demak sumkaga tasir qilayotgan gorizontall kuchlarni hisobga olmasa ham bo'ladi.

Kordinatalar sistemasini tanlash. Biz sumkaning vertikal harakatini o'rganyapmiz demak  $y$  o'qining musbat yo'nalishi tepaga yo'nalgan deb olamiz.

Nyuton qonunlarini qo'llaymiz. Vertikal yo'nalishda sumkaga Nyutonning ikkinchi qonununi qo'llab (

$$\begin{aligned} a_y &= 0 \\ \sum F_y &= ma_y \\ F_H - mg &= 0. \end{aligned}$$

$$\text{Demak, } F_H = mg = (15.0\text{kg})(9.80\text{m/s}^2) = 147\text{N}.$$

Berilgan kuch tamonidan bajarilgan ish. (a) Sayohatchining sumka ustida bajargan ishini hisoblash uchun 5.1 Teng. dan foydalanamiz, bu erda  $\theta$  5.4c rasmda ko'rsatilgan,

$$W_H = F_H (d \cos \theta),$$

va 5.4a rasmdan ko'rinadiki  $d \cos \theta = h$ . Demak, sayohatchi tamoni-dan bajarilgan ish

$$W_H = F_H (d \cos \theta) = F_H h = mgh = (147\text{N})(10.0\text{m}) = 1470\text{J}.$$

Bajarilgan ish faqat qiyalikning balandligiga bogliq qiyalik burchagiga  $\theta$  bog'liq emas.

(b) Sumka ustida gravitatsiya tamonidan bajarilgan ish (5.1 Teng. va 5.4c rasmdan)



$$W_G = mgd \cos(180^\circ - \theta).$$

$\cos(180^\circ - \theta) = -\cos \theta$  bo'lgani uchun (Ilova A-7):

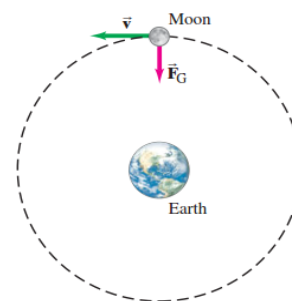
$$W_G = mg(-d \cos \theta) = -mgh = (15\text{kg})(9.8\text{m/s}^2)(10\text{m}) = -1470\text{J}.$$

Etibor bering Gravitatsiyaning bajarilgan ishi faqat qiyalikning balandligiga bogliq qiyalik burchagiga  $\theta$  bog'liq emas.

Umumiy bajarilgan ish. (c) Sumka ustida bajarilgan umumiy kuch  $W_{net} = 0$  chunki kuchlarning vektor yig'indisi nolga teng. Umumiy ishni har bir kuch tamonidan bajarilgan ishlar algebraik yig'indisiga teng:

$$W_{net} = W_G + W_H = -1470\text{J} + 1470\text{J} = 0.$$

Etibor bering Hamma kuchlar tarafidan bajarilgan ish nolga teng bo'lsa ham, sayohatchi tamonidan sumka ustida bajarilgan ish 1470 J.



RASM 5-5. 5-3 misol.

**KONSEPTUAL MISOL 5.3** Yer Oy ustida ish bajaradimi? Yerning gravitatsiya kuchi tufayli Oy Yer atrofiga aylana shaklidagi orbita bo'ylab harakatlanadi. Bunda gravitatsiya (a) musbat ish, (b) manfiy ish, yoki (c) ish bajarilmaymi?

**JAVOB** Yer tamonidan Oyga ta'sir qiladigan gravitatsiya kuchi Yer tarafga yo'nalgan bo'ladi (5.5 rasm). Bu kuch orbita radiusi bo'ylab ichkariga yo'nalgan markazga intilma tezlanish beradi.

Vaqtning ixtiyoriy momentida Oyni tezligi yo'nalishi bo'ylab yo'nalgan ko'chish aylanaga urinma yo'nalishida bo'ladi. Ko'chish orbita radiusi va gravitatsiya kuchiga perpendikulyar bo'ladi. Shunday qilib, Oyni oniy ko'chishi va gravitatsiya kuchi orasidagi burchak 90 gradusga teng, va bajarilgan ish nolga teng (chunki  $\cos \theta = 0$ ). Aynan shu sababli, Oy va shuningdek suniy yo'ldoshlar gravitatsiya kuchini yengish uchun yonilg'i sarflamaydi.

#### \*5.2 O'zgaruvchan kuch tamonidan bajarilgan ish

Agar jismga ta'sir qilayotgan kuch o'zgarib borsin, bajarilgan ishni 5.1 Teng. foydalanib ishni hisoblashimiz mumkin. Lekin ko'p hollarda, jarayon davomida kuchning moduli va yo'nalishi o'zgarib turadi. Misol uchun, roketa Yerdan uzoqlashib ketayotganda unga ta'sir qiluvchi gravitatsiya kuchi masofaning kvadratiga bog'liq ravishda kamayib boradi.

O'zgaruvchan kuch tamonidan bajarilgan ish grafik ravishda aniqlash mumkin. Bunda biz  $F_{\square} (= F \cos \theta)$ ,  $\vec{F}$  kuchning harakat yo'nalishiga parallel bolgan tashkil etuvchisidir) ni masofaning funksiyasi sifatida 5.6a rasmdagi kabi chizamiz. Masofai kichkina sigmentlarga  $\Delta d$  bo'lamiz. Har bitta segment uchun o'rtacha bo'lgan gorizantal  $F_{\square}$  kuchni uzlikli chiziq bilan ko'rsatamiz. U holda, har bir segment uchun bajarilgan ish  $\Delta W = F_{\square} \Delta d$ , bu eni  $F_{\square}$  va bo'yi  $\Delta d$  bo'lgan to'rtburchak yuzasiga teng. Jismning haraktlantirishdagi bajarilgan umumiy ish  $d = d_B - d_A$  oralig'dagi sigmentlar yuzasining yig'indisiga teng (5.6a rasimda bu beshta). Odatda, har bitta segment uchun  $F_{\square}$  ning o'rtacha qiymati baholanadi.

Agar biz ko'plab sigmentlarga bo'lsak topilgan ish aniqlikka ham mos ravishda oshadi.  $\Delta d$  no'lga yaqinlashgani sari, aniqlik oshib boraveradi va limitga kelganda 5.6b rasimdagi yuzaga teng bo'ladi. Yani, jismni ikkita nuqta orasida ko'chirishda o'zgaruvchan kuch tamonidan bajarilgan ish.  $F_{\square}$  vs  $d$  grafigi bilan chegaralangan yuzaga teng.

#### 5.3 Kinetik energiya va ish-energiya prinsipi

Ilm-fandagi eng muhim tushinchalardan bittasi bu energiya. Ammo qisqa jumla bilan energiyaga tarif bera olmaymiz. Shunga qaramasdan, energiya turiga qarab ytarlicha tariff berishimiz mumkin. Biz bu bobda ilgari kinetik energiya va potensial energiyaning bazi turlariga tariff beramiz. Keyingi boblarda esa, energiyaning boshqa turlari bo'lgan issiqlik va elektir energiyalarini tahlil qilamiz. Energiyaning muhim jihati shundan iboratki u fizik jarayonlarda saqlanadi yani energiya saqlanuvchi kattalik.

Bu bob uchun, energiyaning "ish bajarilgan olish qobiliyati" deb tariff berishimiz mumkin. Bunday oddiy tariff hamisha o'rinli emas, ammo bu bobdagi mexanik energiya uchun o'rinli deb olsak bo'ladi. Keling hozir kinetik energiyaning muhokama qilaylik.

Uchayotgan jism boshqa jismga urilishi natijasida ish bajarishi mumkin. Uchayotgan zambarak o'qi g'isht devorga tegib uni buzishda ish bajaradi. Mixni taxtaga qoqish uchun harakatdagi bolg'a ish bajaradi. Har uchala holda ham, harakatlanayotdan bir jism boshqa jismga kuch bilan tasir qilib ko'chishiga olib keladi. Harakatdagi jism ish bajarish qobiliyati bor va shuning uchun energiyasi bor. Harakat energiyasi kinetik energiya deyiladi. Kinetik so'zi Grekcha kinetikos so'zidan olingan bo'lib "harakat" degan manoni beradi.

Kinetik energiyani miqdor jihatdan tariflash uchun to'g'ri chiziq bo'ylab boshlang'ich  $v_1$  tezlik bilab ketayotgan katiq jismni misol qilib oliylik. Tekis tezlanuvchan haraktlanib uni  $v_2$  tezlika erishtirish uchun unga  $d$  masofa davomida ko'chish yonalishi bo'ylab yo'nalgan o'zgarmas  $F_{net}$  kuch tasir qilishi kerak (5.7 rasm).

Jism ustida bajarilgan ish  $W_{net} = F_{net}d$  ga teng. Nyutonning ikkinchi qonuni qo'lab,  $F_{net} = ma$ , va 2-11c Teng. foydalanib ( $v_2^2 = v_1^2 + 2ad$ ), buni quyidagicha ham yozish mumkin

$$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2d},$$

Buni  $F_{net} = ma$  tenglamaga kiritish orqali, bajarilgan ishni aniqlaymiz:

$$W_{net} = F_{net}d = mad = m\left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2d}\right)d = m\left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2}\right)$$

Yoki

$$W_{net} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \quad (5.2)$$

Biz  $\frac{1}{2}mv^2$  miqdordni jismning ilgarlanma kinetik energiyasi (KE) deb tariflaymiz.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2. \quad (5.3)$$

(Buni ilgarlanma kinetik energiya deyishimizga sabab uni 8 bobda muhokama qiladiganimiz aylanma kinetik energiyadan farqlash) O'zgarmas kuchli bir o'lchamli harakat uchun keltirib chiqarilgan 5.2 Teng. uch o'lchamli ilgarlanma harakat va hato o'zgaruvchan kuchli harakt uchun ham o'rinli.

5.2 Teng. quyidagicha ham yozish mumkin:

$$W_{net} = KE_2 - KE_1$$

yoki

$$W_{net} = \Delta KE = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2. \quad (5.4)$$

5.4 Teng. ish-energiya prinsipi deb yuritiladi. Va uni so'zlar yordamida quyidagicha aytish mumkin:

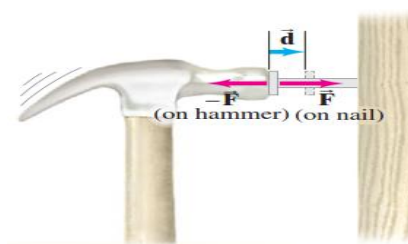
Ish energiya prinsipi

Jism ustida bajarilgan umumiy ish shu jism kinetik energiya o'zgarishiga teng

Etibor bering, Nyutonning ikkinchi  $F_{net} = ma$  qonunidan foydalandik,

bunda  $F_{net}$  jismga tasir qilayotgan kuchlarning vektor yig'indisi. Shuning uchun, ish-energiya prinsipi  $W$  umumiy energiya bo'lgandagina o'rinli, yani jismga tasir qilayotgan barcha kuchlar tamonidan bajarilgan ish.

Ish-energiya prinsipi Nyutonning 2-qonunining boshqacha ko'rinishi. Bunda, jism ustida bajarilgan musbat ish  $W$  shu jism kinetik energiyaning  $W$  ga miqdorga oshishiga olib keladi. Bajarilgan ish manfiy bo'lsa kinetik energiyasi kamayadi. Mixni bolg'a bilan qoqish jarayonini misol qilish mumkin (5.8 rasm). 5.8 rasmdagi misol nima uchun energiyani ish bajarish qobiliyati deb aytilishini ko'rsatadi.



RASM 5-8

Harakatlanayotgan bolg'a mixni uradi va tinch holatga keladi.

Bolg'a mixga  $F$  kuch ta'sir qiladi.

Mix bolg'aga  $-F$  kuch ta'sir qiladi. (Nyutonning 3-qonuni)

bolg'a va mix bajargan ish musbat

bo'ladi ( $W_n = Fd > 0$ ). Mix bilan bolg'a ustida qilingan ish manfiy

bo'ladi ( $W_h = Fd < 0$ )

Ilgarlanma kinetik energiya  $\left(\frac{1}{2}mv^2\right)$  jism massasiga va tezlik qvadratiga to'g'ri proporsional. Yani, agar massa 2 marta oshirilsa kinetik energiya ham 2 marta oshadi, agar tezlik 2 marta ortirilsa kinetik energiya 4 marta ortadi.

Ish va energiya o'rtasida to'g'ridan to'g'ri bo'g'liqligi uchun, energiya birligi HBS joules (J). Ishga o'xshab, energiya ham skalyar kattalikdir. Jismlar gruppasining kinetic energiyasi shu grupadagi har bitasining kinetik energiyalari yig'indisiga teng.

MISOL 5.4. BAHOLASH. Mashina kinetik energiyasining oshishi. 1000 kg li mashinani 20 m/s dan 30 m/s gacha tezligini oshirish uchun qancha umumiy ish kerak bo'ladi? (5.9 rasm).



RASM 6-9

YONDASHUV: Mashina bu murakkab sistema. Motor g'ildirak va shinalarni yerga qarshi harakatga keltiradi va Yer ham uni orqaga harakatlantiradi. (4-4 misolga qarang) Bizga bu murakkablik qiziq emas. Buning o'rniga, agar faqat mashinani modda yoki qattiq jism deb olsakgina, biz ish energiya prinsipidan foydalanib, foydali natijaga erisha olamiz.

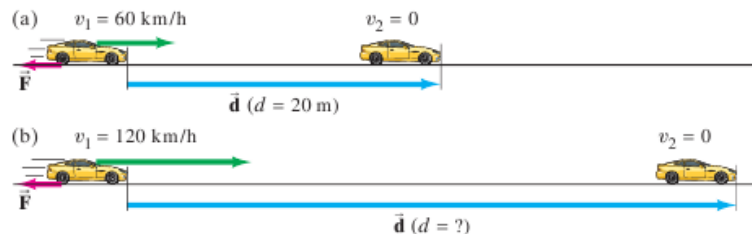
YECHIM Talab qilingan umumiy ish kinetik energiyaning oshganiga teng bo'ladi:

$$W = KE_2 - KE_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}(1000\text{kg})(30\text{m/s})^2 - \frac{1}{2}(1000\text{kg})(20\text{m/s})^2 = 2.5 \times 10^5 \text{ J}.$$

MASHQ B: keling taxmin qilamiz, 5.4 misoldagi mashinani tinch holatdan 20 m/s ga tezlanishi uchun kerak bo'ladigan ish ko'proq bo'ladimi, yoki ozroq, yoki bo'lmasa uning 20 m/s dan 30 m/s gacha tezlanishi uchun hisoblangan ish qiymatiga teng bo'ladimi?

KONSEPTUAL MISOL 5.5 Mashina to'xtashi. 60 km/s tezlikda ketayotgan mashina  $d=20$  m masofada



RASM 5-10

to'xtadi (5.10a rasm). Agar mashina 2 barobar tezlik 120 km/s bilan yursa, to'xtash masofasi qancha bo'ladi (5.10 b rasm). Faraz qilaylik maksimum to'xtash kuchi tezlikka bog'liqqa emas.

Javob: Yana mashinani zarracha deb olamiz. Chunki umumiy to'xtash kuchi  $F$  o'zgarmas deb olsak, mashinani to'xtashi uchun kerak bo'ladigan ish  $Fd$  bosib o'tiladigan masofaga proporsional bo'ladi. Biz bu yerda ish-energiya prinsipini ishlatamiz. Bunda e'tibor beramiz,  $\vec{F}$  va  $\vec{d}$  lar qarama-qarshi yo'nalishda va oxirgi tezlik 0 ga teng:

$$W_{net} = Fd \cos 180^\circ = -Fd.$$

U holda,

$$-Fd = \Delta KE = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = 0 - \frac{1}{2}mv_1^2.$$

Shunday qilib, kuch va massa o'zgarmas bo'lsa, to'xtash masofasi  $d$  tezlikning kvadrati bilan oshadi.

$$d \propto v^2$$

Agar mashinaning boshlang'ich tezligi 2 barobar oshirilsa, to'xtash masofa  $2^2 = 4$  marta katta bo'ladi yoki 80 m.

MASHQ C: Kinetik energiya manfiy bo'lishi mumkinmi?

MASHQ D: a) Agar kapto'kning kinetik energiyasi 2 marta oshirilsa, qaysi omil tufayli uning tezligi oshadi? b) Agar uning tezligi 2 marta oshirilsa, qaysi omil tufayli kinetic energiyasi oshadi?

#### 5.4 Potensial energiya

Biz kinetik energiya deb atagan harakat kuchi orqali jismda qanday qilib energiya hosil bo'lishini endigina muhokama qildik. Undan tashqari jismning holati va shakliga bog'liq bo'lgan kuch bilan bog'langan energiya ya'ni potensial energiya (PE) ham bo'lishi mumkin.

Pildiroqning prujinasi potensial energiyaga ega jismga misol bo'la oladi. Prujina potensial energiyani talab qiladi. Ish odam tomonidan o'yinchoqni aylantirib bajariladi. Prujina kengayganda u kuch ta'sir qiladi va ish o'yinchoqni harakatlanishga olib keladi.

#### Gravitatsion Potensial Energiya

Potensial energiyaga eng oddiy misol sifatida yer tortishish kuchi natijasida vujudga keluvch gravitatsion potensial energiyasini keltirishimiz mumkin. Yerdan balandda turgan og'ir g'isht potensial energiyaga ega. Chunki uning holati Yerga nisbiy ko'tarilgan va g'isht ish bajarish hususiyatiga ega. Agar u tushub ketsa, yer tortishish kuchi tufayli yerga tushadi va ish bajaradi.

Yer yuzasiga yaqin joylashgan jism gravitatsion potensial energiya uchun ifoda keltirib chiqarishga harakat qilaylik. Massasi  $m$  bo'lgan jismni tepaga ko'tarish uchun uning og'irligi  $mg$  ga teng bo'lgan kuch tasir qilishi kerak, aytaylik odam qo'li bilan. Jismni ko'tarish uchun odam unga "tashqi kuch"  $F_{ext} = mg$  ga teng bo'lgan kuch tasir qilishi kerak. Agar 5.11 rasmdagi kabi jismni  $y_1$  holatdan  $y_2$  ga  $h$  balandlikka ko'tarishda odam  $W = F_{ext}h$  ga teng bo'lgan ish bajaradi. Yani,

$$W_{ext} = F_{ext}d \cos 0^\circ = mgh = mg(y_2 - y_1). \quad (5.5a)$$

Bu jiim ustida gravitatsiya ham ish bajaradi:

$$W_G = F_G d \cos \theta = mgh \cos 180^\circ,$$

Bu erda  $\theta = 180^\circ$  chunki gravitatsiya va ko'chish bir-birsiga teskari yo'nalgan. Demak

$$W_G = -mgh = -mg(y_2 - y_1). \quad (5.5b)$$

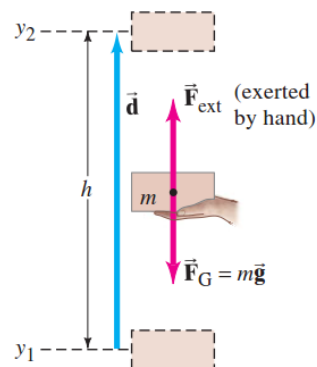
Endi, agar jism  $y_2$  nuqtadan erkin tashalsa, u gravitatsiya natijasida  $h$  balandlikdan tushguncha  $v^2 = 2gh$  tenglik bilan berilgan tezlik oladi. Bunda u  $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$  ga teng bo'lgan kinetik energiya ega bo'ladi.

Shunday qilib  $m$  massali jismni  $h$  balandlikka ko'tarish uchun  $mgh$  (5.5a Teng.) ga teng bo'lgan ish bajarish kerak. Va  $h$  balandlikda joylashgan jism  $mgh$  ga teng bo'lgan ish bajara olish qobiliyatiga ega. Jismni ko'tarishda bajarilgan ish gravitatsion potensial energiya ko'rinishida saqlandadi deyishimiz mumkin. Yer gravitatsiyasi natijasida jismning potensial energiyasini jism og'irligi bilan biror bir sanoq sistemasiga nisbatan (Yer yuzasi)  $y$  balandligi ko'payitmasi deb tariflashimiz mumkin:

$$PE_G = mgy \quad (5.6)$$

Jism Yer yuzasidan qancha baland bo'lsa uning potensial energiyasi shuncha katta bo'ladi. 5.5a tenglamani 5.6 bilan qo'shamiz:

$$W_{ext} = mg(y_2 - y_1) \\ W_{ext} = PE_2 - PE_1 = \Delta PE_G \quad (5.7a)$$



RASM 5-11. G'ishtni  $y_1$  holatdan  $y_2$  holatga ko'tarayotgan odam unga  $F_{ext} = mg$  ga teng bo'lgan kuch tasir ko'rsatishi kerak.

Yani, jismni  $y_1$  dan  $y_2$  nuqtadagi balandlikka tezlanishsiz ko'tarishdagi potensial energiya o'zgarishi ko'taruvchi kuchning bajargan ishiga teng.

Boshqacha aytganda, potensial energiya o'zgarishini,  $\Delta PE_G$ , gravitatsiya dan kelib chiqib tariff beradigan bo'lsak:

$$W_{ext} = -mg(y_2 - y_1)$$

$$W_{ext} = -(PE_2 - PE_1) = -\Delta PE_G$$

yoki

$$\Delta PE_G = -W_{ext}$$

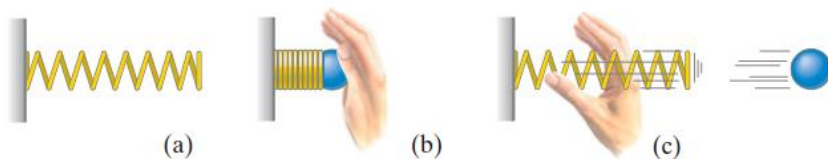
Yani jism 1 nuqtadan 2 nuqtaga o'tgandagi potensial energiya o'zgarishi gravitatsiya tamonidan bajarilgan manfiy ishga teng.

Potensial energiya vertical balandlikka bog'liq bo'ladi. Bazi holatlarda balandlikni  $y$  qaysi nuqtadan o'lchashni bilmasligingiz mumkin. Biroq fizikada potensial energiya farqini toppish muhim ahamyatga ega. Shuning uchun balandlikni o'lchashda o'zimizga qulay bo'lgan sanoq Sistema tanlab olishimiz mumkin. Gravitatsiya kuchi bilan bog'liq bo'lgan muhim natija bu uning vertikal yo'nalishga bo'g'liqligi yani ko'chish trayektoriyasiga bog'liq emasligi.

Potensial energiya individual jismga emas va sistemaga tegishli. Potensial energiya kuch bilan bog'liq va kuch hamish boshqa jismlar tamonidan bo'ladi.

Potensial energiyaning umumlashgan tarifi

Gravitatsiyadan tashqari potensial energiyaning boshqa turlari ham mavjud. Ular biror kuch bilan bog'liq, va shu bilan bog'lagan holda gravitatsion potensial energiyaga o'xshab tarflanadi. Umuman, jismni ko'chirishda biror kuch bilan bog'langan potensial energiyaning o'zgarishi o'sha kuch tamonidan jism ustida bajarilgan manfiy ishga teng (5.7b Tenglamadagi kabi).



RASM 5-13. Purijina (a) qisilganda (b) energiya yig'adi va qo'yib yuborilsa (c) ish bajaradi.

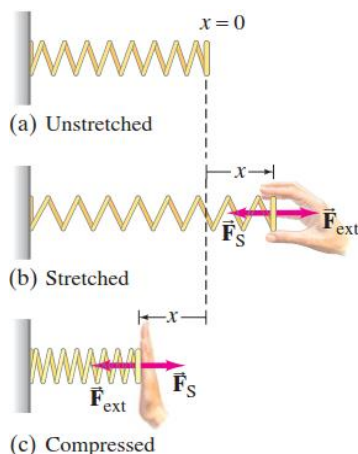
Elastik prujinaning potensial energiyasi

Endi, amaliy qo'llanishi ko'p uchraydigan elastic materiallarning potensial energiyasini o'rganamiz. 5.13 rasimda tasvirlangan purijinani qaraylik.

Purijina qisilganda energiya yig'adi va qo'yib yuborilsa ish bajaradi rasimda ko'rsatilgani kabi. Purijina tabiiy holatiga nisbatan  $x$  masofaga siqib yoki cho'zib ushlab turish uchun unga kandyaydir kuch bilan tasir qilish zarur va bu kuch  $x$  ga to'g'ri proporsional yani

$$F_{ext} = kx$$

bu yerda  $k$  doiyimiy kattalik va purijina bikrligi deb yuritiladi. Siqilgon yoki cho'zilgan purijina ko'lga teskari yo'nalgan kuch bilan tasir qiladi, 5.14 rasimda ko'rsatilgani kabi:



RASM 5-14. (a) Purijina o'zining tabiiy holatida

(unstretched) (b) odam tamonidan  $\vec{F}_{ext}$  kuch bilan prujina  $x$  ga cho'zilmoqda, bunda u odam qo'lini

$\vec{F}_s = -kx$  bo'lgan kuch bilan tordai (c) odam

tamonidan  $\vec{F}_{ext}$  kuch bilan prujina  $x$  ga siqilmoqda,

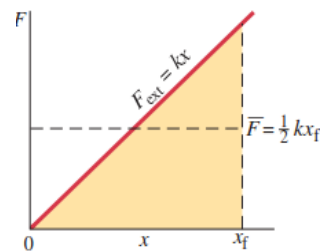
bunda u odam qo'lini  $\vec{F}_s = -kx$  bo'lgan kuch bilan itaradi (compressed)

$$\vec{F}_s = -kx \quad (5.8)$$



Bu kuch bazan “qaytaruvchi kuch” deb ham yuritiladi, chunki u hamisha ko‘chish yo‘nalishiga teskari yo‘nalgan bo‘ladi. 5.8 tenglama Guk qonuni deb nomlanadi va purijina tabiiy uzunligi bilan solishtirganda  $x$  juda katta bo‘lmagan hollar uchun o‘rinli.

Cho‘zilgan purijining potensial energiyasini hisoblash uchun uni cho‘zishga sarflangan ishni hisoblashimiz kerak. Bu erda  $\vec{F}^{ext}$  chiziqli o‘zgaruvchan kuch ekanini aytib o‘tishimiz kerak u no‘ldan  $kx$  gacha o‘zgarad (5.15 rasm). Shuning



RASM 5-15.  $F$  va  $x$  ning chiziqli bog‘liqligi

$$\bar{F} = \frac{1}{2}[0 + kx] = \frac{1}{2}kx$$

uchun o‘rtacha kuchni olishimiz maqsadga muvofiq, bundan bajarilgan ish

$$W_{ext} = \bar{F}x = \left(\frac{1}{2}kx\right)(x) = \frac{1}{2}kx^2$$

Shunday qilib purijining elastic potensial energiyasi,  $PE_{el}$  cho‘zilish  $x$  ning kvadratiga to‘g‘ri proporsional.

$$PE_{el} = \frac{1}{2}kx^2 \quad (5.9)$$

Bu erda  $x$  siqilish yoki cho‘zilish bo‘lishi mumkin va u purijining tabiiy uyunligiga nisbatan olinadi.

Yig‘ilgan Energia Potensial Energiya ko‘rinishida

Yuqoridagi misollar shuni ko‘rsatdiki energiya potensial energiya turida yig‘ilishi mumkin (puriyina uchun 5.13 rasm misolida va g‘isht uchun 5.11).

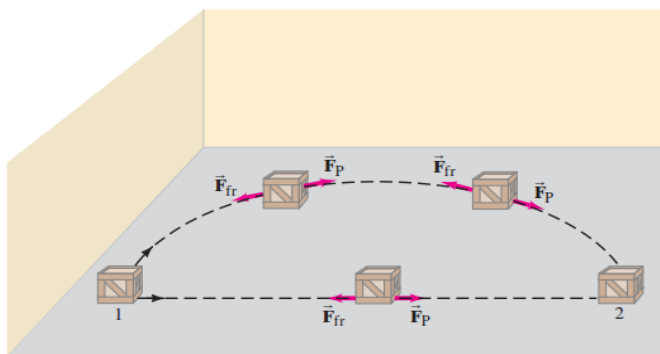
Ilgarlanma kinetic energiya uchun universal tenglik mavjud ammo potensial energiya uchun esa yo‘q. Chunki potensial energiya uni vjudga keltiruvchi kuch bilan bog‘liq va bir necha turga ega.

### 5.5 Konservativ va nokonservativ kuchlar

Jismni bir nuqtadan boshqa nuqtaga ko‘chirishda gravitatsiyaga qarshi bajarilgan ish ko‘chish trayektoriyasiga bog‘liq emas. Bunga o‘xshagan kuchlar yani bajarilgan ish trayektoriyaga bog‘liq bo‘lmas bunday kuchlar konservativ kuchlar deyiladi. Ammo ko‘p kuchlar jumladan ishqalanish, odam tamonidan bo‘ladigan tortish va itarish kuchlar trayektoriyaga bog‘liq va ular nokonservativ kuchlar deyiladi. Misol uchun, agar siz qutini 1 nuqtadan 2-nuqtaga tortib (yoki itarib) olib borsangiz, bajarilgan ish siz tanlagan trayektoriyaga bog‘liq bo‘ladi. Agar siz 5.16 rasimda ko‘rsatilgani kabi yarim aylana bo‘ylab yursangiz (qutini tortib) to‘g‘ri chiziq bo‘ylab yurgan bilan solishtirganda ko‘proq ish bajarasiz.

5.1 Jadvalda bir nechta kuchlarni konservativ va nokonservativ kuchlarga bo‘lib chiqamiz.

Potensial energiya konservativ kuch bilan bog‘liq bo‘lsagina unga aniq tariff berish mumkin. Ammo hamma



RASM 5-16. Qutini ko‘chirishdagi ishning trayektoriyaga bog‘liqligi. Bosib o‘tilgan masofa qancha ko‘p bo‘lsa bajarilgan ish ham shuncha katta bo‘ladi

kuchlar ham potensial energiyaga ega emas. Misol qilib ishqalanish kuchini olishimiz mumkin.

MASHQ E: Biror jismni bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga o‘zgarmas kuch bilan ko‘chirildi va yena qaytib o‘z joyiga qaytarib kelindi. Butun yo‘l davomida kuch tamonidan bajarilgan ish 60 J ga teng bo‘ldi. Shu berilgan malumotdan kuchning konservativ yoki konservativ emasligini aniqlash mumkinmi?

### 5.6 Mexanik energiya va uning saqlanishi

Agar ishqalanish va boshqa nokonservativ kuchlarni hisobga olmasak yani faqatgina sistemada konservativ kuchlar mavjud bo'lsa, energiya uchun juda odiy bog'liqlik kelamiz.

Nokonservativ kuchlar ish bajarmasa unda ish-energiya prinsipida (5.10 Teng.)  $W_{NC} = 0$  bo'ladi, u holda  $\Delta KE + \Delta PE = 0$  [faqat konservativ kuchlar] (5.11a)  
yoki

$$(KE_2 - KE_1) + (PE_2 - PE_1) = 0 \quad (5.11b)$$

Berilgan vaqt momentida sistemaning to'la mexanik energiyasi uning potensial va kinetik energiyalar yig'indisiga teng ekan:

$$E = KE + PE.$$

5.11b tenglamani boshqacha yozib olishimiz mumkin

$$KE_2 + PE_2 = KE_1 + PE_1 \quad (5.12a)$$

**Energiyaning saqlanish** yoki

$$E_2 = E_1 = \text{constant} \quad (5.12b)$$

5.12 tenglamalar to'liq energiya uchun juda foydali va muhim prinsp bo'lib uning o'zgarmas kattalik ekanligini bildiradi. Nokonservativ kuchlar ish bajarmasa mexanik energiya doimiy bo'ladi.

Boshqacha aytganda, agar sistemaning kinetik energiyasi ortsa uning potensial energiyasi kamayadi. Bunda ortish va kamayish miqdorlari teng bo'ladi.

Energiyaning saqlanish qonuni Agar faqatgina konservativ kuchlar ish bajarsa, sistemaning to'liq mexanik energiyasi ixtiyori jarayonda ortmaydi ham kamaymayi ham. U doimiy bolib qoladi yani saqlanadi.

Bu konservativ kuchlar uchun energiyaning saqlanish qonuni deyiladi.

Keyingi mavzularda bu qonundan foydalanib ko'p hollarda masalalarni osonlik bilan echish mumkinligini ko'ramiz. Keyingilarida esa, energiyaning saqlanish qonuniga energiyaning boshqa turlarni ham kiritib umumlashtiramiz.

### 5.7 Mexanik energiya saqlanishiga doir masalalar yechish

Energiyaning saqlanish qonuniga odiy misol sifatida h balandlikdan qo'yib yuborilgan toshni olishimiz mumkin 5.17 rasmda ko'rsatilgani kabi. Agar tosh tinch holatdan harakat boshlasa uning to'la energiyasi uning potensial energiyasiga teng. Tushish davomida mgy energiyasi kamayib (chunki vaqt o'tishi bilan balanligi y kamayadi) ammo uning kinetik energiyasi oshib boradi (potensial energiyadagi yo'qotish kinetik energiya bilan qoplanadi yoki kompensatsiyalanadi). Trayektoriyaning istalgan nuqtasida to'la energiya:

$$E = KE + PE = \frac{1}{2}mv^2 + mgy$$

bunda  $v$  berilgan nuqtadagi tosh tezligi. Buni so'zlar bilan yozsak:

1-nuqtadagi to'la mexanik energiya = 2-nuqtadagi to'la mexanik energiya  
yoki (5.12a tenglamani ham ko'ring)

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgy_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgy_2. \quad (5.13)$$

Tosh Yerga urilish payitida  $y=0$ , potensial energiyaning hammasi to'liq kinetik energiyaga aylanadi.

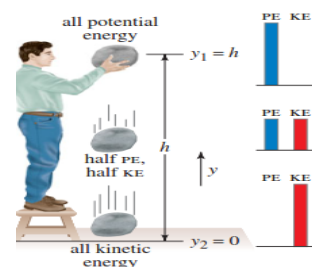
5.7 MISOL. Tosh tushishi. 5.17 rasmdagi toshning boshlang'ich balandligi  $y_1 = h = 3.0m$ , toshning Yerdan 1 m balandligdagi tezligini hisoblang?

YONDASHUV Toshga faqat gravitatsiya tasir qilyapdi deb, energiyaning saqlash qonunini (5.13 Teng.) qo'llaymiz. Yerni  $y=0$  deb olamiz.

YECHIM Toshni qo'yib yuborish momentida uning balandligi  $y_2 = 3.0m$  va tinch holatda  $v_1 = 0$ . Toshning  $y_1 = 1.0m$  balandlikdagi tezligi  $v_2$  ni topishimiz kerak. 5.13 Tenglamadan:

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgy_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgy_2.$$

m lar qisqarib ketadi va  $v_1 = 0$ , demak



RASM 5-17. Erkin tushayotgan toshning potensial energiyasi kinetik energiyaga aylanmoqda.

$$gy_1 = \frac{1}{2}v_2^2 + gy_2.$$

$v_2$  uchun yechib, quyidagini topamiz

$$v_2 = \sqrt{2g(y_1 - y_2)} = \sqrt{2(9.8m/s^2)[(3.0m) - (1.0m)]} = 6.3m/s.$$

5.8 Energiyaning boshqa turlari va energiyaning bir turdan boshqasiga o'tishi; energiya saqlanish qonuni

Mexanik sistemalar kinetik va potensial energiyadan tashqari energiyaning boshqa turlariga ham ega bo'lishi mumkin. Bular elektrik energiya, yadro energiyasi, issiqlik energiyasi va kimyoviy energiya. Energiyaning bu turlari atom va molequla darajasida kinetik va potensial energiyalar deb yuritilishi mumkin. Misol uchun, atom nazaryasiga ko'ra jism qizdirilganda uning molekulalari harakati tezlashadi bu holda molekulalar kinetik energiyasini termik energiya deyish mumkin. Ovqat va yonilg'idagi energiyani potensial energiya deb qarash mumkin. Buni ularni tashkil qiluvchi molekulalar joylashishi va atomlarning molequla ichidagi nisbiy joylashishlari orqali tushinishimiz mumkin.

Energiya bir turdan boshqasiga o'tishi mumkin. Misol uchun malum balandlikdan tashlangan toshning potensial energiyasi kinetik energiyaga aylanib boradi.

Ko'p hollarda jismning energiyasi boshqa jismga uzatilishi mumkin. 5.13a rasimdagi purijinning potensial energiyasi kaptokning kinetik (5.13c rasm) energiyasiga aylanadi. Balandlikdan pastga qarab oqayotgan suvni misol qilish mumkin (5.24 rasm). Tortilgan yoyning potensial energiyasi undan otilayotgan o'qning kinetik energiyasiga aylanadi (5.25 rasm).

Yuqoridagi misollardan ko'rinadiki, energiyaning bir turdan boshqasiga o'tishi ish bajarish orqali amalga oshmoqda. 5.13 rasimdagi purijina kapto'k ustida ish bajaradi. Yoy o'q ustida ish bajaradi (5.25 rasm). Bu kuzatuvlar bizga ish va energiya o'rtasidagi bog'liqlikni tushinishga yordam beradi: energiya bir jismdan boshqasiga o'tganda ish bajariladi.

Fizikaning eng muhim natijalaridan bittasi energiya uzatilganida yoki boshqa turga o'tish jarayonida energiya yo'qatilmaydi va ortirilmaydi ham.

Bu energiyaning saqlanish qonunini, fizikaning eng muhim tamoyillaridan bo'lib u quyidagi aytiladi:

**Energiyaning saqlanish qonuni** Ixtiyoriy jarayonda energiya ortmaydiham kamaymaydi ham. Energiya bir turdan boshqasiga o'tishi mumkin, va bir jismdan boshqasiga uzatilishi mumkin, ammo to'la energiya o'zgarimasdan qoladi

Konservativ kuchlarni o'z ichiga oluvchi mexanik sistemalar uchun energiyaning saqlanish qonunini va uning Nyuton qoninlaridan keltirib chiqarilishini ko'rgan edik. Nyuton qonunlari atom darajasidagi fizik hodisalar uchun bajarilmasligi topilgan ammo energiyaning saqlanish qonuni shu payitgacha kuzatilgan fizik jarayonlarda o'rinli bo'lib kelmoqda.

5.9 Yo'qoluvchi kuchli energiya saqlanish qonuni; masalalar yechish

Biz 5.7 bo'limda energiya saqlanishini nokonservativ kuchlarni inobatga olmasdan ko'rgan edik, ammo ko'p hollarda ularni hisobga olishga to'g'ri keladi. Bunday holatlarda to'la mexanik energiya saqlanmasdan kamayib boradi. Chunki nokonservativ kuchlar uning kamayishiga olib keladi (to'la energiya saqlanadi). Bunday kuchlar yo'qoluvchi kuchlar (dissipativ deb ham yuritishimiz mumkin) deb ataladi. Yo'qoluvchi kuchlarning mavjudligi 19 asrgacha energiya saqlanish qonunini aniq ifodalashga to'siq bo'lib kelgan. Ishqalanish jarayonida issiqlik ajalishini (qo'llaringizni ishqalab ko'ring) energiya nuqtayi nazaridan tushinirilgandan keyin tushinishgan.

Keling ish-energiya tamoyilini eslaylik, 5.10 tenglama:

$$W_{NC} = \Delta KE + \Delta PE,$$

bu yerda  $W_{NC}$  nokonservativ kuchlar tamonidan bajarilgan ish. Jism bir nuqtadan boshqasiga ko'chganda

$$W_{NC} = KE_2 - KE_1 + PE_2 - PE_1.$$

Bu tenglikni boshqacha yozib olamiz



RASM 5-24. Suvning tepadan tushishida uning potensial energiyasi kinetik energiyaga aylanmoqda.



RASM 5-25. Cho'zilgan yoyning potensial energiya-si o'qning kinetik energiya-siga aylanmoqda.

$$W_{NC} + KE_1 + PE_1 = KE_2 + PE_2. \quad (5.15)$$

Ishqalanish bor holatda,  $W_{NC} = -F_{fr}d$  bunda  $d$  bosib o'tilgan yo'l.  $KE = \frac{1}{2}mv^2$  va  $PE = mgy$ , 5.15 tenglamadagi  $W_{NC} = -F_{fr}d$  hisobga olsak

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgy_1 - F_{fr}d = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgy_2. \quad (5.16a)$$

Yani, boshlang'ich kinetik energiya  $W_{NC} = -F_{fr}d$  miqdorfa kamaydi. Buni boshqa ko'rinishda ham yozishimiz mumkin

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgy_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgy_2 + F_{fr}d. \quad (5.16b)$$

5.16 tenglamalar 5.13 tenglamaning nokonsevativ kuchlarni hisobga olib to'g'irlangan ko'rinishidir. Shunda qilib, energiya saqlanish qonuni hamisha o'rinalidir.

MASHQ E: Bobning ochiq savoliga qaytib unga javob bering. Agar javobingiz o'zgarsa nimagaligini tushintiring.

Ish-energiya energiya saqlanishiga qarshi

Energiyaning saqlanish qonunini ish-energiya tamoyiliga qaraganda umumiyroq va kuchliroqdir. Mexanik masalalarni yechish uchun juda foydali. Agar siz o'rganilayotgan obektni zarracha yoki qatq jism deb olib tashqi kuchlar ish bajarsa ish-energiya prinsipini qo'llashingiz mumkin: tashqi kuchlar bajargan ish kinetik energiya o'zgarishiga teng bo'ladi. Agar siz o'rganmoqchi bo'layotgan sistemaga tashqi kuchlar tasiri bo'lmasa unda energiyaning saqlanish qonunini qo'llash talab etiladi. Misol uchun 5.26 rasmda ko'rsatilgan ishqalanishsiz stolda joylashgan purijina va unga mahkamlangan bolkdan tashkil topgan sistemani olaylik. Agar siz purijina va bolkn sistemaga deb olsangiz, energiya saqlanadi.

Bazan masala echayotganda o'ylanib qolamiz, ish va energiyadan yoki Nyuton qonunlaridan foydalangan yaxshi mi deb. Agar katnashayotgan kuchlar o'zgarmas bo'lsa, ikkala uslub ham ishlashi mumkin. Aagr kuchlar o'zgaruvchan va trayektoriya murakkab ko'rinishga ega bo'lsa unda energiyadan foydalangan yaxshiroq chunki u skalyar kattalik.

5.14 masalalarda ta'kidlanganidek, avtomobil dvigateli energiyasining bir qismigina g'ildiraklarga yetib boradi. Undan tashqari, dvigateldan g'ildiraklarga yetib borish jarayonida dvigatelning o'zida sarflanadi (benzin yoki boshqa yonilg'i mahsuloti yonishi natijasida) kirish energiyasining katta qismi foydali ish bajarmaydi. Barcha dvigatellarning asosiy xususiyati, ular foydali ishga sarflagan quvvatining Pout ishlab chiqargan umumiy quvvatiga Pin (masalan, benzin yonishi tufayli) nisbati bilan aniqlanuvchi FIK e (foydali ish koeffitsienti) hisoblanadi.

$$e = P_{out}/P_{in}.$$

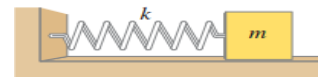
Hech qanday dvigatel energiya islab chiqarish jarayonida ishqalanishga, issiqlikka va energiyaning boshqa foydasiz shakllari aralashuviz ishlay olmaydi, hattoki, energiyani bir turdan boshqa turiga ham o'tkaza olmaydi, shuning uchun ularning effektivligi doimo 1.0 dan kichik bo'ladi. Masalan, avtomobil dvigateli benzin yonishi natijasida hosil bo'lgan kimyoviy energiyani porshenni va oxir oqibat g'ildiraklarni aylantirib beruvchi mexanik energiyaga aylantirib beradi. Lekin dvigatelning deyarli 85 % I sovutish tizimiga yoki chiqarish klapani keluvchi issiqlik energiyasi ko'rinishida hamda harakatlanuvchi qismlarning ishqalanishi sifatida sarflanadi. Shunday qilib, avtomobil dvigatellarining effektivligi taxminan 15 % ni tashkil etadi. Biz effektivlik mavzusiga 15 bobda yanada batafsilroq to'xtalamiz.

#### Xulosa

Jism  $F$  kuch ta'sirida  $d$  masofaga ko'chsa, kuch shu jism ustida ish bajargan deyiladi. Agar ta'sir etayotgan kuch hamda ko'chish orasida qandaydir burchak bo'lsa, unda bu kuch bajargan ishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$W = F d \cos\theta \quad (5.1)$$

Energiyaga jismning ish qila olish qobiliyati deb ta'rif berish mumkin. XBS (xalqaro birliklar sistemasi) da ish va energiya joul ( $1 \text{ J} = 1 \text{ N m}$ ) birligida o'lchanadi.



RASM 5-26.

Ishqalanishsiz stolda joylashgan purijina va unga mahkamlangan bolkn tasvirlangan. Agar siz purijina va bolkn Sistemaga deb olsangiz, energiya  $E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$  saqlanadi.

Kinetik energiya (KE) harakat energiyasi hisoblanadi. Massasi  $m$  ga va tezligi  $v$  ga teng bo'lgan jismning kinetik energiyasi

$$KE = \frac{1}{2}mv^2. \quad (5.3)$$

Bir jism ustida bajarilgan to'liq ish uning kinetik energiyalari ayirmasi bilan o'lchanadi.

$$W_{\text{net}} = \Delta KE = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2. \quad (5.4)$$

Potensial energiya (PE) jismning joylashuvi va konfiguratsiyalariga bog'liq bo'lgan kuchlar bilan bog'langan energiyaga aytiladi.

$$PE_G = mgy, \quad (5.6)$$

bu yerda  $y$  massasi  $m$  ga teng bo'lgan jismning balandligi. Cho'zilgan yoki siqilgan prujinaning elastik potensial energiya esa quyidagiga teng

$$PE_{\text{el}} = \frac{1}{2}kx^2 \quad (5.9)$$

bu yerda  $x$  prujinaning cho'zilmagan holatdan siljiganligi,  $k$  esa uning bikrlilik doimiysi. Boshqa potensial energiyalar kimyoviy, elektrik va yadro energiyalarni o'z ichiga oladi. Jismning joylashuvi o'zgarishi uning potensial energiyasini o'zgarishiga olib keladi, bu esa tashqi kuchlar ta'sirida jismning bir joydan boshqa joyga ko'chishida bajarilgan ishga teng bo'ladi.

Potensial energiya jismni bir nuqtadan ikkinchisiga ko'chirishda bajarilgan ishda ularning harakatlanish yo'liga emas faqat shu nuqtalarning joylashuvi bilan aniqlanuvchi konservativ kuchlarga bog'liq. Nokonservativ kuchlar, masalan, ishqalanish kuchlari tomonidan bajarilgan ish harakat yo'liga bog'liq bo'lib, berilgan potensial energiyani ular uchun aniqlashning imkoni yo'q.

Energiya saqlanish qonuniga asosan, energiya bir turdan boshqasiga o'tishi mumkin, lekin umumiy energiya doimiylicha qoladi. Bu hattoki, ishqalanish kuchlari ishtirok etgan holatlarda ham kuzatiladi, bunda ajralgan issiqlik energiyasini hisoblash mumkin, uni energiya uzatishning bir shakli deb hisoblasa bo'ladi. Faqat konservativ kuchlar ishtirok etgan holda, to'liq mexanik energiya saqlanib qoladi:

$$KE + PE = \text{constant}. \quad (5.12)$$

Ishqalanish kuchlari kabi nokonservativ kuchlar ishtirok etganda,

$$W_{\text{NC}} = \Delta KE + \Delta PE, \quad (5.10, 5.15)$$

bu yerda  $W_{\text{NC}}$  nokonservativ kuchlar tomonidan bajarilgan ish.

Quvvat ish bajarilish yoki energiya almashinish tempi hisoblanadi. XBS quvvat birligi vattdir ( $1 \text{ W} = 1 \text{ J s}^{-1}$ ).

### SAVOLLAR. (NAZORAT SAVOLLARI)

1. Qaysi hollarda "ish" so'zi odatiy so'zlashuvda fizikada ta'rifi berilgan ish kabi ishlatiladi? Qaysi hollarda boshqacha? Ikkisiga ham misol keltiring.
2. Markazga intilma kuch jism ustida ish bajarishi mumkinmi? Tushuntirib bering.
4. Nega qattiq devorga bosib turgan holatingizda (suyanish yoki qo'li bilan,  $\theta=0$ ) ish qilmasangiz ham charchaysiz?
4. Normal kuch jismga ta'sir etganda ish bajarilishi mumkinmi? Tushuntirib bering.
5. Sizda ikkita bir xil prujina bor, faqat 1 – prujina ikkinchisiga nisbatan qattiqroq. Ularning qaysi birida ko'proq ish bajariladi: (a) ularning ikkalovi ham bir xil kuch bilan tortilgan; (b) ularning ikkalovi ham bir xil masofaga tortilgan holatda bo'lsa?
6. Agar zarrachaning tezligi 3 barobar oshsa, uning kinetik energiyasi qanday o'zgaradi?
7. Har kunlik turmushdan nokonservativ kuchlarga misol keltiring va ularni nima sababdan nokonservativligini tushuntirib bering.
8. Ideal yuzada (ishqalanish yo'q) harakatlanayotgan jismga gorizontal yo'nalishda doimiy kuch ta'sir etilmoqda (5.30 rasm). Jism harakatini A nuqtadan boshladi va B nuqtaga borguniga qadar  $d$  masofani  $vB$  tezlikda bosib o'tdi. U C nuqtaga harakatlanishi davomida uning tezligi avvalgisiga nisbatan oshdimi, kamaydimi yoki  $2vB$  ga tenglashdimi? Fikrlaringizni izohlab bering.
9. Siz stoldagi kitobni baland polkaga olib qo'ymoqdasiz. Bu jarayon davomidagi kitobga ta'sir etuvchi kuchlarni sanang va ularning har birini konservativ yoki nokonservativligini ayting.
10.  $m$  massali bola  $h$  balandlikdagi tepalikdan chang'ida tushmoqda. Balandlikning pastki qismidagi bolaning tezligi uning qiyalik burchagiga bog'liq bo'ladimi? Agar (a) bu qiyalik muzli va ishqalanish kuchlari yo'q va (b) ishqalanish mavjud (qalin qor). Javoblaringizni tushuntirib bering.



## 6-MA'RUZA: QATTIQ JISM AYLANMA HARAKAT DINAMIKASI.

### REJA:

1. Kuch momenti
2. Инерция momenti.
3. Штейнер теоремаси.
4. Импульс momenti ва унинг сақланиш қонуни.
5. Жисмларнинг мувозанатлик ҳолатлари, қайишқоқлиги ва емирилиши.

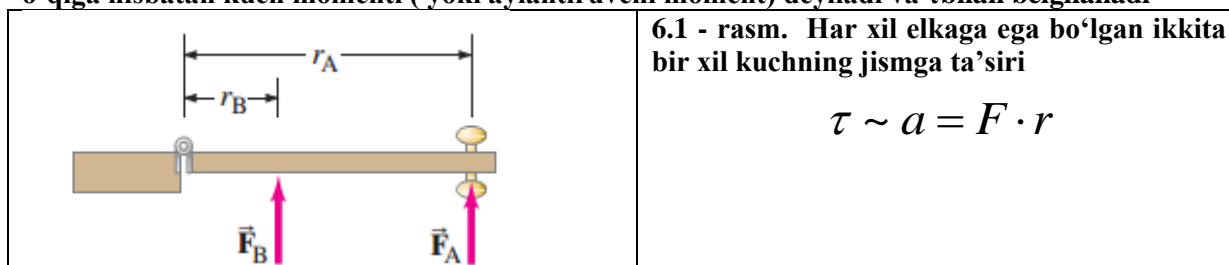
### TAYANCH SO'ZLAR:

Kuch momenti, Jismning inertsiya momenti, Shteyner teoremasi, impuls momenti va uning saqlanish qonuni, aylanma harakat qilayotgan jismning energiyasi.

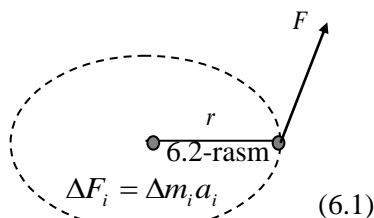
#### Kuch momenti

Ikkita kuchning momenti miqdor jihatdan kuchlardan birining shu kuch qo'yilgan nuqtagacha bo'lgan masofaga ko'paytmasiga teng.

Burchak tezlanish kuchning kuch elkasiga ko'paytmasiga proporsional. Bu ko'paytma aylanish o'qiga nisbatan kuch momenti (yoki aylantiruvchi moment) deyiladi va  $\tau$  bilan belgilanadi



**Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi.** Jismni  $\Delta m_i$  elementar massalarga bo'lib chiqamiz. SHunda har bir  $\Delta m_i$  ga elementar aylantiruvchi kuch  $\Delta F_i$  ta'sir qiladi (6.2-rasm). Nyutonning 2 qonuniga binoan.



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

$$\Delta F_i \cdot r_i = \Delta m_i a_i \cdot r_i \quad (6.2)$$

$\Delta m_i$  elementlar massasining chiziqli tezligi  $v_i = \omega r_i$  bo'lgani uchun bu tezlik o'zgarimas radiusda faqat  $\omega$  o'zgarganda o'zgarishi mumkin:

$$\Delta v_i = \Delta \omega r_i$$

Bu formuladan  $\Delta \omega = \frac{\Delta v_i}{r_i}$  ekanligini aniqlaymiz. Bu ifodadan  $\Delta m_i$  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 erda  $a_i = \varepsilon r_i$  ekanligini aniqlaymiz. Bu ifodani (6.2) ga qo'ysak quyidagi munosabat hosil bo'ladi:

$$\Delta F_i \cdot r_i = \Delta m_i \cdot r_i^2 \varepsilon \quad (6.3)$$

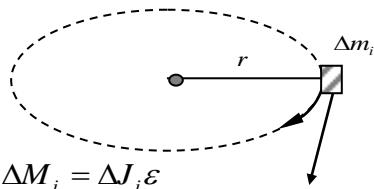
$\Delta F_i r_i = \Delta M_i$  - aylantiruvchi kuch momenti.  $\Delta m_i r_i^2 = \Delta J_i$  (6.3-rasm) deb belgilaymiz.

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

6.3-rasm

Demak,

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



$\Delta J_i$  -elementar massa  $\Delta m_i$  ning inersiya momenti deb ataladi.  $\Delta M_i$  ning summasi quyidagicha barobar:

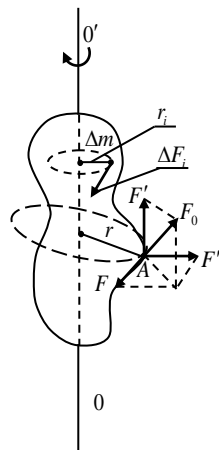
$$M = \sum_i \Delta M_i = \varepsilon \sum_i \Delta J_i = J \varepsilon \quad (6.4)$$

$M = \sum_i \Delta M_i$  -jismga qo'yilgan aylantiruvchi moment,  $J = \sum_i \Delta J_i$  -jismning o'la inersiya momenti. Demak

$M = J \varepsilon$  (6.5) -aylanish dinamikasining asosiy qonuni.

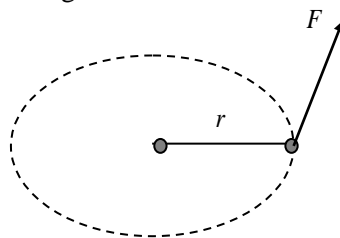
Bu bo'limda biz deformatsiya bo'lmaydigan absolyut (mutloq) qattiq jismning aylanishini ko'rib chiqamiz.  $F_0$  kuch ta'sirida jism  $OO'$  o'q atrofida aylanyapti deb faraz qilaylik. Unda jismning har bir nuqtasi shu o'q atrofida aylana bo'ylab aylanadi. Bunda hamma nuqtalarning burchak tezliklari va burchak tezlanishlari bir xil bo'ladi.  $F_0$  kuchni uchta bir-biriga perpendikulyar bo'lgan kuchga ajratamiz, bunda  $F' \parallel OO', F'' \perp OO'$  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.

$$M = F \cdot r \quad (6.1)$$



5.1 – rasm

Jismni  $\Delta m_i$  elementar massalarga bo'lib chiqamiz. Shunda har bir  $\Delta m_i$  ga elementar aylantiruvchi kuch  $\Delta F_i$  ta'sir qiladi (5.2-rasm). Nyutonning 2 qonuniga binoan.



5.2 – rasm

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

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

$$\Delta F_i \cdot r_i = \Delta m_i a_i \cdot r_i \quad (6.2)$$

$\Delta m_i$  elementlar massasining chiziqli tezligi  $v_i = \omega r_i$  bo'lgani uchun bu tezlik o'zgarmas radiusda faqat  $\omega$  o'zgaranda o'zgarishi mumkin:

$$\Delta v_i = \Delta \omega r_i$$

Bu formuladan  $\Delta\omega = \frac{\Delta v_i}{r_i}$  ekanligini aniqlaymiz. Bu ifodadan  $\Delta m_i$  ning burchak tezlanishini

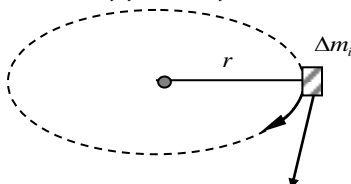
topamiz:

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

Bu yerda  $a_i = \varepsilon r_i$  ekanligini aniqlaymiz. Bu ifodani (5.2) ga qo‘ysak quyidagi munosabat hosil bo‘ladi:

$$\Delta F_i \cdot r_i = \Delta m_i \cdot r_i^2 \varepsilon \quad (6.3)$$

$\Delta F_i r_i = \Delta M_i$  - aylantiruvchi kuch momenti.  $\Delta m_i r_i^2 = \Delta J_i$  (5.3-rasm) deb belgilaymiz.



6.3 – rasm

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

Demak,

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

$\Delta J_i$  -elementar massa  $\Delta m_i$  ning inertsiya momenti deb ataladi.  $\Delta M_i$  ning summasi quyidagicha barobar:

$$M = \sum_i \Delta M_i = \varepsilon \sum_i \Delta J_i = J \varepsilon \quad (6.4)$$

$M = \sum_i \Delta M_i$  -jismga qo‘yilgan aylantiruvchi moment,  $J = \sum_i \Delta J_i$  -jismning to‘la inertsiya momenti.

Demak,

$$M = J \varepsilon \quad (6.5)$$

(5.5) ifodaga aylanish dinamikasining asosiy qonuni.

Inertsiya momenti (to‘g‘ri chizikli 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  $\omega$ ,  $\omega_0$  dan  $\omega$ , gacha o‘zgaradi.

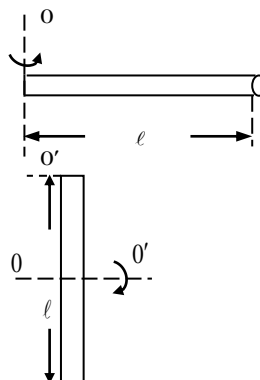
$M \Delta t$  kuch momentining impulsi (analog  $F \Delta t$ ).  $I \omega$  - harakat miqdori momenti (analog  $m v$ )

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

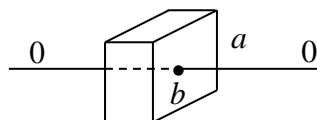
Ba’zibir jismlarning inertsiya momentlarini keltiramiz: (5.5-rasm)

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

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



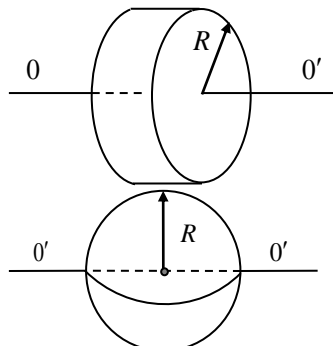
3).  $J = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2)$  brusok, uzunligi  $b$ , eni  $a$



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

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

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



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

### 5.5 – rasm

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

$$J_1\omega_1 + J_2\omega_2 + \dots + J_n\omega_n = const \quad (6.6)$$

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

$$W_k = \frac{J\omega^2}{2} \quad (6.7)$$

Aylanish kinetik energiyasining hisobiga bajarilgan ish:

$$A = \frac{J\omega_0^2}{2} - \frac{J\omega^2}{2} \quad (6.8)$$

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

$$W_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2} \quad (6.9)$$

Masalalar namunasi



1. g'ildirakning kinetik energiyasini topamiz.

$$W_k = W_{ilg} + W_{ayl}, \quad W_{ilg} = \frac{1}{2} m v^2$$

$$W_{ayl} = \frac{J\omega^2}{2}, \quad J = mr^2, \quad \omega = \frac{v}{R}$$

$$W_{ayl} = \frac{1}{2} m R^2 \cdot \frac{v^2}{R^2} = \frac{mv^2}{2}$$

Demak,

$$W_k = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} m v^2 = m v^2$$

2. Aylanayotgan g'ildirak tormozlanish natijasida davomida aylanish chastotasini  $\nu_0 = 300 \frac{ayl}{min}$  dan

$\nu_0 = 180 \frac{ayl}{min}$  ga kamaytiradi. G'ildirakning inertiya momenti topilsin: 1) burchak tezlanish ; 2)

tormozlovchi moment  $M$ ; 3) tormozlanishda bajarilgan ish.

$$1. \varepsilon = \frac{\omega_0 - \omega}{t} = \frac{2\pi(v_0 - v)}{t} = \frac{6,28(5 - 4) \frac{ayl}{sek}}{60sek} = 0,21 \frac{rad}{sek^2}$$

2. Asosiy qonunga binoan:

$$M = J\varepsilon = 2 \cdot 0,21 = 0,42J$$

3. Tormozlanish mobaynida g'ildirakning kinetik energiyasmi tormozlovchi kuchga qarshi bajariladigan ishga sarf bo'ladi.

$$A = \frac{J\omega_0^2}{2} - \frac{J\omega^2}{2} = \frac{J}{2} 4\pi^2(v_0^2 - v^2) = 2 \cdot 2\pi^2 \cdot 16 = 640J$$

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

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

## 7-MA'RUZA: NISBIYLIK NAZARIYASI ASOSLARI.

### REJA:

1. Mexanikada klassik va relyativistik nisbiylik prinsiplari.
2. Moddiy nuqta relyativistik dinamikasining asosiy qonuni.
3. Massa va energiyaning o'zaro bog'liqlik qonuni.

### TAYANCH SO'ZLAR:

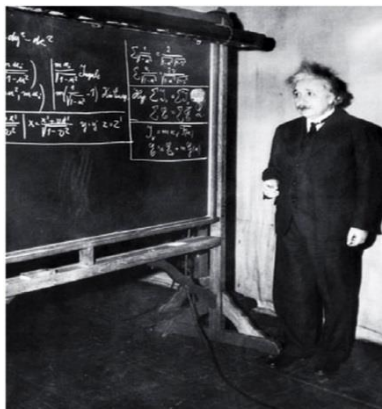
Mexanikada klassik va relyativistik nisbiylik prinsiplari. Moddiy nuqta relyativistik dinamikasi va uning asosiy qonuni. Massa va energiyaning o'zaro bog'liqlik qonuni.

XIX-asr oxiriga kelib, fiziklar ancha yutuqlarga erishdilar. Uch asr davomida nazariya tabiat hodisalarini keng doirada tushuntirib bera oldi. Nyuton mexanikasi Yer va osmon jismlari harakatini ajoyib tarzda tushuntira oladi. Bunda gidrodinamika, to'lqin harakat nazariyasi va akustika muvafaqqiyatli rivoj topdi. Kinetik nazariya gazlar va boshqa moddalar tarkibini tushuntirdi. Maksvellning elektromagnit nazariyasi faqat elektr va magnit maydonlarinigina emas balki elektromagnit to'lqinlar xuddiki yorug'lik nuri singari ekanligini isbotlab berdi. Shunday qilib tashqi va butun olamni fiziklar shunday tushunib qanoatlangan. Ammo bir qancha muammolar yechimsiz qoldi. Bu muammolarni yechishda maxsus prinsip asosida o'rganish zarur edi.

Haqiqatdan ham biror hodisani rivojlantirish oson emas. XX-asrning 20-yillarida ikkala revolyutsion nazariya ishlab chiqarilguncha ba'zi muammolar hal etilmadi, tabiat haqida bizning qarashlarimizni o'zgartirgan nazariya: nisbiylik nazariyasi va kvant nazariyasi. XIX-asr oxirigacha o'rganilgan va bizga ma'lum fizikani fiziklar klassik fizika deb qabul qilishdi. Yangi fizika XIX-asrda fanda buyuk revolyutsiya



uyg'otdi va bunga zamonaviy fizika deb nom berildi. Bu bobda biz 1905-yilda A. Eynshteyn ishlab chiqqan maxsus nisbiylik nazariyasi bilan tanishamiz. Oxirgi bobda esa kvant nazariyasi, yadro fizikasi asoslari elementar zarralar bilan tanishamiz.



7.1 rasm. Albert Eynhteyn (1879-1955). 20-asrning eng buyuk olimi. Maxsus va umum-nisbiylik nazariyasini kashf qilgan

### Galiley-Nyuton nisbiylik prinsipi

Eynshteynning maxsus nisbiylik nazariyasi hodisalarni bir sanoq sistemasida bir xil ko'rinishda, turli sanoq sistemasida qanday xususiyatda bo'lishini o'rganish bilan shug'ullandi.

Albatta, bu savol muhokamasini Galiley-Nyuton nisbiylik prinsipi, yani eng oldingi ko'rinishdagisi bilan tanishtiramiz.

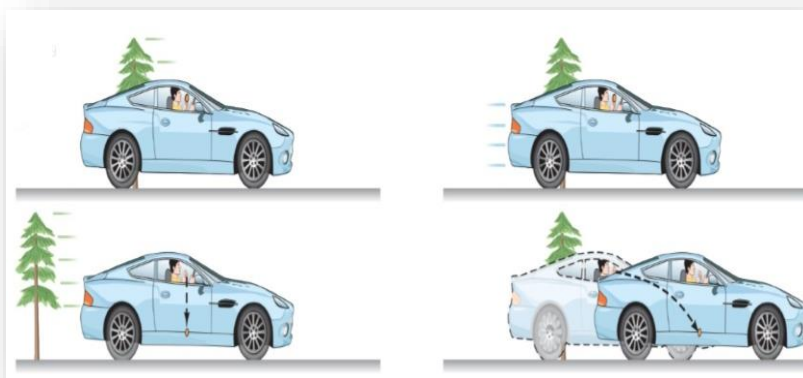
Eng avvalo inersial sanoq sistemasi deb ataluvchi asosiy atamani bilish kerak. Inertsiya qonuni – Nyutonning birinchi qonunini to'ldiruvchi bunday sanoq sistema inersial sanoq sistemasidir (4.5 bo'limda aytib o'tilgan). Nyutonning birinchi qonunida, agar jismga boshqa jismlar kuch bilan ta'sir etmasa u tinch holatini yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi. Aylanma yoki tezlanuvchan istalgan sanoq sistemalari noinersial sanoq sistemalari deyilib buni bu bobda ko'rib o'tmaymiz.

Istalgan sanoq sistemasi inersial sanoq sistemasiga nisbatan to'g'ri chiziqli tekis harakat qilsa inersial bo'ladi.

Nyuton va Galiley e'tirof etishicha, nisbiylik prinsipi deb ataluvchi tushunchada fizikaning asosiy qonunlari barcha inersial sanoq sistemalarida bir xilda ro'y beradi. Haqiqatda kundalik tajribada nisbiylik prinsipini kuzatishimiz mumkin;

masalan, yerga nisbatan to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotgan poyezd yoki samolyotni olaylik. Poyezd vagoni yoki samolyot bortida yurishimiz, ichimlik ichishimiz mumkin, bu xuddi yerdagidek davom etadi. Avtomobilda siz to'g'ri chiziqli tekis harakat qilayotgan bo'lasngiz va siz boshingiz uzra tanga tashlasangiz qanday tushadi? Tanga mashina poliga vertikal uriladi, ya'ni tanga vertikal pastga harakat qiladi. Shunday qilib yerga tushayotgan jism yurib ketayotgan avtomobilga nisbatan o'tkazilgan tajriba nisbiylik prinsipiga mos keladi.

Yerda qo'zg'almay turgan kuzatuvchiga nisbatan avtomobildagi yo'lovchi qo'lidan tushib ketgan tanga egri chiziqli harakatlanadi. 11.2-b-rasm. Harakatda turli sanoq sistemalarida jism traektoriyasi o'ziga xos bo'ladi. Bu zinhor nisbiylik prinsipiga zid emas, aksincha barcha inersial



7.2-a-rasm

7.2-b-rasm

sanoq sistemalarida fizika qonunlari o'zgarishini tasdiqlaydi. Butun olam tortishish qonuni va Nyuton qonunlari ikkala sanoq sistemasida ham bajariladi. 11.2-a va b-raslardagi farq shundaki, yer bilan bog'langan sanoq sistemasiga nisbatan tanganing boshlang'ich tezligi avtomobil tezligiga teng, fizika qonunlari shuni ko'rsatadiki, gorizontol otilgan jism harakat traektoriyasi paraboladan iborat. Avtomobil bilan bog'langan sanoq sistemasida tanganing boshlang'ich tezligi nolga teng, shu bois u vertikal pastga harakatlanadi. Shunday qilib fizika qonunlari ikkala sanoq sistemasida bir xil ro'y beradi, ammo traektoriyasi turlicha bo'ladi.

Galiley-Nyuton nisbiylik printsiptini kundalik tajribaga tayanib sinov o'tkazib aniqlash mumkin. Taxminan istalgan sanoq sistemasidagi uzunligi bir xil jismning turli sanoq sistemasidagi vaqt oqimi bir xil bo'ladi. Klassik mexanikada fazo va vaqt absolyutdir. Fazo va vaqtning o'zgarishi bir sanoq sistemasidan boshqa sanoq sistemasiga o'tganda o'zgarmaydi. Bir sanoq sistemasidan boshqa sanoq sistemasiga nisbatan massasi va ta'sir kuchi kattaliklari o'zgarmaydi. Jism joylashuvi va uning tezligi turli sanoq sistemalarida turlicha bo'ladi. Masalan, yo'lovchi avtobus salonidan orqadan oldinga 5 km/soat tezlikda, avtobus esa 40 km/soat tezlikda harakatlanayotgan bo'lsin, u holda yo'lovchining yerga nisbatan tezligi 54 km/soat bo'ladi. Klassik mexanikada istalgan inertsial sanoq sistemalari uchun tezlanish bir xil. Masalan, yo'lovchi avtobusi 1 sekda tezligini 0 dan 5 km/soat ga o'zgartirgan bo'lsin. Avtobus bilan bog'langan sanoq sistemasida uning tezlanishi  $a = 5 \text{ (km/soat)/sek}$ . Yer bilan bog'langan sanoq sistemasida  $(45-40) = 5 \text{ (km/soat)/sek}$ .

Bir inertsial sanoq sistemasidan boshqa inertsial sanoq sistemasiga o'tganda Nyutonning 2-qonuni o'zgarmaydi.  $F=ma$ . Nyutonning 2- qonuni nisbiylik printsiptini tasdiqlaydi. Demak, mexanikaning boshqa qonunlari ham nisbiylik printsiptini tasdiqlashini ko'rish qiyin emas.

Mexanika qonunlari barcha inertsial sanoq sistemalarida bir xilda ro'y beradi, bundan eng muhim xulosa kelib chiqadi: istalgan inertsial sanoq sistemasi boshqa inertsial sanoq sistemasiga nisbatan ajratilmaydi. Bundan quyidagi ma'no kelib chiqadi: mexanikada moddiy nuqtaning barcha sanoq sistemalardagi koordinatalari ekvivalentdir. Avtomobil yoki samolyotning harakati to'g'ri chiziq tekis bo'lsa yerga nisbatan barcha hodisalar bir xilda ro'y beradi. Agar siz avtomobil yoki samolyotda harakatlanayotgan bo'lsangiz ularga nisbatan tinch holatda, yerga nisbatan esa harakatda bo'lasiz. Tinch yoki to'g'ri chiziq tekis harakat qilayotgan sanoq sistemasida turib har qanday tajriba orqali bu sanoq sistemasini to'g'ri chiziq tekis harakat qilayotganligini yoki tinch turganligini aniqlab bo'lmaydi.

XIX-asr ikkinchi yarmida jarayon o'zgardi. Kutilmagan, favqulodda Maksvell o'zining elektromagnitizm nazariyasini kashf etib, ya'ni yorug'lik elektromagnit to'lqin ekanligini aytdi. Maksvel tenglamasidan agar yorug'lik tezligi  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  bo'lsa tajribada xatoliklar kelib chiqadi. Maksvel nazariyasidan quyidagi savol kelib chiqadi: qaysi sanoq sistemasida yorug'lik tezligi qanday kattalikda bo'ladi? Binobarin, turli sanoq sistemalarida yorug'lik tezligi turlicha. Masalan, kosmik kema tezligi  $1 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  bo'lsa undan chiqayotgan yorug'lik nuri  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  tezlik bilan harakatlansa yerga nisbatan yorug'lik tezligi  $1 \cdot 10^8 \text{ m/s} + 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 4 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  bo'ladi. Maksvel tenglamasida nisbiy tezlik inobatga olinmaydi. Yorug'lik tezligi  $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

15-16-boblarda aytib o'tilganidek, to'lqinlar suv sirtida, torda, tovush to'lqinlari esa havoda yoki boshqa muhitda tarqaladi. XIX-asrda fiziklar moddiy olamda mexanika qonunlariga binoan yorug'lik nuri

qaysidir muhitda tarqalishi kerak deb taxminiy faraz qilishgan. Bu muhit efir deb atalgan va butun fazoni to'ldiradi deb faraz qilingan. XIX-asrda fiziklarning taxminicha Maksvel tenglamasidagi yorug'lik tezligi sanoq sistemasida efir bilan bog'liq bo'ladi.

Maksvell tenglamasi nisbiylik prinsipini qanoatlantirmaydi, ular turli sanoq sistemalari uchun bir xil emas. Sanoq sistemasida qabul qilingan Maksvell tenglamasining sodda ko'rinishida yorug'lik tezligi  $3 \cdot 10^8$  m/s bo'lib efirga nisbatan tinch turgan sanoq sistemasi uchun bajariladi. Istalgan boshqa sanoq sistemalarida Maksvell tenglamasiga qo'shimcha kattaliklar kiritilishi kerak, nisbiy tezliklarni hisobga olish zarur.

Fizika qonularini nisbiylik prinsipi qanoatlantiradi ammo elektr va magnitizm qonunlarini nisbiylik prinsipi qanoatlantirmaydi. Maksvel tenglamalari bir sanoq sistemasida bajariladi, boshqa sanoq sistemasida absolyut tinch holatda bo'lgandagina bir-biri orqali ifodalash mumkin.

Fiziklar yer tezligini nisbiy deb qabul qilib uni absolyut sanoq sistemasi deb olishgan. Yerning efirdagi nisbiy tezligini o'lchashni Maykelson va Morli tomonidan o'tkazilgan tajriba eng to'g'ri deb qabul qilingan. Bu tajriba bilan keying bobda tanishamiz. Asl mohiyati esa yorug'lik tezligini to'g'ri yo'nalishlarda o'lchashdir. Maykelson va Morli efirda o'tkaziladigan tajriba orqali yorug'lik tezligining farqi borligini o'rganish maqsadida bo'lgan. Oqim bo'ylab yuqoriga yoki oqim bo'ylab pastga harakatlanayotgan qayiqning yerga nisbatan tezligi turlicha bo'lganidek, Maykelson va Morli tajribasida ham yorug'lik tezligi efirda har xil bo'lish lozim edi.

Shuni g'alatiki, yorug'lik tezligi hech qachon turlicha bo'lmadi. Maykelson va Morli tajribasi kutilmagan va tushunarsiz natija berdi. Bir necha yil davomida bu o'z holicha qolib ketdi.

Va faqat 1905 yil A. Eynshteyn yangi nazariya bilan ko'p muammolarga yechim topdi. Biz shuni ko'rishimiz mumkinki, Eynshteyn nazariyasi butunlay bizning fazo va vaqt tushunchalarimizni o'zgartirib yubordi.

### **Nisbiylik nazariyasi postulatleri**

XIX va XX-asr oralig'ida elektromagnitizm va Nyuton mexanikasi nazariyasida muammolar mavjud edi, 1905 yil Eynshteyn o'zining maxsus nisbiylik nazariyasini taklif qildi. Eynshteyn o'zining nazariyasi orqali bevosita Maykelson-Morli tajribasi noto'g'ri natija berishi xato o'ylanganligini bildirdi. Eynshteyn Lorensning nazariy tadqiqodlarini o'rganib unga qoyil qoldi. Eynshteyn yorug'lik nazariyasi va elektromagnitizm nazariyasi muammolari fikrlashga undadi va maxsus nisbiylik nazariyasi yaratishga turtki bo'ldi. Masalan, Eynshteyn o'ziga shunday savol berdi: "Agar men yorug'lik nuri ustiga o'tirib olsam nimalarni ko'raman?" Javob shunday edi: yugurib ketayotgan elektromagnit to'lqinlarda u statsionar elektr va magnit maydonni ko'rди, fazoda ularning amplitudasi o'zgaradi, lekin vaqt o'zgarishsiz qoladi. Eynshteyn tushundiki, bunday maydonni aniqlab bo'lmaydi, shu bilan birga Maksvell elektromagnit nazariyasiga bog'lab bo'lmaydi. Binobarin, Eynshteyn xulosa qildiki, yorug'lik kuzatuvchiga nisbatan tezligi nol bo'lishi noto'g'ri, chunki elektromagnit to'lqin to'xtashi mumkin emas. Bu Eynshteynning ikkinchi postulatini yaratishga asos bo'ldi. Eynshteyn taklif qilgan nazariya absolyut fazo borliq haqidagi elektromagnit nazariyaga zid edi. Eynshteyn o'zining 1905-yildagi eng mashhur ishida absolyut tinch sanoq sistemasi bilan birga efir haqidagi tassavurlarni butunlay rad qildi. Buni Eynshteyn ikkita postulati orqali ko'rsatib o'tdi. Birinchi postulat umumnisbiylik nazariyasiga asoslangan bo'lib faqat mexanika qonunlarinigina emas, boshqa fizika qonunlari, shu bilan birga elektr va magnitizm uchun ham o'rindir.

**Birinchi postulat (nisbiylik printsipti).** Fizika qonulari barcha inertsial sanoq sistemalari uchun bir xil ko'rinishda bo'ladi.

**Ikkinchi postulat (yorug'likning tezligini o'zgarimasligi).** Yorug'likning vakuumdagi tezligi kuzatuvchining ham manbaning tezligiga bog'liq emas, uning tezligi doimiy va  $c$  ga teng.

Bu ikkala postulat Eynshteynning maxsus nisbiylik nazariyasining asosidir. Eynshteynning navbatdagi ajratib olingan umumnisbiylik nazariyasi noirersial sanoq sistemalari bilan shug'ullandi. Bu bobda maxsus nisbiylik nazariyasi faqat inertsial sanoq sistemalari uchun o'rganiladi.

Ikkinchi postulat ko'rinishdan anglash uchun birmuncha qiyin, ya'ni umumiy ko'rinishdagiga qarama-qarshi. Dastavval yorug'lik bo'shliqda tarqalishi kerak. Barcha hodisani bir xil bilish mumkin emas shu sababli efirdan voz kechildi. Ikkinchi postulat yorug'lik manba tezligi yoki kuzatuvchi tezligidan mustaqil ravishda vakumda  $c=3 \cdot 10^8$  m/s tezlik bilan tarqaladi.

Binobarin, kuzatuvchi manbadan yoki manbaga qarab harakatlansa natija shunday bo'ladiki, kuzatuvchi manbaga nisbatan tinch holatdagidek bo'ladi. Bu bizning kundalik hayotimizga teskari, agar kuzatuvchi manbaga qarab harakatlansa nisbiy tezlik qo'shilishi, aksincha bo'lsa ayirilishi kerak. Kundalik tajriba orqali buni aniqlab bo'lmaydi, qachonki yorug'lik tezligiga yaqin tezliklarda buni ko'rish mumkin. Binobarin buni kutmasdan, kundalik hayotda tajriba orqali yorug'lik tezligiga yaqin tezliklar uchun foydali natijalar olish zarur. Boshqa tomondan Maykelson-Morli tajribasini ikkinchi postulatga bog'lash mumkin.

Eynshteyn tomonidan taklif qilingan nazariya tushunarli. Absolyut sanoq sistemasi g'oyasi rad qilindi. Fizikada elektromagnit nazariya bilan mexanikani birlashtirish imkoniyati ochildi. Yorug'lik tezligi Maksvell tenglamasi asosida ko'rsatib o'tildi, vakuumda yorug'lik tezligi bor bo'lsa, istalgan sanoq sistemasida yorug'lik tezligi mavjud.

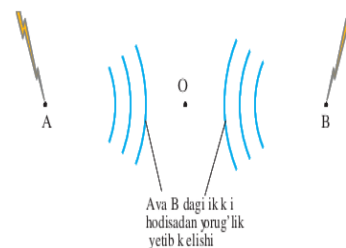
Eynshteyn maxsus nisbiylik nazariyasi fazo va vaqt tushunchalarini o'zgartirib yubordi. Keyingi boblarda biz Eynshteyn nazariyasini qiziqarli va noodatiy tarzda ko'rib o'tamiz. Biz o'zimizni Eynshteyn kabi fikran tajriba jarayoniga tayyorlaymiz. Bunda sirli matematik analizga tayanamiz. Bu yondashuv orqali maxsus nisbiylik nazariyasini unutib murakkab matematik hisoblashlarga aralashib ketmaslik lozim. Eynshteyn buni shunday ataydi: "G'oyaviy tajriba".

### Birvaqtlilik

Nisbiylik nazariyasining eng muhim natijalaridan biri vaqtni absolyut kattalik deb hisoblab bo'lmasligidir. Hech kimga sir emaski, vaqt bir tomonga oqadi teskariga emas. Ammo biz bu va keyingi boblarda ko'ramizki, ikki hodisa o'rtasidagi vaqt oralig'i va hatto ikki hodisaning birvaqtlilik ham kuzatuvchining sanoq sistemasiga bog'liq.

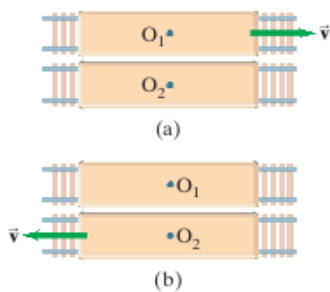
Biz ikki hodisa bir vaqtda ro'y berdi deymiz, agar ular ikkalasi ham bir paytning o'zida ro'y bergan bo'lsa. Lekin ikki hodisaning bir vaqtni o'zida ro'y berishini qanday bilishimiz mumkin? Agar hodisa fazoning bir nuqtaning o'zida ro'y bersa (misol uchun, ikkita olma boshingizga tushyapti), u holda ularning birvaqtlilikini aniqlash oson. Lekin ikki hodisa bir-biridan uzoq masofada yotgan nuqtalarda ro'y bersa, u holda ularning bir vaqtlilikini aniqlash qiyin, chunki bizga nurni yetib kelish uchun talab qilinadigan vaqtni hisobga olishimiz kerak bo'ladi. Nur chekli tezlikda tarqaladi shu sababli kuzatuvchi hodisa qachon sodir bo'lganini aniqlash uchun hisoblash kerak bo'ladi. Misol uchun, kuzatuvchi ikki hodisani bir vaqtda ko'radi lekin hodisalardan biri kuzatuvchiga yaqin bo'lgan nuqtada sodir bo'lgan hodisadan ko'ra, uzoqda yotgan nuqtada sodir bo'lsa, u holda birinchi hodisa ertaroq sodir bo'lgan va ular bir vaqtlilik emasdir.

Hisoblash ishlari qilmaslik uchun, hayotiy tajribadan foydalanamiz. Aytaylik, kuzatuvchi (O bilan belgilaymiz) ikki hodisa sodir bo'layotgan A va B nuqtalar o'rtasida turibdi. Bunga A va B nuqtalarga urilayotgan chaqmoqni yoki boshqa hodisani misol qilishimiz mumkin (11.3 rasm). Agar hodisa chaqmoqdek tez bo'lsa, u holda A va B nuqtalardan O kuzatuvchiga ham yetib boradigan qisqa nur impulslari tarqaladi. Bizning O kuzatuvchimiz hodisani faqatgina unga nur impulslari yetib borgandagina "ko'ra oladi". Agar ikkita impuls O kuzatuvchiga bir vaqtda yetib borsa, u holda O kuzatuvchi hodisalarni bir vaqtda sodir bo'lgandek qabul qiladi. Bu ikki nur impulsining bir xil tezlikda tarqalishidan kelib chiqadi, OA masofa OB masofaga tengligidan, nurning A dan O ga yetib borishi uchun ketadigan vaqt, B dan O ga yetib boradigan vaqtga tengdir. Boshqa tomondan, agar O kuzatuvchi nurni qandaydir hodisani boshqa hodisaga qaraganda avvalroq ko'rsa, u holda birinchi hodisa avvalroq sodir bo'lgan bo'ladi.



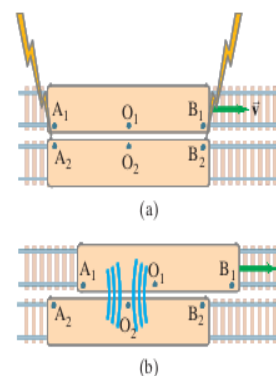
7-3 rasm. Ikkita chaqmoq tarqatayotgan yorug'likni O nuqtaga yetib kelishi

Biz javobini topmoqchi bo'lgan savol aslida quyidagicha: agar ikki hodisa kuzatuvchi nuqtai nazarida bir sanoq sistemasida bo'lsa, birvaqtlilik bo'ladi, agar bu ikki hodisa birinchi kuzatuvchiga nisbatan harakat qilayotgan boshqa kuzatuvchi nuqtai nazarida ham birvaqtlilik bo'ladimi?  $O_1$  va  $O_2$  – ikkita kuzatuvchi bo'lsin; birinchisi bilan bog'langan sanoq sistemasi 1, ikkinchisi bilan bog'langan sanoq sistemasi 2, va bir sanoq sistemasi ikkinchisiga nisbatan  $v$  tezlikda harakatlansin. Bu ikkita sanoq sistemasini temiryo'l vagonlari ko'rinishida tasavvur qilish mumkin (11.5 a - rasm).  $O_2$  kuzatuvchi  $O_1$  kuzatuvchini o'ng tomonida  $v$  tezlikda harakat qilayotganini tasdiqlayapti.  $O_1$  kuzatuvchi esa  $O_2$  kuzatuvchini chap tomonida  $v$  tezlikda harakat qilayotganini tasdiqlaydi (11.5 b – rasm). Nisbiylik prinsipi bo'yicha, ikkala tasdiq ham teng o'lchamli. ( Binobarin, haqiqatan kim harakat qilayotganini aytadigan uchinchi kuzatuvchi mavjud emas).



7-4 rasm. Ikki poyezdlarda joylashgan  $O_1$  va  $O_2$  kuzatuvchilarda birichi poyezd o'nga harakatlanganda ikkinchi po-yezd chapga harakatlangandek tuyuladi.

Endi qandaydir ikki hodisa ikkala kuzatuvchiga ham ko'rinayotgan bo'lsin. Chaqmoq vagonlarga kelib urilsin: kuzatuvchi  $O_1$  joylashgan vagonning  $A_1$  va  $B_1$  nuqtasiga, kuzatuvchi  $O_2$  joylashgan vagonning  $A_2$  va  $B_2$  nuqtasiga.  $O_1$  kuzatuvchi  $A_1$  va  $B_1$  nuqtalarning o'rtasida,  $O_2$  kuzatuvchi  $A_2$  va  $B_2$  nuqtalarning o'rtasida joylashgan bo'lsin. Biz o'zimizni ixtiyoriy sanoq sistemasida deb kuzatamiz.



7-5 rasm. Hayoliy tajriba 1.4 –

$O_2$  nuqtada kuzatayotgan bo'laylik. Bunda  $O_1$  kuzatuvchi o'nga qarab  $v$  tezlik bilan harakatlanadi. Bunda ikkala hodisa  $O_2$  kuzatuvchi joylashgan sanoq sistemasiga nisbatan birvaqtda ro'y beradi.  $O_1$  va  $O_2$  lar bu vaqtda bir-biriga teskari joylashgan.  $O_2$  kuzatuvchiga aniqki,  $O_2A_2$  va  $O_2B_2$  masofalar teng va bu ikkala hodisa birvaqtda ro'y beradi.

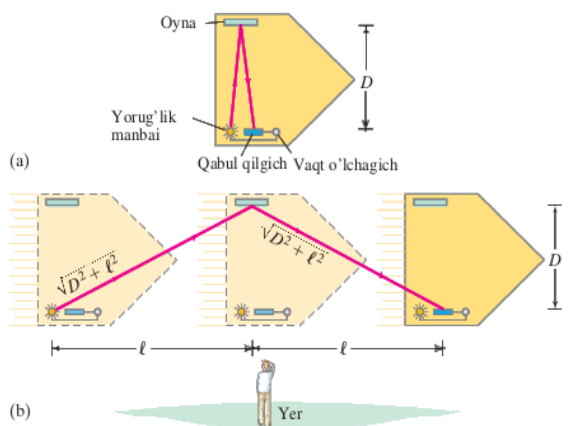
$O_1$  kuzatuvchiga qanday ko'rinadi? Bizning sanoq sistemamizda ( $O_2$ )  $A_1$  va  $B_1$  dan chiqqan nur  $O_1$  nuqtaga yetib kelguncha u o'nga harakatlanadi. Ko'rinib turibdiki,  $B_1$  nuqtadan chiqqan nur  $O_1$  nuqtadan o'tib ketganda ham  $A_1$  nuqtadan chiqqan nur  $O_1$  nuqtaga yetib kelgani yuq. Darhaqiqat  $O_1$  kuzatuvchi  $B_1$  nuqtadan chiqqan nurni  $A_1$  nuqtadan chiqqan nurga nisbatan oldinroq ko'radi.  $O_1$  joylashgan sanoq sistemasi  $O_2$  joylashgan sanoq sistemasiga ekvivalentdir.  $O_1$  kuzatuvchiga nisbatan yorug'lik tezligi qanday tarqalsa,  $O_2$  kuzatuvchiga ham shunday tarqaladi va  $A_1$  nuqtadan  $O_1$  ga qanday tezlikda yaqinlashsa,  $B_1$  dan  $O_1$  ga ham shunday.  $O_1A_1$  masofa  $O_1B_1$  masofaga teng,  $O_1$  kuzatuvchiga shunday xulosa kelib chiqadi,  $B_1$  nuqtadagi hodisa  $A_1$  nuqtadagi hodisadan ertaroq o'tgan.

Shunday qilib ikki hodisa bir kuzatuvchiga nisbatan bir baqtda ro'y bersa, ikkinchi kuzatuvchiga nisbatan bir vaqtda ro'y berishi shart emas.

$O_1$  kuzatuvchi tinch turgan sanoq sistemasida  $B_1$  hodisa  $A_1$  hodisaga nisbatan erta sodir bo'ladi. Agar  $O_1$  kuzatuvchiga nisbatan  $O_2$  kuzatuvchi chapga  $v$  tezlik bilan harakatlansa  $A_1$  va  $B_1$  nuqtalardagi hodisalar birvaqtda ro'y bergandek bo'ladi.

### Vaqtning sekinlashuvi yoki egizaklar paradoksi

Ikkita hodisa bir kuzatuvchi nuqtai nazarida biror vaqtda ro'y bersa boshqa hodisaga nisbatan bunday bo'lmaydi, chunki vaqtning o'zi absolyut emas. Chunki, sanoq sistemasida vaqt o'zgarishi boshqa, boshqa sanoq sistemasida boshqacha bo'lishi mumkin. Maxsus nisbiylik nazariyasida quyidagi ko'rinishdagi mantiqiy tajriba o'tkazish mumkin.



7.6-rasm. Vaqtning sekin-lashuvini tajribada kuzatilishi. Kosmik kema Yerdagi kuzatuvchiga nisbatan kam vaqt o'tgan.

11.6-rasmda Yer uzra kosmik kema yetarlicha tezlikda harakatlanamoqda 11.6 a rasmda kuzatuvchi kosmik raketa ichida o'tiribdi. 11.6 b rasmda kuzatuvchi Yerdan turib kuzatmoqda. Kuzatuvchi kosmik kema bortida turib kuzatganda yorug'lik nuri manbadan chiqib oynaga urilib  $2D$  masofa o'tib qaytadi. Yorug'lik tezligi  $c$  ga tengligini inobatga olib o'tgan vaqtni hisoblasak,



$$\Delta t_0 = \frac{2D}{c}$$

Kuzatuvchi yerdan turib kosmik kema bortini kuzatayotgan bo'lsin. Bunda yorug'lik nuri burchak ostida oynaga urilib qaytadi va qabul qilgichga kelib tushadi. Yorug'lik nuri yerdagi kuzatuvchiga nisbatan ko'proq yo'l bosib o'tgan. Binobarin vaqt o'zgarishi yerdagi kuzatuvchiga nisbatan kosmik kema bortidagi kuzatuvchiga kamroq o'zgargan. Vaqt oralig'i  $\Delta t_0$  yerdagi kuzatuvchiga quyidagi hisoblashlar orqali bog'langan:

$$2L = g\Delta t_0$$

Bu yerda  $v$  kosmik kema tezligi.

Diagonal bo'ylab yorug'lik nuri bosib o'tgan yo'l  $2\sqrt{D^2 + L^2}$  bundan

$$c = \frac{2\sqrt{D^2 + L^2}}{\Delta t} = \frac{2\sqrt{D^2 + (g^2 c^2)/4}}{\Delta t}$$

$$c^2 = \frac{4D^2}{\Delta t^2} + g^2$$

$$\Delta t = \frac{2D}{c\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}}$$

$\Delta t_0$  orqali ifodalasak:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} \quad (7.1)$$

$$\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}$$

- kattalik har doim birdan kichik.  $\Delta t > \Delta t_0$  vaqt oralig'i yerdagi kuzatuvchiga nisbatan ko'proq davom etadi. Umuman aytganda maxsus nisbiylik nazariyasida bu hodisa vaqtning sekinlashuvi deb ataladi. Harakatlanayotgan soat tinch turgan soatdan sekinroq yuradi.

Bunda harakatlanayotgan soat noto'g'ri deb o'ylamaslik kerak, aksincha barchasini to'g'ri baholadik. O'lchashlar shuni ko'rsatadiki, harakatlanayotgan sanoq sistemasida vaqt sekin o'tadi bu nisbiylik nazariyasining ikkala postulati namunasidir.

Vaqtning sekinlashuvini anglash qiyin, chunki u bizning ongimiz va tasavvurimizga zid. 11.1 formuladan ko'rinadiki, vaqtning sekinlashuvi effekti, yetarlicha kam, tezlik yorug'lik tezligiga yaqin tezliklarda yaqqol namoyon bo'ladi. Kundalik hayotimizdagi tezlik yorug'lik tezligidan ancha kichik, shuning uchun real hayotda buni kuzatib bo'lmaydi. Vaqtning sekinlashuvi effektini maxsus tajriba orqali isbotlash mumkin. Masalan, 1971-yil reaktiv samolyotdagi o'ta aniq atom soatidan aylanma nur tarqatilgan. Reaktiv samolyotning tezligi yetarlicha kichik ( $10^3$  km/soat) bunda soat yurishidagi yo'qotish bir necha nanosekund ( $10^{-9}$ s) ni tashkil etgan. 11.1 formulaga binoan soatning xatoligi aniq isbotlangan. Bir necha o'n yil burun elementar zaryadlarni tezlatish orqali vaqtning sekinlashuv effekti isbotlangan. Bu zarralar juda kichik massaga ( $10^{-30}/10^{-27}$ kg) ega va tezligi jihatdan yorug'lik tezligiga yaqin. Ko'p elementar zarralar nostabil va qisqa fursatda ular boshqa zarralarga parchalanib ketadi. Misol uchun myuon zarrachasini qaraydigan bo'lsak uning xususiy yashash vaqti 2.2  $\mu$ s. Sinchkovlik bilan tajriba o'tkazilganda yorug'lik tezligiga yaqin tezliklardagi yashash vaqti uzaygan.

**7.1 masala. Nyuton yashash vaqtining o'zgarishi.** a) Laboratoriya sharoitida 0.6c tezlikkacha tezlashtirilgan Nyutonning o'rtcha yashash vaqti nimaga teng? Nyutonning xususiy yashash vaqti 2.2mks. b) Nyuton yemirilgunga qadar qancha masofa bosib o'tadi?

**Yechilishi:**

a) 7.1 tenglikdan  $v=0.6c$  tezlikda harakatlanayotgan Nyuton uchun

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} = 2.8 \cdot 10^{-6} \text{ sek}$$

kelib chiqadi.

b) Relyativistik nazariyaga asosan

$$D = g\Delta t = 500m$$

**7.2 masala. 100km/soat da vaqt o'zgarishi.** 100km/soat tezlik kundalik hayotimizda ko'p kuzatiladi. 100km/soat tezlikda harakatlanayotgan avtomobildagi kuzatuvchiga nisbatan 10 sek vaqt o'tgan bo'lsa yerdagi kuzatuvchiga nisbatan vaqt oralig'i qanchaga farq qiladi?

Yechilishi:

$\Delta t_0 = 10\text{sek}$  deb qabul qilamiz.

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} = \frac{10}{\sqrt{1 - 8.59 \cdot 10^{-15}}}$$

$(1+x)^n \approx 1+nx$  deb qabul qilish mumkin.  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}}$  deb olsak, u holda

$$\Delta t = \Delta t_0 \gamma = \Delta t_0 \left(1 - \frac{g^2}{c^2}\right)^{-1/2} \approx \Delta t_0 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{g^2}{c^2}\right) \approx$$

Demak,  $\Delta t$  va  $\Delta t_0$  orasidagi farq

$$\approx 10 + 4 \cdot 10^{-14} s$$

$4 \cdot 10^{-14} \text{sek}$  ga teng ekan.

**7.3 masala. Kosmik kemada jurnal o'qish.** Yuqori tezlikda ya'ni 0.75c tezlik bilan Yerdan Yupiterga kosmik kema uchib ketmoqda deylik. Kemadagi yo'lovchi 10 daqiqa davomida jurnal o'qigan. a) Yerdagi soat bo'yicha bu hodisa qancha vaqt davom etadi? b) Yerdagi kuzatuvchiga nisbatan jurnal o'qib tugatilguncha kosmik kema qancha masofa bosib o'tadi? Kosmik kema yo'lovchga nisbatanchi?

Yechilishi:

Kosmik kema posajiriga nisbatan jurnalni o'qib chiqish vaqti 10 minut. a) Yerdagi

kuzatuvchiga nisbatan esa  $\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} = 15.1 \text{min}$

b) Yerdagi kuzatuvchiga sayohatchi  $D = v\Delta t = 2.04 \times 10^{11}m$  masofa o'tadi. Kosmik kemadagi posajirga nisbatan kema  $D = v\Delta t_0 = 1.35 \times 10^{11}m$  masofani bosib o'tgan.

7.1 formula agar  $\Delta t_0$  vaqt sanoq sistemasida hodisalari orasida bo'lsa, ya'ni bir fazoda o'rganilayotgan bo'lsa bajariladi.  $\Delta t$  vaqt intervali xususiy vaqt deb ataladi.

7.1 formuladan  $\Delta t$  vaqt intervali birinchi sanoq sistemasiga nisbatan  $v$  tezlik bilan harakatlanayotgan sanoq sistemasidagi ikki hodisa orasidagi vaqt tushuniladi. Misol uchun 11.1 dan  $\Delta t_0$  ni 2.2 mks deb qabul qilamiz. Sanoq sistemasiga nisbatan Nyuton tinch turibdi. Ikki hodisa (tug'ilish va parchalanish) fazoning bir nuqtasida bo'lib o'tadi.

Vaqtning sekinlashuvi borasida qiziqarli kosmik sayohatlar o'ylab topilgan. Eski qarashlarda vaqt haqida yerdan 100 yorug'lik yili masofasigacha bo'lgan yulduzlargacha uchish haqida aytiladi. (1 yorug'lik yili =  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 3.15 \cdot 10^7 \text{ s} = 9.5 \cdot 10^{15} \text{ m}$ ) Agarda kosmik kema tezligi ortib borib yorug'lik tezligiga yaqinlashsa sayohat 100 yildan kamroq vaqt kerak bo'ladi. Vaqtning sekinlashuviga asosan astronaft uchun vaqt qisqa bo'ladi. Kosmik kema tezligi  $v=0.999c$  bo'lsa sayohat taxminan  $\Delta t_0 = \Delta t \sqrt{1 - v^2/c^2} = 100 \sqrt{1 - 0.999^2} = 4.5$  yil ga teng bo'ladi. Bunday sayohat inson imkoniyatlari uchun chegaralangan. Binobarin, haqiqiy kosmik sayohatdagi vaqt sekinlashuvi eng muhim amaliy muammolar yutug'i kelajakni oldindan ko'rishni ta'minlaydi.

Ko'rinadiki, Yerda 100 yil o'tgan vaqt kosmik kemada taxminan 4.5 yil o'tadi. Astronaft uchun doimiydek vaqt o'tgandek bo'ladi. Astronaftning uzoq yulduzlargacha bo'lgan sayohatida 4.5 yil o'tsa, bu uning hayotiga hech qanday ta'sir etmaydi, u uxlashi ovqatlanishi, o'qishi va h.k. mumkin. Yerdagi odamlar uchun esa 100 yil o'tgan bo'ladi.

**7.4 masala.**  $4\text{km/sek}$  tezlikda harakatlanayotgan kosmik kema uchun XBS da vaqtning nisbiy xatoligini hisoblang.

## Yechilishi:

Vaqtning qisqarish effektiga asosan, 11.1 formulaga muvofiq

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} = \frac{10}{\sqrt{1 - 1.8 \cdot 10^{-10}}} \Delta t_0 = (1 - 1.8 \cdot 10^{-10})^{-1/2} \Delta t_0$$

holat uchun  $(1 \pm x)^n \approx 1 \pm nx$  tenglik o'rinli. Bundan  $(1 - 1.8 \cdot 10^{-10})^{-1/2} = 1 + 9 \cdot 10^{-11}$

$$\Delta t = (1 + 9 \cdot 10^{-11}) \Delta t_0 \text{ Nisbiy xatolik: } \varepsilon = \frac{\Delta t - \Delta t_0}{\Delta t_0} = 10^{-10} \text{ kelib chiqadi.}$$

Eynshteynning maxsus nisbiylik nazariyasi ishlab chiqilgandan so'ng paradoks paydo bo'ldi va unga "egizaklar paradoksi" deb nom berildi. Uning asl mazmuni quyidagicha: 20 yoshdagi ikkita egizaklardan biri kosmik kema bilan yorug'lik tezligiga yaqin tezlikda uzoq yulduzgacha va yulduzdan yergacha sayr qilib kelsin, ikkinchi egizak esa yerda qolgan bo'lsin. Egizak-astronavt uchun vaqt yerdagi egizakka nisbatan kam o'tadi. Yerdagi egizakka 20 yil o'tgan bo'lsa, egizak-astronavt uchun bor yo'g'i bir yil vaqt o'tgan. Demak, yerdagi egizak 40 yoshga, egizak astronavt esa 21 yoshda bo'lgan.

Yerda turgan egizakka shunday ko'rinsa, egizak-astronavtga qanday ko'rinadi? Hammasi nisbiy, hammasi inertsial sanoq sistemalari uchun bir holdir. Egizak-astronavt yerdagi egizakka hamma fikrini aytishi mumkin emasmi? Egizak astronavt ishonmaydi, u yerdan yetarlicha katta tezlikda uchib ketgan, shuning uchun unda vaqt kam o'tgan, yerdagi egizakka esa tez o'tgan. Bu yerdagi egizakka nisbatan teskari tasdiqdir. Har ikkala egizaklar bir vaqtda haqiqatda bo'lishi mumkin emas. Kosmik kema yerga qaytgandan keyin egizaklar yoshini taqqoslash va soatlarini to'g'rilab olishlari mumkin.

Haqiqatda egizaklar paradoksi paradoks emas. Buning hammasi maxsus nisbiylik nazariyasi natijasi bo'lib vaqtning sekinlashuvi va faqat inertsial sanoq sistemalarida joylashgan kuzatuvchiga nisbatan bajariladi. Yerni inertsial sanoq sistemasi deb olish mumkin. Kosmik kemani esa inertsial sanoq sistemasi deb bo'lmaydi. Kosmik kema boshlang'ich va oxirgi vaziyatlarda tezlanish bilan harakatlanadi, qaytishda ham xuddi shunday. Astronavtning tezlanuvchan harakatida maxsus nisbiylik nazariyasi kuchga ega emas. Egizak yerda bo'lganda inertsial sanoq sistemasida bo'ladi va u bu haqda to'g'ri fikr bildirishi mumkin. Shunday qilib, hech qanday paradoks yo'q. Astronavtning tasdig'i ham yerda qolgan egizakning aytgani ham hammasi to'g'ri va astronavt yoshligicha qolgan bu aslida haqiqatdan shunday edi.

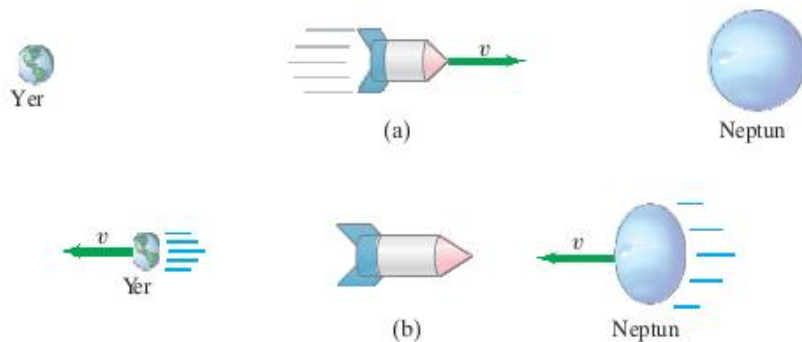
## Uzunlikning qisqarishi

Turli sanoq sistemalarida faqatgina vaqt intervali turlicha bo'lmaydi. Fazoviy oraliqda (uzunlik va masofa) maxsus nisbiylik nazariyasiga muvofiq turli sanoq sistemalari uchun bir xil emas. Hayotiy tajriba yordamida buni namoyish etamiz.

Kuzatuvchi yerdan neptunga kosmik kema bilan  $v$  tezlikda uchib ketayotgan bo'lsin. (7.8 a rasm). Planetalar orasidagi masofa yerdagi kuzatuvchiga nisbatan  $L_0 = a$  ga teng. Bunda sarflangan vaqt Yerdagi kuzatuvchiga nisbatan  $\Delta t = \frac{L_0}{v}$  ga teng bo'ladi. 7.8 b rasmda ko'rinadiki, kosmik kemadagi kuzatuvchiga nisbatan voqea shundayki kosmik kemadagi kuzatuvchiga kosmik kema tinch holatda, lekin Yer va Neptun  $v$  tezlik bilan harakatlanayotganda tuyuladi. Yerdan Neptunga uchib ketayotgan kosmik kemadagi kuzatuvchiga vaqt kam Yerdagi kuzatuvchiga vaqt ko'proq davom etadi. 11.1 formulaga muvofiq kosmik

kemadagi kuzatuvchiga nisbatan vaqt o'zgarishi  $\Delta t = \Delta t_0 \sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}$  ga teng. Kosmik kemadagi kuzatuvchiga nisbatan vaqt oraliq'i kam bo'lsa, u holda masofa ham Yerdan Neptungacha kam bo'lishi kerak. Kosmik kemadagi kuzatuvchiga nisbatan Yerdan Neptungacha masofa  $L=a$  teng bo'lsa  $L=v\Delta t_0$  bo'ladi.

$$\begin{aligned} \Delta t &= \Delta t_0 \sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}} \\ \Delta t &= \frac{L_0}{g} \quad (7.2) \\ L &= g\Delta t_0 \sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}} = L_0 \sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}} \end{aligned}$$

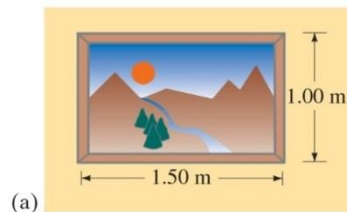


7.8-rasm. a) Yerdagi kuzatuvchiga nisbatan kosmik kema harakati, b) Kosmik kema bortidagi kuzatuvchiga nisbatan nibiy harakat.

Jism chiziqli o'lchami va masofa uchun maxsus nisbiylik nazariyasi umumiy namunasi 7.2 formulani quyidagicha izohlash mumkin: Tinch turgan jism o'lchamidan harakatdagi jism o'lchami qisqa bo'ladi. Bu effekt uzunlikning qisqarishi deb ataladi.  $L_0$  uzunlik xususiy uzunlik deb ataladi. Bu jismga nisbatan tinch turgan kuzatuvchi uchun bajariladi. 7.2 formula kuzatuvchiga nisbatan  $v$  tezlikda harakatlanayotgan jism uchun o'rinli. Eng muhimi uzunlik faqat harakat yo'nalishidagina qisqaradi.

7.2 formuladan ko'rinadiki, jism o'lchamini hisoblash natijasida olamiz. Masalan,  $v=0.85c$  tezlik bilan o'ngga yoki chapga harakatlanayotgan binoni olaylik. Bino ingichka va baland. Bunda binoning yon tomonini ko'rish mumkin. 11.8-x rasm. Binoning yon tomonining ko'rinishi relyativistik effekt natijasida yuzaga kelmaydi. Buni tushunish uchun 11.8-x rasmdan uning yuqori tomonidan kuzatamiz. Kuzatuvchi binoga nisbatan O nuqtada joylashgan bo'lsin. A va B nuqtalardan nur kuzatuvchiga bir vaqtda yetib keladi. Agar bino tinch turgan bo'lsa c nuqtadan chiqqan nur O nuqtaga yetib kelmaydi. Agar bino katta tezlikda harakatlansa ko'rinmay turgan C nuqtadan chiqqan nur O nuqtagacha yetib keladi. O nuqtaga nisbatan joylashgan C nuqtadan chiqqan nur bino katta tezlikda harakatlangani uchun oldingi vaziyatidan O nuqtagacha yetib keladi va A va B nuqtalar kabi ko'rinadi. Bundan ko'rinadiki shar ko'rinishidagi jismlar ham katta tezlikda harakatlanganida o'zini shar ko'rinishini saqlab qoladi, kerak bo'lsa orqa tomonini ham ko'rish mumkin bo'ladi.

**75 masala. Rasmning qisqarishi.** To'rtburchak shaklidagi rasmning bo'yi 1m eni 1.5m. ushbu rasm devorida joylashgan kosmik kema Yerdan  $0.9c$  tezlik bilan uzoqlashmoqda. a) Kosmik kemadagi kuzatuvchiga, b) yerdagi kuzatuvchiga nisbatan kosmik kema o'lchamlari qanday bo'ladi?

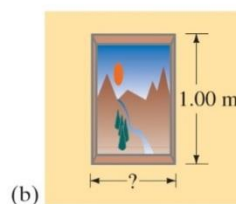


**Yechilishi:**

- a) Kosmik kemadagi kuzatuvchining kosmik kemaga nisbatan tezligi  $v=0$  bo'lgani uchun rasm o'lchamlari o'zgarishsiz qoladi. 79-rasm.

- b) Yerdagi kuzatuvchiga nisbatan rasm bo'yi oz'garmaydi. Rasm eni esa  $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 0.65m$

Demak, rasm o'lchamlari Yerga nisbatan  $1.00 \times 0.65m$  ga teng.



26.9-rasm.

**76 masala. Superpoyezd fantaziyasi.** Juda katta tezlikda harakatlanayotgan uzunligi 500 m bo'lgan poyezd yerdagi kuzatuvchiga nisbatan 200m uzunlikka ega. Poyezd qanday tezlikda harakatlanayotganligini hisoblang.

**Yechilishi:**

73 formulaga muvofiq

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

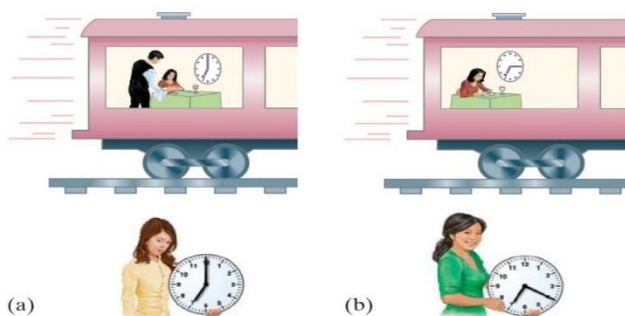
$$200 = 500 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

tenglikdan  $v = 0.92c$  kelib chiqadi.

### To'rt o'lchamli fazo-vaqt

Faraz qilaylik juda katta  $v=0.65c$  tezlikda harakatlanayotgan poyezdda yo'lovchi ketayotgan bo'lsin. Yo'lovchi vagon restorani devorida osilgan soat  $7^{00}$  ni ko'rsatib turgan vaqtda ovqatlanishni boshlab  $7^{15}$  da tugatsin. Poyezddagi bu ikkala hodisa (boshlash va tugallash) bir paytda sodir bo'lgan. Bu ikkala hodisa orasidagi vaqt 15 minutga teng. 7.10-rasm.

Yerdagi kuzatuvchiga nisbatan bu tushlik vaqti 20 minutga teng. (7.1 formula). Faraz qilaylik ofitsiant yo'lovchiga diametri 20sm bo'lgan tarelkada ovqat bergan bo'lsa. Yerdagi kuzatuvchiga nisbatan harakat yo'nalishida tarelkaning o'lchami 15 sm bo'ladi. Shunday qilib yerdagi kuzatuvchiga nisbatan ovqat kam, ovqatlanish vaqti esa ko'p bo'lgan.



7.10-rasm

Bunda mazmunan shundayki, ikkala effekt (uzunlik qisqarishi, vaqtning kamayishi) bir - biriga mutanosib. Yerdagi kuzatuvchiga nisbatan ovqat o'lchami kichraygan, lekin ovqatlanish vaqti ortgan. Fazo yoki uzunlik vaqtini mutanosiblashtirgan.

Analogik jihatdan fahmlasak, to'rt o'lchamli fazo-vaqtni shunday tushunish mumkin: uchta o'lcham fazo to'rtinchi o'lcham vaqtini anglatadi. Fazo va vaqt o'zaro bog'liq. Shunga o'xshash havo sharini bir tomonidan siqsak, ikkinchi tomoni o'lchami ortadi. Jism va hodisaga nazar solinsa, turli sanoq sistemalaridagi fazoda vaqt va fazo bir birini to'ldiradi.

To'rt o'lchamli olam g'alati ko'rinishi mumkin, ya'ni istalgan hodisa to'rtta kattalikni xarakterlaydi, ulardan uchta fazoni, to'rtinchisi vaqtini bildiradi. To'rt o'lchamli fazo – vaqt noodatiy tarkibga ega: fazo va vaqt bir - biri bilan kesishadi, bir sanoq sistemasi dan boshqasiga o'tganda vaqt va fazo o'zaro bir – birini to'ldiradi.

Biz fazo-vaqt g'oyasini anglab olishimiz qiyin. Nisbiylik nazariyasini tushunish va fazo-vaqt tushunchasi turli tushunchalardir. Bizning g'oyaviy tajribalarimizdan ko'rinadiki, fazo va vaqt bir biridan alohida emas. Fazo-vaqt tushunchasini qabul qilish Galiley-Nyuton davridagi jarayonni eslashga chaqiradi. Galileygacha vertikal tik tushayotgan jism ikki gorizontal o'lchamdan hisoblangan. Galiley shuni ko'rsatganki, bu vertikal erkin tushish og'irlik kuchi natijasidir. Nisbiylik nazariyasida shu narsa takidlanadi, vaqt koordinatasidan mustaqil hodisa yoki jism koordinatasini aniqlab bo'ladi.

### Relyativistik impuls

Bu bobda biz asosiy mexanik kattaliklar uzunlik va vaqtini ko'rib o'tdik. Yuqori tezliklar (yorug'lik tezligiga yaqin tezlik) da bu kattaliklarni o'lchash uchun relyativistik formulalarni ishlab chiqish zarur edi. Xuddi shunday impuls va massaning ham relyativistik ifodalarini ko'rib o'tamiz.

Ixtiyoriy ikkita zarrachaning o'zaro ta'siri relyativistik nuqtai nazardan impulsi quyidagicha ifodalanadi:

$$P = \frac{m\mathcal{G}}{\sqrt{1 - \frac{\mathcal{G}^2}{c^2}}} = \gamma m\mathcal{G} \quad (7.4)$$

Bu yerda  $\gamma$  kattalik  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\mathcal{G}^2}{c^2}}}$  ga teng.

**7.8 masala. Elektronning harakat miqdori.** Elektronning harakat miqdorini klassik mexanika va relyativistik nisbiylik prinsipi qonunlari orqali hisoblang va taqqoslang.

Yechilishi:

a)  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} = 1.01$ . Demak, relyativistik harakat miqdori klassik harakat

miqdoridan 1% ga ko'p ekan.  $P_0 = m_0 g = 1.01 m_0 g = 1.01 P_0$

b)  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} = 5$  Demak, bunda relyativistik impuls klassik impulsdan 5 baravar

katta bo'lar ekan.

7.4 formuladan tezlik  $g$  yorug'lik tezligidan ancha kichik bo'lsa, klassik mexanikadagi impuls formulasiga ega bo'lamiz. 7.4 formula elementar zarrachalar uchun tajribada tekshirib ko'rilgan va tasdiqlangan. Bu formuladagi  $m$  massa relyativistik massa deyilib zarracha yoki jism tezligi ortganda ortadi va tezlik ortganda ortadi.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} \quad (11.5)$$

Bu yerda  $m$  – relyativistik massa,  $m_0$  – tinchlikdagi massa. Formuladan ko'rinadiki, jism tezligi ortsa uning

massasi ham ortadi, ammo bu bir qancha noqulayliklar keltirib chiqaradi.  $F = ma, E_k = \frac{m g^2}{2}$  kabi klassik

mexanika qonunlariga to'g'ri kelmaydi. Chunki kichik zarrachalar, molekular yetarlicha katta tezlikda harakatlanadi. Bugungi kunda fiziklar relyativistik massadan emas tinchlikdagi massadan foydalanishni afzal ko'radi, buning boisi impuls faqat tezlikka bog'liq bo'ladi. Shunday qilib jism massasi haqida gapirilganda faqat tinchlikdagi massa qabul qilinadi.

### **Chegaraviy tezlik**

Maxsus nisbiylik nazariyasi qoidalariga asosan jism tezligi yorug'lik tezligiga teng bo'la olmaydi yoki oshib ham ketmaydi. Yorug'lik tezligi tabiiy chegaraviy tezlik bo'lib buni 7.1, 7.2 yoki 7.4 formulalarda ko'rish mumkin. Agar jism tezlanish bilan harakatlansa uning tezligi va impuls ortib boraveradi. Oxir oqibat tezlik yorug'lik tezligiga teng bo'lsa, maxraj nolga teng bo'lib impuls noaniq bo'lib qoladi. Tezlashgan jism tezligi yorug'lik tezligiga teng bo'lsa energiya noaniq bo'ladi, lekin bunday bo'lishi mumkin emas.

### **Bog'lanish energiyasi**

Agar tinchlikdagi massasi  $m_0$  bo'lgan jismga o'zgaras kuch ta'sir qilsa, uning tezligi orta boradi.

Jismga kuch ta'sir etishi natijasida bosib o'tilgan yo'lda ish bajariladi va uning energiyasi ortadi. Jism tezligi cheksiz ortmaydi, eng katta tezlik  $c$  ga teng. Jism ustida ish bajarilishi bilan nafaqat uning tezligi, balki massasi shu bilan birga energiyasi ham ortadi. Energiya va massaning bog'lanish tenglamasini Eynshteyn nisbiylik nazariyasi orqali keltirib chiqaramiz.

Massa va energiya orasidagi bog'lanishni aniqlash uchun maxsus nisbiylik nazariyasida energiyaning saqlanish qonunidan foydalanamiz, jism  $x$  o'qi bo'ylab harakatlanayotgan bo'lsin. Tezligi noldan  $v$  gacha o'zgargan jism ustida bajarilgan ish

$$W = \int_i^f F dx = \int_i^f \frac{dp}{dt} dx = \int_i^f \frac{dp}{dt} g dt = \int_i^f g dp$$

Bu yerda  $i$  – boshlang'ich ( $g = 0$ ) tezlik,  $f$  – oxirgi ( $g = g$ ) tezlik.  $d(pg) = pg + gdp$ . Bundan  $gdp = d(pg) - pg$  kelib chiqadi.



$W = \int_i^f d(p\mathcal{G}) - \int_i^f p d\mathcal{G}$  integralning birinchi hadini hisoblaymiz.

$\int_i^f d(p\mathcal{G}) = p\mathcal{G} \Big|_i^f = m\mathcal{G}^2$ , bu yerda  $m$  massa  $\mathcal{G}$  tezlikning funksiyasi.

$$W = m\mathcal{G}^2 - \int_i^f m\mathcal{G}d\mathcal{G} = m\mathcal{G}^2 - \int_0^{\mathcal{G}} \frac{m_0\mathcal{G}}{\sqrt{1-\frac{\mathcal{G}^2}{c^2}}} d\mathcal{G}$$

$\frac{d}{d\mathcal{G}} \sqrt{1-\frac{\mathcal{G}^2}{c^2}} = -\frac{\mathcal{G}}{c^2} \sqrt{1-\frac{\mathcal{G}^2}{c^2}}$  tenglikdan foydalanib hisoblasak,

$$W = m\mathcal{G}^2 + m_0c^2 \sqrt{1-\frac{\mathcal{G}^2}{c^2}} \Big|_0^{\mathcal{G}} = m\mathcal{G}^2 + m_0c^2 \sqrt{1-\frac{\mathcal{G}^2}{c^2}} - m_0c^2$$

$$W = mc^2 - m_0c^2 \quad (7.6)$$

Energiyaning saqlanish qonuniga binoan kinetik energiya zarrachaning oxirgi holati va boshlang'ich holati energiyalari farqiga teng.

Eynshteyn  $W = mc^2$  formulaga to'liq energiya,  $W = m_0c^2$  formulaga tinchlikdagi energiya deb nom berdi.

7.5 formulani 7.6 formulaga keltirib qo'ysak kinetik energiya va tezlik orasidagi bog'lanish

$$W_k = m_0 \left( \frac{1}{\sqrt{1-\frac{\mathcal{G}^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

ko'rinishda bo'ladi.

$\mathcal{G} \ll c$  holat uchun  $(1+x)^n = 1 + nx + n(n-1)\frac{x^2}{2!} + \dots - 1$  dan

$$W_k \approx m_0c^2 \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{\mathcal{G}^2}{c^2} + \dots - 1 \right) \approx \frac{1}{2} m_0\mathcal{G}^2$$

Bu formula kichik tezliklar uchun o'rinni.

Zarrachaning to'liq energiyasi va impulsi orasidagi bog'lanishni quyidagicha ifodalaymiz:

$$\begin{aligned} W &= mc^2, p = m\mathcal{G}, m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{\mathcal{G}^2}{c^2}}} \\ W^2 &= m^2c^4 = m^2c^2(c^2 + \mathcal{G}^2 - c^2) = \\ &= p^2c^2 + \frac{m_0^2c^4(1-\frac{\mathcal{G}^2}{c^2})}{1-\frac{\mathcal{G}^2}{c^2}} \\ W^2 &= p^2c^2 + m_0^2c^4 \\ W &= \sqrt{p^2c^2 + m_0^2c^4} \end{aligned}$$

**7.9 masala. Pi-mezon kinetik energiyasi.** Massasi  $m = 2.4 \cdot 10^{-28} kg$ , tezligi  $v=0.8c$  bo'lgan Pi-mezonning kinetik energiyasini hisoblang. Klassik mexanika qonunlaridan ham foydalanib ko'ring.

**Yechilishi:**

7.5 formulaga muvofiq,

$$W_k = mc^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} - 1 \right) = 1.4 \cdot 10^{-11} J$$

Klassik formulaga asosan,  $W_k = \frac{1}{2} m g^2 = 6.9 \cdot 10^{-12} J$ , ammo bu javob to'g'ri emas.

**7.10 masala. Yadroning parchalanish energiyasi.** Uran yadrosi ( $m=232.03716$  m.a.b.) ikkita zarra toriy ( $m=228.02874$  m.a.b.) va geliy ( $m=4.002600$  m.a.b.) ga parchalanganda ajralib chiqadigan energiyani hisoblang.

**Yechilishi:**

$$\Delta E = \Delta mc^2 \quad \text{formulaga} \quad \text{muvofiq}$$

$$\Delta E = \Delta mc^2 = 0.00582 m.a.b. c^2 = 8.7 \cdot 10^{-13} J = 5.4 MeV$$

**7.11 masala.** Fermi laboratoriyasida proton tezlashtirilishi natijasida  $W_k = 10^{12} eV$  kinetik energiyaga ega bo'lgan. Bunda proton qanday tezlikkacha tezlashtirilgan.

**Yechilishi:**

Protonning tinchlikdagi energiyasi  $m_0 c^2 = 938 MeV$  kinetik energiyasi  $W_k = 10^{12} eV$ .

7.5 formulaga asosan  $W_k = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}}$ . Hisoblasak  $v=0.99999956 \cdot c$  kelib chiqadi.

Ko'rinib turibdiki, proton taxminan yorug'lik tezligigacha tezlashtirilgan.

### Relyativistik tezliklarni qo'shish

Yerdan  $g$  tezlik bilan raketa uchib ketayotgan bo'lsin. Ikkinchi raketa birinchi raketadan ajralib harakat yo'nalishida  $u'$  tezlik bilan uchib chiqdi. Galiley nisbiylik prinsipiga asosan  $u = g + u'$  formula o'rinli. Bu formuladan foydalanib hisoblansa  $u = 0.6c + 0.6c = 1.2c$  kelib chiqadi. Lekin bu formulaga asosan hisoblash noto'g'ri. Eynshteyn nisbiylik prinsipiga asosan turli inersial sanoq sistemalari uchun tezliklarni qo'shishning relyativistik qonuniga asosan

$$g = \frac{g_1 + g_2}{1 + \frac{g_1 g_2}{c^2}}$$

Agar tezliklar yo'nalishi qarama-qarshi bo'lsa,

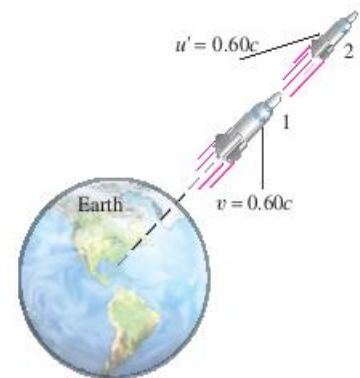
$$g = \frac{g_1 - g_2}{1 - \frac{g_1 g_2}{c^2}}$$

**7.12 masala. Relyativistik tezliklarni qo'shish.** 7.11 rasmdan foydalanib ikkinchi kosmik kemaning yerga nisbatan tezligini hisoblang.

**Yechilishi:**

Ikkinchi kosmik kemaning yerga nisbatan tezligi:

$$g = \frac{g_1 + g_2}{1 + \frac{g_1 g_2}{c^2}} = 0.88c$$



26.11-rasm.

### XULOSA

Inersial sanoq sistemalari-Nyutonning inersiya qonuni bajariladigan sistemalaridir. Bir-biriga nisbatan o'zgarmas tezlikda harakatlanayotgan sanoq sistemalari inersial sanoq sistemalari bo'la oladi. Agar sanoq sistemasi tezlanish bilan harakatlansa, bunday sanoq sistemalari noinersialdir.

Maxsus nisbiylik nazariyasi ikkita postulatga asoslanadi: inersial sanoq sistemalarida barcha fizika qonunlari bir xilda bajariladi; Yorug'likni bo'shliqdagi tezligi manbaning ham kuzatuvchining ham tezligiga bog'liq emas va barcha inersial sanoq sistemalari uchun bir xil.

Nisbiylik nazariyasi ikki hodisa ya'ni bir sanoq sistemasida birvaqtlik bajarilsa, ikkinchi sanoq sistemasida bajarilmaydi. Boshqa effekt bu vaqtning qisqarishi, ya'ni harakatlanayotgan soat sekinlashadi, uzunlik esa tinchlikdagi holatiga nisbatan qisqaradi.

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} = \gamma \Delta t_0 \quad (7.1)$$

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}} = \frac{l_0}{\gamma} \quad (7.3)$$

bu yerda  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}}$ . (7.2)

Nisbiylik nazariyasiga ko'ra fazo, vaqt, impuls, energiya, massa o'zgaradi. Fazo va vaqt shunday tasavvur qilinadiki, uch o'lchamli fazoga to'rtinchi o'lcham vaqt kiritiladi.

Impuls quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$p = \lambda m g = \frac{m g}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} \quad (7.4)$$

Massa va energiya quyidagi munosabat orqali bog'langan

$$E = mc^2 \quad (7.5)$$

Jismning kinetik energiyasi

$$E_k = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} - mc^2 = (\gamma - 1)mc^2 \quad (7.7)$$

To'liq energiya

$$E = E_k + mc^2 = \gamma mc^2 \quad (7.6)$$

Energiya impuls orasidagi bog'lanish

$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4 \quad (7.9)$$

Barcha relyativistik effektlar tezligi yuqori tezliklarda ya'ni yorug'lik tezligiga yaqin tezliklarda bajariladi.

### NAZORAT UCHUN SAVOLLAR:

1. Inersial sanoq sistemasiga doir bir necha misollar keltiring.
2. Harakatlanayotgan temir yo'l platformasi ustida ayol kishi turibdi. U vertikal yuqoriga og'ir to'p uloqtirdi. To'p qaysi nuqtaga kelib tushadi? Otilgan nuqtagami yoki boshqa keyingi nuqtagami? Havoning qarshiligini hisobga olmang.
3. Nisbiylik prinsipiga asosan to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotgan avtomobilda turgan odamga avtomobil tinch, ammo yer harakatlanayotgandek, yerdagi kuzatuvchiga yer tinch, ammo avtomobil harakat qilayotgandek tuyuladi. O'z nuqtai nazarangiz orqali bu hodisani tahlil qiling.
4. Haqiqatda Yer Quyosh atrofini aylanadi, lekin Quyosh Yer atrofini aylanayotgandek tuyuladi. Bu hodisani nisbiylik prinsipi orqali tushuntiring.
5. Tasavvur qiling siz kosmik kemada 0.6c tezlik bilan yulduzdan uzoqlashmoqdasiz. Yulduzning yorug'lik nuri sizni qanday tezlikda quvib o'tayotganligini aniqlang.
6. Ikki hodisa bir joyda kuzatuvchiga nisbatan bir vaqtda yuz beradi. Biri ikkinchisiga nisbatan harakatlanayotgan hodisalar uchun voqea bir vaqtda sodir bo'ladimi?
7. Ikki kuzatuvchi bir joyda harakatlanganda ikkalasi uchun vaqt bir xilda o'tishini tushuntiring.

8. Vaqtning sekinlashuvi effektida harakatlanayotgan soatning sekinlashuvi aytilgan. Haqiqatda, soat mexanizmlari ishlashiga bu effekt ta'sir etadimi?
9. Metro poyezdida qari odamlardan ba'zi gaplar eshitaladi. Kelajakda odamlar shunday poyezdlar quradiki, poyezd tezligi yorug'lik tezligiga yaqin bo'ladi. Bunga sizning fikringiz qanday?
10. Siz Yerdan  $0.5c$  tezlikda uchib ketayotgan bo'ling. Sizning massangiz, hajmingiz, bo'yingiz uzunligi o'zgaradimi?
11. Agar yorug'lik tezligi  $25\text{m/s}$  bo'lsa hayotimizda qanday o'zgarishlar yuz beradi?

## 8-MA'RUZA: MEXANIK TEBRANISHLAR.

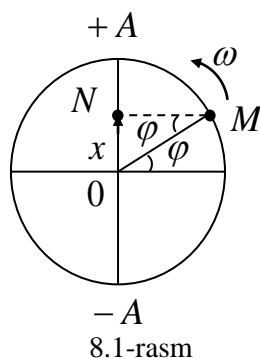
### REJA:

1. Tebranishlar haqida umumiy ma'lumot. Garmonik tebranma harakatlar.
2. Tebranma harakatlarning energiyasi va xususiy chastotasi.
3. So'nuvchi va majburiy tebranishlar. Rezonans.

### TAYANCH SO'ZLAR:

Tebiranishlar va to'lqinlar. Tebiranishlar haqida umumiy ma'lumotlar. Garmonik tebiranishlar va tebranma xarakat tenglamasi. Tebranma xarakat qilayotgan jismning energiyasi

Agar sistema o'z muvozanat holatidan chetlanib yana shu holatiga qaytib kelsa, va harakat har doim qaytalanib turaversa, bunday harakatga tebranma harakat deyiladi. Agar qaytib kelish jarayoni bir xil vaqt oralig'ida yuz berib tursa, bunday tebranishga davriy tebranish deb ataladi. Tebranma harakat tabiatda juda ko'p tarqalgan va har xil buladi, lekin uning eng oddiysi - garmonik tebranishdir. Faraz qilaylik  $M$  material nuqta soat strelkasiga qarshi  $A$  radiusli aylanada  $\omega$  burchak tezligi bilan aylanayapti.



$M$  ning vertikal o'qqa proektsiyasi  $N$  bo'lsa, u holda  $N$   $O$  markaz atrofida tebranib turadi. Agar  $ON$  siljishni  $x$  deb belgilansa, u holda  $x = A \sin \varphi$  deb yozishimiz mumkin.  $\varphi = \omega t$  bulganligi uchun  $x = A \sin \omega t$  buladi.

Bundan tashqari  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$  bo'lganligi uchun yuqoridagi ifodani quyidagicha yozish mumkin.

$$x = A \sin \frac{2\pi}{T} t$$

yoki

$$x = A \sin 2\pi\nu t \tag{8.1}$$

$A$  - amplituda,  $\nu$  - chastota.

Bular garmonik tebranishlarning tenglamalaridir. Demak sinus yoki cosinus qonuniyatlarini bilan yuz beradigan tebranishlarni garmonik tebranishlar deb atash mumkin. Bunda  $\varphi = \omega t$  -faza deb ataladi va u siljishning istalgan paytdagi qiymatini aniqlaydi. Boshqacha aytganda, faza tebranayotgan sistemaning holatini belgilaydi.

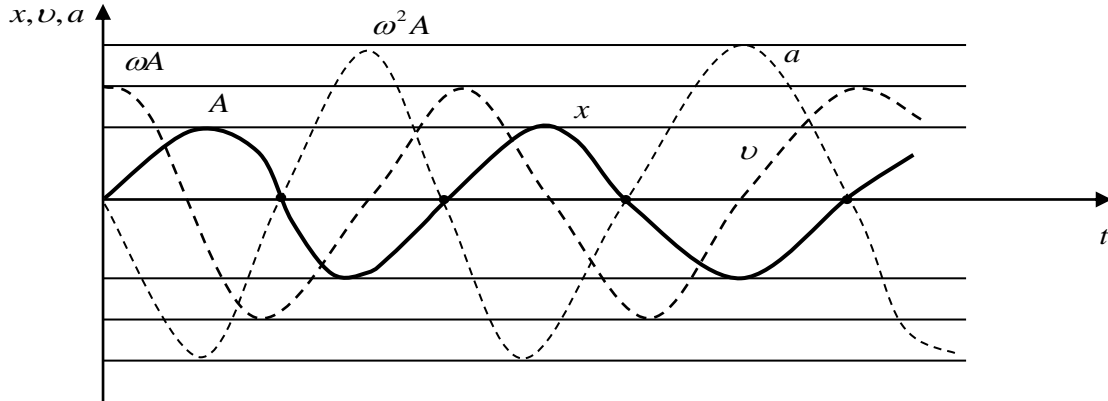
$N$  nuqtaning tebranish tezligi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$v = \frac{dx}{dt} = \omega A \cos \omega t = \omega A \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) \tag{8.2}$$

Demak  $v$  vaqtga bog'liq, boshqacha aytganda, bunday tebranish tezlanishga ega:

$$a = \frac{dv}{dt} = -\omega^2 A \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \omega^2 A \sin(\omega t + \pi) = -\omega^2 A \sin \omega t = -\omega^2 x \quad (8.3)$$

Demak, tebranishlarning fzalari farqi harxil: tezlikning tebranishi siljishga qaraganda  $\frac{\pi}{2}$  ga ilgari lab ketadi, tezlanish esa teskari fazada yuz beradi:



8.2 – rasm

Yuqorida ko‘rdikky, tebranishlarning tezlanishi vaqtga bog‘liq ekan, demak, tebranishni yuzaga keltirayotgan  $F$  kuch ham vaqtga bog‘liq:

$$F = ma = -m\omega^2 x = -kx \quad (8.4)$$

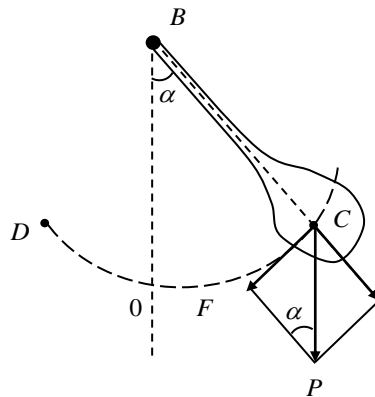
bu yerda  $k = m\omega^2$ . Demak,  $F$  siljishga qarama-qarshi yo‘nalgan. Demak garmonik tebranishlar siljishga proporsional, lekin unga qarama-qarshi yo‘nalgan kuchlarni yuzaga keltirar ekan. Bu kuch  $M$  nuqtani har doim muvozanat holatiga tortadi. Elastik kuchlar ham shunday yo‘nalgan bo‘lganligi uchun bunday kuchlarni kvazielastik kuchlar deb atash mumkin. Agar nuqtaning massasi  $m$  va  $k$  ma‘lum bo‘lsa:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (8.5)$$

va

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (8.6)$$

Fizikaviy mayatnik.



8.3 – rasm

Tortish kuchi ta‘sirida tebranayotgan qattiq jismga fizikaviy mayatnik deb ataladi.  $P$  ta‘sirida mayatnikning og‘irlik markazi  $CD$  yoyni chizadi. Mayatnik o‘ngga siljisa  $\alpha$  ni musbat, chapga siljisa  $\alpha$  ni manfiy deb hisoblaymiz. Shunda kvazielastik (orqaga qaytaruvchi) kuch teng:

$$F = -P \sin \alpha = -mg \sin \alpha \quad (8.7)$$

Agar  $\alpha$  kichik bo‘lsa,  $\sin \alpha \approx \alpha$  bo‘ladi va  $F = -mg \alpha = -mg \frac{x}{\ell}$ ,  $x = OC$ ,  $\ell = BC$  -mayatnik uzunligi.

Demak, fizik mayatnikni orqaga qaytaruvchi kuch ham kvazielastik kuch ekan. Shuning uchun ham tebranish garmonik bo'ladi. Aylanish dinamikasining asosiy qonuniga binoan:

$$M = F\ell = J\varepsilon$$

$J$  - mayatnikning osilgan nuqtasiga nisbatan inertsiya moment;  $\varepsilon$  - burchak tezlanish. Shunda:

$$F = \frac{J\varepsilon}{\ell} \quad (8.8)$$

Lekin,  $\varepsilon = \frac{a}{\ell}$  bo'lgani uchun.

$$F = \frac{Ja}{\ell^2} = -\frac{J}{\ell^2} \omega^2 x \quad (8.9)$$

Demak, ikkala formulani solishtirib quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$\left(-mg \frac{x}{\ell} = -\frac{J\omega^2 x}{\ell^2}\right) \quad mgl = J\omega^2 \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{mgl}{J}}, \quad (8.10)$$

va

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}}; \quad (8.11)$$

Agar fizik mayatnikni massasining asosiy qismi og'irlik markazida bo'lsa, uni matematik mayatnik deb qarash mumkin. Uning inertsiya momenti quyidagiga teng:

$$J = m\ell^2 \quad (8.12)$$

Shunda matematik mayatnikning davri  $T = \sqrt{\frac{m\ell^2}{mgl}} = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$ ; bu formula kichik bo'lganda o'rinlidir. Tebranishda matematik mayatnikning kinetik va potentsial energiyalari davriy ravishda bir-biriga aylanib turadi. Ularning yig'indisi to'la energiyani beradi:

$$W = W_k + W_p \quad (8.13)$$

$$W_k = \frac{m\nu^2}{2} = \frac{m}{2} \omega^2 A^2 \sin^2\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \frac{m}{2} \omega^2 A^2 \cos^2 \omega t$$

$$W_p = \frac{kx^2}{2} = \frac{k}{2} A^2 \sin^2 \omega t, \text{ lekin } k = m\omega^2 \text{ bo'lgani uchun } W_p = \frac{m}{2} \omega^2 A^2 \sin^2 \omega t$$

$$W = \frac{m\omega^2 A^2}{2} (\cos^2 \omega t + \sin^2 \omega t) = \frac{m\omega^2}{2} A^2 \quad (8.14)$$

Demak,  $W = const$  va  $\sim A^2$

## 9-MA'RUZA: MEXANIK TO'LQINLAR.

### REJA:

1. To'lqin turlari. To'lqin jarayonlari.
2. To'lqin tenglamasi. To'lqin interferensiyasi.
3. Turgun to'lqinlar. To'lqin tezligi.
4. Tovush to'lqinarining tarqalishi. Ultra tovushlar.

### TAYANCH SO'ZLAR:

To'lqin turlari, to'lqin jarayonlari, to'lqin tenglamasi, to'lqin interferensiyasi, turgun to'lqinlar, to'lqin tezligi, tovush to'lqinarining tarqalishi, ultra tovushlar.



Agar biror elastik muhitga tebranayotgan jism joylashtirilsa, u bilan qo'shni zarrachalar ham tebranma harakat qila boshlaydi. Bu zarralarning harakati ulardan keyin joylashgan zarrachalarni tebrata boshlaydi va hokazo. Biroz vaqtdan so'ng butun elastik muhit tebranma harakatga keladi. Demak, zarracha asosiy tebranayotgan jismdan qanchalik uzoq joylashsa, uning tebranishi shunchalik kech boshlanadi, boshkacha aytganda, zarrachalar har xil fazada tebranadilar. Tebranma harakatni muhida tarqalishiga **to'liq** deb ataladi. To'liq jarayoniga misol sifatida suv yuziga tushgan toshdan tarqaladigan to'liqlarni olish mumkin. To'liqning tarqalish yo'nalishiga nur deyiladi. Agar muhit zarralari nurga perpendikulyar ravishda tebransa, bunday to'liqga ko'ndalang to'liq deyiladi, agar zarralar nurga parallel ravishda tebransa, bunday to'liqlarga bo'ylama to'liqlar deyiladi. Ko'ndalang to'liqga misol sifatida suv yuzidagi to'liqni, bo'ylama to'liqga misol sifatida tovush to'liqlarini keltirish mumkin.

Mexanik to'liqlarning muhitda tarqalish tezligi shu muhitning elastik xossalariga va zichligiga bog'liq:

$$v = \sqrt{\frac{\chi}{\rho}} \quad (9.1)$$

Bu formulada  $\chi$  - muhitning elastik xossasi bilan bog'liq koeffitsient.  $\rho$  - muhitning zichligi. Xususiyl holda, qattiq jismdagi bo'ylama to'liqlar uchun  $\chi \approx E$ ; ko'ndalang to'liqlar uchun  $\chi \approx 0,4E$  (E - Yung moduli).

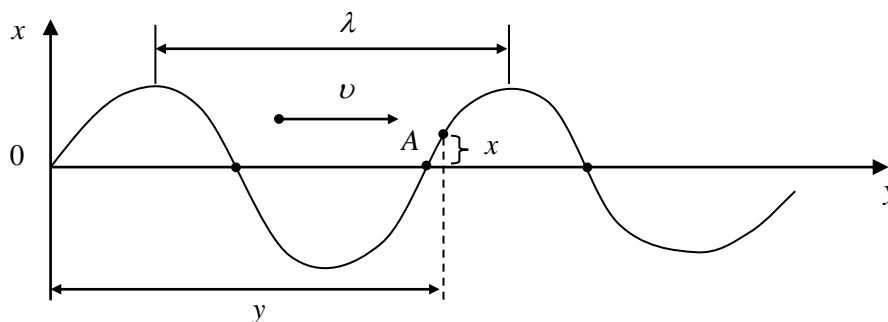
To'liq jarayonida qatnashayotgan zarrachalarning siljishi  $x$  va bu zarralarning tebranishlar manbai joylashgan O nuqtagacha bo'lgan masofa  $y$  o'rtasidagi munosabatni istalgan vaqt uchun qanday bo'lishini aniqlaymiz.

Aniqlik uchun ko'ndalang to'liq uchun fikr yuritamiz. Faraz qilaylik, manbaning tebranishlari garmonik bo'lsin:

$$x = A \sin \omega t \quad (9.2)$$

bu erda  $A$  - tebranish amplitudasi,  $\omega$  - burchak chastota. Manbada tebranishlar boshlangandan so'ng muhitning boshqa nuqtalari ham xuddi shunday amplituda va chastota bilan tebrana boshlaydilar, faqat biroz vaqt kechikib. Natijada 9.1-rasmda ko'rsatilgan sinusoidal to'liq paydo bo'ladi.

Bu to'liq grafigi tebranishlar tenglamasi (9.2) ni eslatadi, lekin ularning farqi bor. Tebranishlar tenglamasi berilgan zarraning istalgan  $t$  vaqtdagi siljishini belgilaydi. To'liq grafigi esa berilgan  $t$  vaqt uchun istalgan (hamma) zarrachalarning  $x$  siljishi manbagacha bo'lgan  $y$  masofaga qanday bog'liq ekanligini bildiradi.



9.1 - rasm

Tebranishlar manbasi joylashgan O nuqtadan  $y$  masofadagi uzoqlikda joylashgan  $A$  nuqtaning tebranishini ko'rib chiqaylik. Agar O zarracha  $t$  sek avval tebranishni boshlagan bo'lsa, u holda  $A$  zarracha  $(t - \tau)$  sek tebranayotgan bo'ladi, bu yerda  $\tau$  - tebranishlarning O nuqtadan  $A$  nuqtagacha tarqalish vaqti, boshqacha aytganda  $\tau = \frac{y}{v}$ . U holda  $A$  zarrachaning tebranish tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$x = A \sin \omega \left( t - \frac{y}{v} \right) \quad (9.3)$$

(9.3) munosabat to'liqning istalgan nuqtasining istalgan vaqtdagi siljishini aniqlashga imkon beradi va u to'liq tenglamasi deb ataladi. Bu erda sinusning argumenti  $t - \frac{y}{v}$  to'liqning fazasi deb ataladi.  $\lambda$  bir xil

fazada tebranadigan bir - biriga eng yaqin ikki qo'shni do'nglik orasidagi masofani (9.1-rasm) bildiradi va to'lqin uzunligi deb ataladi.

To'lqin uzunligi  $\lambda = \nu T = \frac{\nu}{\nu}$  bo'lganligi uchun (bu erda  $\nu$  - chiziqli chastota,  $T$  - tebranish davri)

(9.3) tenglamaga  $\nu = \frac{\lambda}{T}$  ni qo'ysak va  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$  ekanligini olsak, to'lqin tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi: hisobga

$$x = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{y}{\lambda} \right) = A \sin 2\pi \left( \nu t - \frac{y}{\lambda} \right) = A \sin \left( \omega t - 2\pi \frac{y}{\lambda} \right) = A \sin(\omega t - ky) \quad (9.4)$$

Bu yerda  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  to'lqin soni deb ataladi va u  $2\pi$  masofada nechta to'lqin uzunligi joylashganini bildiradi.

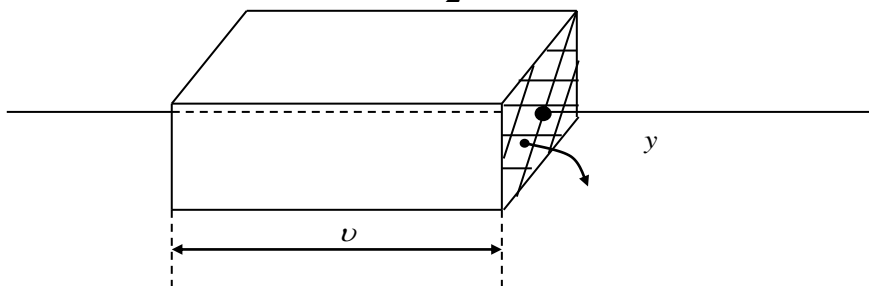
To'lqin tarqaganda zarrachalar tebranganligi uchun to'lqinning energiyasi bo'ladi va u to'lqin bilan birga tarqaladi. Yuza birligidan vaqt birligida o'tadigan energiya miqdori to'lqinning intensivligi (yoki energiya oqimining zichligi) deb ataladi. Uni  $I$  bilan belgilaymiz. Muhitning  $1 \text{ m}^3$  hajmda har birining massasi  $m$  bo'lgan  $n_0$  ta zarracha bor deylik (9.2-rasm). Har bir zarracha garmonik tebranishning to'la

energiyasi bo'lganligi uchun  $W = A^2 \frac{m\nu^2}{2}$  birlik hajmdagi zarrachalarning to'la tebranish energiyasi quyidagiga teng bo'ladi.:

$$E = n_0 \cdot W = n_0 \frac{m\omega^2}{2} A^2 = \frac{\rho\omega^2 A^2}{2} \quad (9.5)$$

Bu yerda  $\rho = mn_0$  - muhitning zichligi,  $\omega$  - burchak chastota,  $A$  - to'lqin amplitudasi.  $1 \text{ m}^2$  yuzadan 1 sekund ichida o'tayotgan energiya yuzasi  $1 \text{ m}^2$  va uzunligi  $\nu$  ga teng to'g'ri burchakli parallelepiped ichida joylashgan bo'ladi va to'lqinning intensivligi  $I$  ga teng:

$$I = E \cdot \nu = \frac{1}{2} \rho \nu \omega^2 A^2 \quad (9.6)$$



9.2 - rasm

Demak, to'lqinning intensivligi muhitning zichligiga, uning tezligiga, chastota kvadratiga va amplituda kvadratiga proporsional ekan.

**Fazaviy va guruhli tezlik.** Sinusoidal (garmonik) to'lqinning tarqalish tezligi  $\nu$  fazaviy tezlik deb ataladi. Faza  $\Phi = \omega t - ky$  bo'lganligi uchun, fazasi  $\Phi = \text{const}$  bulgan ma'lum siljishning koordinata bo'ylab vaqt bo'yicha tarqalish tezligini topamiz:  $\Phi = 0$  bulganligi uchun,  $\Phi = \omega - ky = \omega - k\nu = 0$  buladi, bundan fazaviy  $\nu$  tezlik barobar:

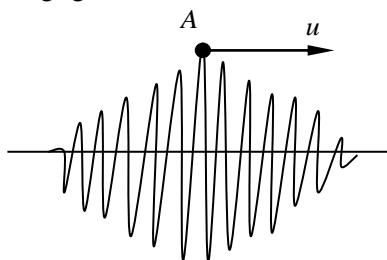
$$\nu = \frac{\omega}{k} \quad (9.7)$$

Agar to'lqin sinusoidal bo'lmasa, u chastotalari  $\Delta\omega$  intervalda yotgan birqancha sinusoidal to'lqinlarning yig'indisidan (superpozitsiyasidan) iborat bo'lsa, u holda bu to'lqin sug (paket) ko'rinishida bo'ladi (9.3-rasmga qarang).

Bunday to'lqin uchun fazaviy tezlikdan tashkari yana boshqa, gruppali tezlik tushunchasi ham kiritiladi. Gruppali tezlik sug yordamida fazoda energiyaning tarqalish tezligini bildiradi. Bu tezlik sug amplitudasini fazodagi tezligini anglatadi va u quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$U = \frac{\Delta\omega}{\Delta k} \quad (9.8)$$

Bu erda  $\Delta k$  -to'liqin sonlarining kengligi.



9.3 – rasm

## 10-MA'RUZA: SUYUQLIKLAR VA GAZLARNING UMUMIY XOSSALARI.

### REJA:

1. Suyuqlik va gazlarda bosim. Atmosfera bosimi.
2. Suyuqlik bosimining oqim tezligiga bog'liqligi.
3. Suyuqlikning uzluksizlik tenglamasi.
4. Bernulli tenglamasi.

### TAYANCH SO'ZLAR:

Bosim, atmosfera bosimi, Arximed qonuni, uzluksizlik tenglamasi, Bernulli tenglamasi.

Suyuqliklar va gazlarda bosim

Bosim va kuch o'zaro bog'liq kattaliklar. Bosim–bu birlik yuzaga ta'sir (perpendikulyar) etayotgan kuch. Bu yerda  $F$ –birlik  $A$  yuzaga perpendikulyar ta'sir etayotgan kuch:

$$\text{Bosim} = P = \frac{F}{A} \quad (10.2)$$

Bosim skalyar kattalik, u faqat son qiymatiga ega. XBS da bosim  $N/m^2$  da o'lchanadi. Bu o'lchov birlik Blez

$1 Pa = \frac{N}{m^2}$ . Ayrim hollarda bosim  $dyn/cm^2$  va  $kgf/d$  larda o'lchanadi. Paskal sharafiga Paskal deyiladi;

Bosimning boshqa o'lchov birliklarini keyingi bo'limlarda ko'rib chiqamiz.

10.2-masala. Bosimni hisoblash. Massasi 60 kg bo'lgan odamning ikkala oyoq kiyimining yerga ta'sir yuzasi 500  $sm^2$ . (a) Odam ikkala oyog'i bilan; (b) odam bir oyog'i bilan yerga beradigan bosimlarini aniqlang.

Yondashuv: Odam tinch turibdi deb qaraymiz. Odamning yerga ko'rsatadigan ta'siri  $mg$ . Agar  $1 sm^2 = (10.2 m)^2$  bo'lsa,  $500 sm^2 = 0,050 m^2$  bo'ladi.

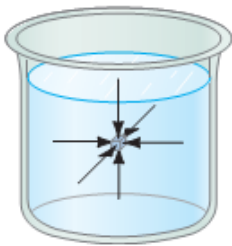
Yechimi: (a) Odamning ikkala oyog'i bilan Yerga beradigan bosimi:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{(60kg)(9,8 m/s^2)}{(0,050 m^2)} = 12 \times 10^3 N/m^2$$

(b) Agar odam bir oyog'ida tursa, uning og'irligi o'zgarmaydi, lekin ta'sir yuzasi ikki baravar kamayadi:

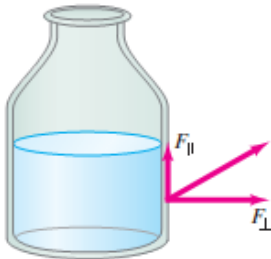
$$P = 24 \times 10^3 N/m^2.$$

Bosimni o'rganish suyuqliklarda boshqa jismlardagiga qaraganda qulayroq, chunki suyuqliklarda bosim hamma tarafga uzatiladi. Suvga tushgan suzuvchi yoki g'ovvosga suv hamma taradan bir xil bosim beradi. Masalan, 10.1–rasmda ko'rsatilgandek, suv to'ldirilgan idish ichida kub shaklidagi juda ham kichik jismni ajratib olamiz. Jism kichik bo'lgani uchun unga og'irlik kuchi ta'sir qilmaydi deb hisoblaymiz. Kubning bir tomoniga berilgan bosim qarama-qarshi tomoniga berilgan bosimga teng bo'lishi kerak. Agar bunday bo'lmaganida kubga ta'sir etayotgan natijaviy kuch nolga teng bo'lmasdi va kub toki kuch nolga teng bo'lmaguncha bir tomonga qarab harakatlanar edi. Lekin rasmda ko'rinib turganidek, kub tinch holatda turibdi, demak kubga hamma tomondan berilayotgan bosimlar teng (10.1–rasm).



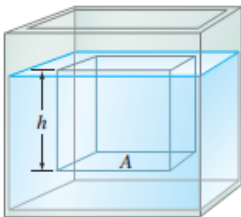
10.1–rasm. Kubga ta'sir qilayotgan bosim hamma yo'nalish bo'yicha bir xil bo'lgani uchun suyuqlik harakatsiz holatda.

Tinch holatdagi suyuqlikning yana bir xususiyatidan biri, bosim kuchining sirtga perpendikulyar holda ta'sir etishidir. Agar kuch sirtga parallel bo'lgan ta'sir etuvchiga ega bo'lganida, Nyutonning uchinchi qonuniga ko'ra, sirtning reaksiya kuchi ham parallel tashkil etuvchiga ega bo'lar edi. Bu kuch suyuqlikni harakatga keltirar edi, bu esa bizning hozirgi fikrimizga, ya'ni suyuqlikning harakatsizligiga zid keladi (10.2–rasm).



10.2–rasm. Qattiq jism sirtiga harakatlanayotgan suyuqlik tomonidan ta'sir qilayotgan kuch sirtga perpendikulyar va  $F_{II} = 0$ .

Suyuqlikning zichligini o'zgarimas deb hisoblab, balandlik (chuqurlik) o'zgarishi bilan bosimning o'zgarishini aniqlaymiz. Suyuqlik sirtidan h chuqurlikda joylashgan nuqtaning bosimini hisoblaymiz (10.3–rasm). Bu chuqurlikdagi bosim tanlab olingan jismning og'irligi bilan bog'liq.



10.3–rasm. Biror chuqurlikdagi bosimni hisoblash uchun.

Shunday qilib, birlik A yuzaga ta'sir qilayotgan kuch  $F = mg = (\rho V)g = \rho Ahg$ , bu yerda Ah–jismning hajmi,  $\rho$ –suyuqlikning zichligi, g–erkin tushish tezlanishi. Bu ifodalardan foydalanib, bosim:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\rho Ahg}{A}$$

$$P = \rho gh \quad (\text{suyuqlik va gazlar uchun}) \quad (10.3a)$$

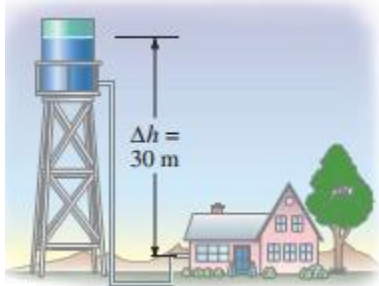
E'tibor bergan bo'lsangiz, jismning yuzasi bu chuqurlikda bosim o'zgarishiga bog'liq bo'lmaydi. Bosim suyuqlik zichligiga va chuqurlik balandligiga bog'liq bo'ladi. Bir jinsli suyuqlikda bir xil balandlikda (chuqurlikda) bosim bir xil bo'ladi.

10.3-masala. Krandagi bosim. Suv to'ldirilgan minoradagi suvning sathi oshxonadagi krandan 30 m balandlikda joylashgan. Krandagi bosimni aniqlang.

Yondashuv: Suv deyarli siqilmaydi va minoradan kelayotgan suvning trayektoriyasini hisobga olmaymiz. Yechimi: Atmosfera bosimi minoradagi suvning sirtiga va krandagi suvga ham ta'sir qiladi. Krandagi va minoradagi bosimning farqi

$$\Delta P = \rho g \Delta h = (1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(30 \text{ m}) = 2.9 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Eslatma: h balandlik ayrim hollarda napor deyiladi. Bizning masalada suvning napori 30 m ga teng.



10.4–rasm. Krandagi bosim. 10.3-masalaga rasm.

#### 10.4. Atmosfera bosimi va monometrik bosim

Yer yuzining turli joylarida atmosfera bosimi turlicha bo'ladi. Bunga sabab yer atmosferasi juda ham murakkab va zichlikning o'zgarishidir.

Oldingi mavzularda ko'rganimizdek, balandlik o'zgarishi bilan bosim ham o'zgaradi. Bir balandlikning o'zida ham ob-havoning o'zgarishi tufayli bosim ham o'zgarishi mumkin. Dengiz sathi bo'yicha qaralganda

atmosfera bosimi o'rtacha  $1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  ga teng. Bosimning bu qiymati atmosfera (atm) deyiladi:

$$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 101.3 \text{ kPa}$$

Meteorologiyada bosimning boshqa o'lchov birligi bar ko'proq ishlatiladi:

$$1 \text{ bar} = 1.000 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

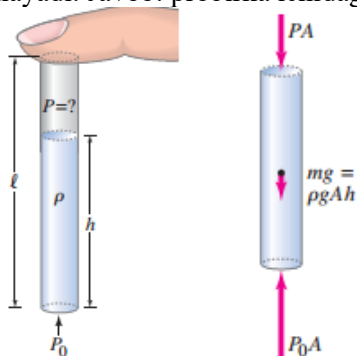
Shunday qilib, atmosfera bosimi 1 bar dan ozgina ko'proq.

Yer atmosferasining bosimini yer yuzidagi barcha jismlar va odamlar his etishadi. Qanday qilib odam organizmi bunday bosimga bardosh beradi? Javob juda oddiy: tashqi bosim inson tanasining ichki bosimi bilan kompensatsiyalanadi. Xuddi shunday havo sharining ichidagi bosim tashqi bosimga teng bo'ladi.

Avtomobil shinasidagi bosim shinaning qattiqligi tufayli tashqi atmosfera bosimidan katta bo'ladi.

10.4-masala. Barmoq bilan suvni ushlab turish. Stakandagi suvga uzun probirka tushiramiz. Probirkaning yuqori qismida ozgina havo qolganida probirkaning yuqori qismini barmoq bilan yopamiz va uni suvdan ko'taramiz. Shundan so'ng probirkaning ichida suv saqlanib qolganini ko'ramiz. Agar barmoq bilan suv sirti orasidagi havo qatlami bosimga ega bo'lsa, bu bosimni tashqi atmosfera bosimi bilan taqqoslang (10.5-rasm).

Yechimi: Probirkadagi suvga ta'sir qilayotgan kuchlar: probirka tashqarisidagi va yuqoriga yo'nalgan atmosfera bosimi; probirkaning pastki qismidagi va pastga yo'nalgan og'irlik kuchi; probirka ichidagi va pastga yo'nalgan havo qatlamining bosimi. Suv muvozanat holatida bo'lgani uchun atmosfera bosimi havo qatlami bosimi bilan og'irlik kuchining yig'indisiga teng bo'ladi. Havo qatlamining bosimi tashqi atmosfera bosimidan kichik bo'lishi uchun yuqoriga yo'nalgan bo'lishi kerak. Buning uchun probirkaning ichidagi havo qatlami suv qatlamidan katta bo'lishi kerak. Shunda havo qatlamining hajmi ortadi, zichligi va bosimi kamayadi. Javob: probirka ichidagi havo qatlamining bosimi tashqi atmosfera bosimidan kichik bo'ladi.



10.5-rasm. Barmoq bilan suvni ushlab turish. 10.4-masalaga rasm.

#### Monometrik bosim

Avtomobil shinalaridagi yoki gaz balonlaridagi bosimni o'lchaydigan asboblari (monometrlar) aslida o'lchanayotgan bosim bilan atmosfera bosimi orasidagi farqni ko'rsatadi. Bu kattalik monometrik bosim deb ataladi. Shuning uchun bosimning absolyut qiymatini R aniqlash uchun monometrik bosimni  $R_m$  atmosfera bosimiga  $R_a$  qo'shish kerak:

$$P = P_a + P_m$$

Agar, masalan, avtomobil shinasidagi bosimni monometr 220 kPa deb ko'rsatsa, bosimning absolyut qiymati  $220 \text{ kPa} + 100 \text{ kPa} = 320 \text{ kPa}$  yoki 3,2 atm (2,2 atm monometrik bosim) ga teng bo'ladi.

#### 10.5. Paskal qonuni

Yerning atmosferasi yer yuzidagi barcha jismlarga, shu jumladan gazlar va suyuqliklarga ham ta'sir qiladi. Suyuqlikka (yoki gazga) ta'sir qilayotgan atmosfera bosimi uning butun hajmiga beriladi. Masalan, (10.3a) ifodaga ko'ra ko'lda 100 m chuqurlikdagi suvning bosimi:

$$\Delta P = \rho g \Delta h = (1000 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(100 \text{ m}) = 9.8 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

yoki 9,7 atm ga teng bo‘ladi. SHu chuqurlikdagi to‘la bosim, agar ko‘lning sirti dengiz satxi bilan bir xil bo‘lsa 9,7 atm+1,0 atm=10,7 atm ga teng bo‘ladi. Bu qonun Fransuz fizigi Blez Paskal sharafiga Paskal qonuni deyiladi (1623–1662). Paskal qonuni: Chegaralangan hajmdagi suyuqlik yoki gazga berilgan bosim, suyuqlik yoki gazning barcha nuqtalariga o‘zgarishsiz uzatiladi.

Bir qancha mexanizmlar Paskal qonuniga asoslanib ishlaydi. Masalan, gidravlik ko‘tarish moslamasi (10.6a–rasm). Bu qurilmada kam kuch sarflab, bu kuchning ta‘sirini yetarli darajada oshirish mumkin. Chunki kuch qo‘yilgan porshenning yuzasi chiqishdagi porshenning yuzasidan ancha kichik. Agar kirishdagi parametr indeksini in, chiqishdagi out deb belgilasak, paskal qonuniga asosan:

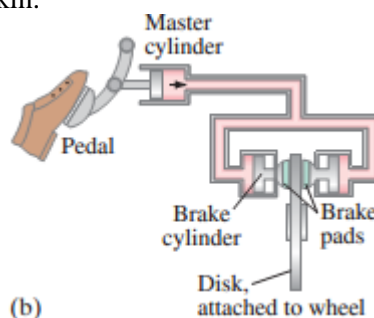
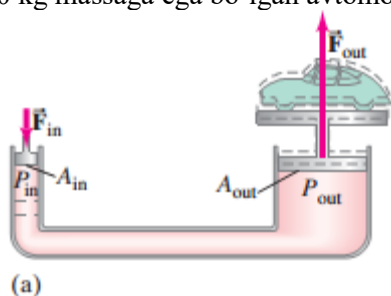
$$P_{out} = P_{in}$$

$$P = F / A \text{ ekanligini hisobga olsak}$$

$$\frac{F_{out}}{A_{out}} = \frac{F_{in}}{A_{in}} \quad \text{yoki} \quad \frac{F_{out}}{F_{in}} = \frac{A_{out}}{A_{in}}$$

$$\frac{F_{out}}{F_{in}} =$$

kattalik porshen yuzalarining nisbatiga teng. Agar, masalan, chiqish silindrning porsheni kirish silindrining porgenidan 20 marta katta bo‘lsa, kuchdan 20 marta yutiladi; bir porshenga 200 kg yuk qo‘yib, 4000 kg massaga ega bo‘lgan avtomobilni ko‘tarish mumkin.



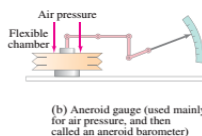
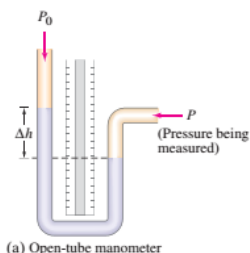
10.6–rasm. Paskal qonunining qo‘llanilishi: a) avtomobilning gidravlik tormozi; b) gidravlik ko‘tarish moslamasi

10.6b–rasmda avtomobilning gidravlik tormozi tasvirlangan. Haydovchi tormozni bosganida bosh silindrdagi bosim ortadi. Bu esa barcha silindrdagi bosimlarning ortishiga olib keladi va tormoz kolodkalari avtomobilning diskini siqadi.

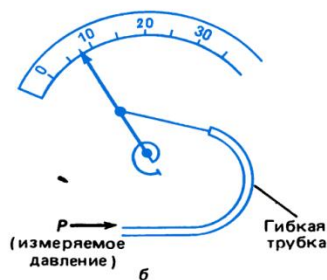
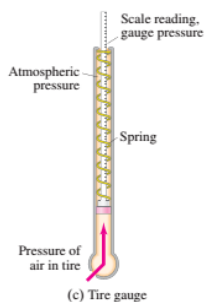
### 10.6. Bosimni o‘lchash va barometr

Bosimni o‘lchash uchun ko‘pgina o‘lchov asboblari ixtiro qilingan, ularning bir necha xillari 12-6-rasmda keltirilgan. Ulardan eng soddasi ochiq monometr hisoblanadi (12-6a-rasm). U-shakildagi tutash idish qisman suyuqlik (N<sub>2</sub>O- suv yoki Hg-simob) bilan to‘ldiriladi. O‘lchanadigan bosim trubka naylaridagi suyuqlik sathi farqi bilan aniqlanadi.

$$P = P_0 + \rho g \Delta h,$$







12-6-rasm: a) ochiq manometer; b) aneroid barometr, c)

Bu yerda  $R_0$ –atmosfera bosimi,  $\rho$ –suyuqlik zichligi. Shunga etibor beramizki  $\rho g \Delta h$ – kattalik o‘zida qo‘shimcha bosimga ega bo‘ladi, ya’ni o‘lchanayotgan bosim  $R$ –atmosfera bosimidan yuqori bo‘ladi. Agar nayning chap tarafidagi suyuqlik sathi, o‘ng tamonidagi suyuqlikning ustunidan past bo‘lsa,  $R$ –atmosfera bosimidan kichik bo‘ladi,  $h$ –kattalik manfiy qiymatga ega bo‘ladi.  $\rho g \Delta h$ –kattalik hosilasini hisoblash uchun bazan uning o‘rniga  $h$ –balandlik olinadi. Bu hollarda bosim millimetr simob ustuni (mm.sm.ust) yoki millimetr suv sathi (mm.suv.sat) da o‘lchanadi.

1 mm.sm.ust. 133 N/m<sup>2</sup> bosimga ekvivalentdir. Shuning uchun

$$\rho g \Delta h = (13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)(1.00 \times 10^{-3} \text{ m}) = 1.33 \times 10^2 \text{ N/m}^2$$

Evandjelist Torichelli (1608-1647) sharafiga u ixtiro qilgan mm.sm.ust. borometr (pastga qaraymiz), telliorichelli nomini olgan.

12-2-jadvalda bosimning turli xil birliklari uchun tarjima qiymatlari keltirilgan.

12-2-jadval.

1Pa=1N/m <sup>2</sup> BIRLIKDA	1 ATMOSFERA UCHUN
1Atm=1,013 .10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup>	1 atm=1,013 .10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup>
=1,013 .10 <sup>5</sup> Pa	=1,013 bar
=101,3 kPa	=1,013 .10 <sup>6</sup> din/sm <sup>2</sup>
1 bar=1,000 .10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup>	=1,03 kgk/sm <sup>2</sup>
1 din/sm <sup>2</sup> =0,1 N/m <sup>2</sup>	=76 sm.sm.ust
1 kgk/sm <sup>2</sup> =9,85 .10 <sup>4</sup> N/m <sup>2</sup>	=760 mm.sm.ust.
1 sm.sm.ust=1,33 .10 <sup>3</sup> N/m <sup>2</sup>	=760 torr
1 mm.sm.ust=133 N/m <sup>2</sup>	=1,03 .10 <sup>4</sup> mm.suv
1 torr=133 N/m <sup>2</sup>	40C
1 mm.suv.ust=9,81 N/m <sup>2</sup>	

Alohida qayd qilish kerakki barcha qiymatlar xalqaro birliklar simtemasida (XBS) berilgan bo‘lsa, bosimni hisoblash ham XBS da bo‘lishi kerak, ya’ni N/m<sup>2</sup>=Pa.

Bosimni o‘lchashning yana bir turi Burdona nayi hisoblanadi (12-6b-rasm). Bunday monometrning qismi yoy shakilda egilgan metal nay bo‘lib, uning bir uchi bekitib qo‘yilgan. Nayning ikkinchi uchilnadigan qimni o‘lchi jo‘mrak orqali bosimi o‘lchanadigan idishga tutashtirilgan. Bosim o‘tganda nay to‘g‘rilana boshlaydi va uning berk uchining harakati richag va tishli g‘ildirak orqali bosim birliklarida darajalangan asbob shkalasi ustida harakatlanuvchi strelkaga uzatiladi. Bosim kamayganda nay elastiligi tufayli o‘zining dastlabki vaziyatiga, strelkaa esa shkalaning nolnchi chizig‘iga qaytadi.

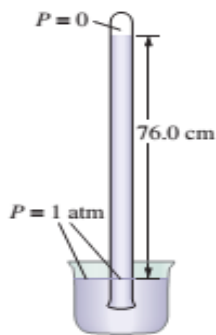
Atmosfera bosimini o‘lchaydigan asboblari borometirlar deyiladi. Atmosfera bosimini o‘lsash uchun ishlatiladigan metall barmetirlarni aneroidlar deb ataladi (12-6v-rasm). Aneroidning asosiy qismi yumshoq devorli havosi so‘rilgan kameradan iborat bo‘lib, unga strelka biriktirilgan. Atmosfera ta’sirida menbrana bukiladi, strelka o‘nga yoki chapga buriladi.

Atmosfera bosimini o‘lchash uchun ko‘pincha kavsharlangan nayli simobli monometirlar qo‘llaniladi.

Bunday manometirlarni simobli barometirlar deb ataladi (12-7-rasm.). Simobli nay ochiq tarafi bilan simobli idishga tushiriladi. Agar nay yetarlicha uzun bo‘lsa, undagi simob sathi kamayib boradi va nayning yuqori qismida bo‘shliq (vakkum) hosil bo‘ladi. Atmosfera bosimi simobni 76 sm balandlikda ushlab turadi (aniqrog‘i 76 sm normal atmosfera bosimida). Boshqacha so‘z bilan aytganda, 76 mm simob ustuni atmosfera bosimiga teng.  $P = \rho gh$

Formuladan  $\rho=13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  va  $h=76,0 \text{ sm}$  ekanligini etiborga olib:

$R=(13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3)(9,8 \text{ m/s}^2)(0,760 \text{ m})=1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2=1,00 \text{ atmosfera bosimiga ega bo'lamiz.}$



12-7-rasm. Simobli barometr (bu holda havo bosimi 760 mm.sm.ust. ga teng)

Asosiy kundalik turmushda aneroid barometrlar keng ishlatiladi (12-6v-rasm). O'xshash hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, kavsharlangan va bo'shliq hosil qilingan nayning bir tarafida suv ustuni 10,3 m balandlikda bo'lsa u atmosfera bosimni ushlab turishi mumkin. Bundan bir necha yuz yil oldin bu hodisa insonlarni tajublantirgan va achinarli holga keltirgan. Har qanday so'ruvchi kuchli nasos bo'lsinki, u suvni 10 m balandlikka ko'tara olmaydi. Amaliyotda shunday qiyinchilikka to'g'ri keldiki, masalan juda chuqur shaxtalardan suvni chiqarishga to'g'ri keldi. Agar shaxta chuqurligi 10 m dan oshsa, buni bir necha bor takrorlashga to'g'ri keldi. Bu muammo haqida Galiley o'yladi, buning sababini Torichelli tushindi.

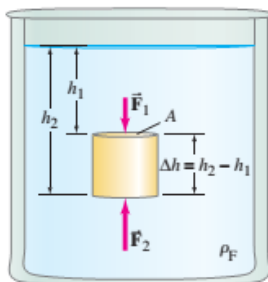
Gap shundaki, nasos suvni quvur orqali tepaga tortadi, atmosfera bosimi esa suvni tepaga ko'taradi, qachonki quvurning yuqori qismida bo'shliq hosil qilinsa, ya'ni xuddi borometrdagi 76 sm balandlikdagi simobni ushlab turganidek.

#### 10.7. Ko'taruvchi kuch va arximed qonuni

Suyuqlik va gazga botirilgan jism o'zining og'irligini yo'qotadi. Masalan suv tubida yotgan toshni oson ko'taramiz, agar u yer ustida yotgan bo'lsa, uni ko'tarish oson emas. Agar toshni suv yuzasiga chiqarsak, uni ko'tarish unchalik oson emas. Ko'p jismlar suvda suzadi bunga yog'ochni misol keltirish mumkin.

Keltirilgan ikki misoldan shuni ko'ramizki jismga ta'sir etuvchi ko'taruvchi kuchning namayon bo'lishidadir. Barcha xollarda jismga pastga tamon yo'nalgan og'irlik kuchi ta'sir qiladi.

Ko'taruvchi kuchning paydo bo'lishiga sabab suyuqlik bosimining chuqurlik ortishi bilan ortishidir. Ya'ni suyuqlik ustuni ortishi bilan bosim mos ravishda ortadi. Shunday qilib suyuqlikka botirilgan jismning pastki qismiga suyuqlik tamonidan yuqoriga yo'nalgan bosim, yuqoridan pastga yo'nalgan bosimdan katta bo'ladi. Ko'rgazmali bo'lishi uchun balandligi  $h$ , barcha tomonlari  $A$  bo'lgan silindrik jism zichligi  $\rho_f$ -bo'lgan suyuqlikka to'liq botirilgan xolni qaratsymiz (12-9-rasm.).



12-9-rasm. Ko'taruvchi kuchni aniqlash uchun.

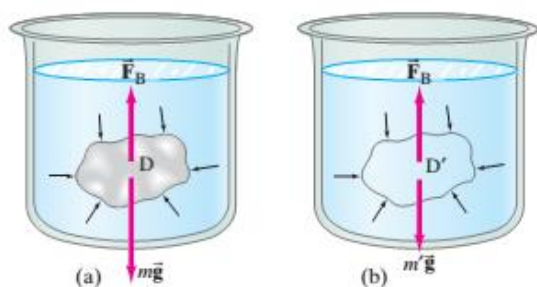
Silindirning yuqori qismiga muhit tamonidan  $R_1=\rho_f g h_1$  bosim va mos ravishda pastga yo'nalgan  $F_1=P_1 A=\rho_f g h_1 A$  kuch ta'sir qiladi. Silindirning pastki qismiga  $F_2=P_2 A=\rho_f g h_2 A$  kuch ta'sir qiladi. Bu ikkala kuchning teng ta'sir etuvchisi  $F_v$  ko'taruvchi kuch bo'lib u yuqoriga yo'nalgan bo'ladi. Bu kuchni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$F_B = F_2 - F_1 = \rho_f g A(h_2 - h_1) = \rho_f g A \Delta h = \rho_f V g = m_f g$$

Bu yerda  $V=A\Delta h$ -silindirning hajmi,  $\rho_f$ -suyuqlik (gaz) zichligi bo'lib,  $\rho_f g V=m_f g$  ning hosilasi silindir hajmiga teng bo'lgan hajimni egallovchi og'irlik kuchiga tengdir. Shunday qilib silindirga ta'sir etuvchi ko'taruvchi kuch son jixatidan silindir tomonidan siqib chiqarilgan suyuqlik og'irligiga teng. Bu jism

shakliga bog'liq bo'lmagan hollarda ham o'rinlidir. Bu qonun (287-212 eramizdan oldingi) yashagan Arximed tomonidan ochilgan bo'lib Arximed qonuni deyiladi.

Suyuqlik yoki gazga botirilgan jism o'zining hajmiga teng suyuqlik yoki gazni siqib chiqaradi. Arximed qonuning umumiy xolda oddiy mulohaza orqali tushintirish mumkin. To'g'ri bo'lmagan shakildagi D (12-10a-rasm) jismga  $W$ -og'irlik kuchi va  $F_v$ -ko'taruvchi kuch ta'sir qiladi.

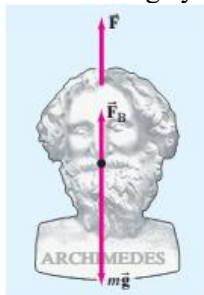


12-10.rasm. Arximed qonuni.  
A) to'g'ri bo'lmagan shakil. B) hayolan ajratilgan hajim

Agar jismga hech qanday boshqa kuch ta'sir qilmasa (masalan uni yuqoriga ko'taruvchi qo'l) rasmda ko'rsatilgan jism,  $W > F_v$  bo'lgani uchun pastga tamon harakatlanadi. Bizga  $F_v$ -ni aniqlash kerak bo'ladi, buning uchun hayolan xuddi shunday suyuqlikda xuddi shunday shakildagi, zichlikka va chuqurlikga botirilgan jismni D'-hajimga almashtiramiz (12-10b-rasm). Ajratilgan D'-suyuqlik hajmi muvozanatda bo'ladi, qachonki  $F = W'$  bo'lganda. muvozanatda bo'ladi. Bu yerda –  $W'$ -ajratilgan suyuqlik hajmining og'irligi. Ravshanki ko'taruvchi  $F_v$  kuch suyuqlik og'irligiga teng bo'lib, Arximed qonuni tasdiqlaganidek suyuqlik yoki gazga botirilgan jism o'zining hajmiga teng bo'lgan suyuqlik yoki gazni siqib chiqaradi.

12-4-Misol. Massasi 70 kg bo'lgan haykal ko'l tubida yotibdi. Uning hajmi  $3,0 \cdot 10^4 \text{ m}^3$ . Uni ko'l tagidan ajratib olish uchun qanday kuch kerak bo'ladi.

Hisoblash: 10.12-rasmda ko'rsatilgan haykalni ko'tarish uchun kerak bo'lgan  $F$ -kuch, og'irlik kuchi bilan itarib chiqaruvchi kuchning ayirmasiga teng bo'ladi.



10.12-rasm.

Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan  $\Sigma F = mg = 0$ ,  $F + F_v - mg = 0$  yoki  $F = mg - F_v$  bo'ladi. Haykalning hajmi  $3,0 \cdot 10^4 \text{ m}^3 = 3,0 \cdot 10^2 \text{ m}^3$ , qaralayotgan holda haykal suvda yotibdi, shuning uchun dengiz suvining zichligi  $\rho = 1,025 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

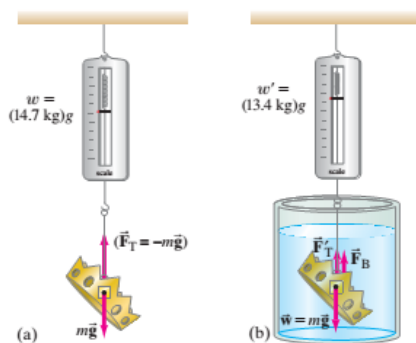
$$F_B = m_{H_2O} g = \rho_{H_2O} V g = (1,025 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(3,0 \times 10^2 \text{ m}^3)(9,8 \text{ m/s}^2) = 3,0 \times 10^2 \text{ N}$$

Haykalning og'irligi  $mg = (70 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2) = 690 \text{ N}$ , toshni ko'tarish uchun  $690 \text{ N} - 300 \text{ N} = 390 \text{ N}$  kuch kerak bo'ladi, bundan shuni ko'rish mumkinki: bu kuch bilan  $(390 \text{ N})(9,8 \text{ m/s}^2) = 40 \text{ kg}$  yukni ko'tarish mumkin. Arximed bu qonunni shoxning toji toza oltindan yasalganmi yoki aralashmadan yasalganmi degan muammoni o'ylab vannada yotganda ochgan deb aytishadi. Oltinning nisbiy zichligi 19,3 ga teng bo'lib, boshqa metallarga qaraganda ancha kattadir. Tojning zichligini aniqlash ancha qiyin, chunki toj noto'g'ri geometrik shaklga ega.

Agar jismning havodagi og'irligi ( $W$ ) ni aniqlab, so'ngra suvdagi og'irligini ( $W'$ ) o'lchab, Arximed qonunidan foydalanib zichlikni topish mumkin. Buni quyidagi misolda ko'rsatish mumkin:

12-5-misol. Massasi 14,7 kg bo'lgan toj suv tagida 13,4 kg massali og'irlikka mos keladi. U oltinmi?

Hisoblash: Quyidagi 10.10.rasmdan foydalanib Arximed kuchini hisoblab topamiz.



10.10.rasm. a) Tojning og'irligini havoda tortish; b) toj og'irligini suvda aniqlash.

Suvga botirilgan jism og'irligi  $W$ , suvning og'irligi bilan itarib chiqaruvchi kuchning ayirmasiga tengdir:

$$W' = W - F_B = \rho_0 g V - \rho_f g V$$

Bu yerda  $V$ -jismning hajmi,  $\rho_0$ -uning zichligi,  $\rho_f$ -suyuqlikning zichligi (bizning holda suv zichligi  $\rho_f = 1,00,103 \text{ kg/m}^3$ ). Shunday qilib biz yoza olamiz:

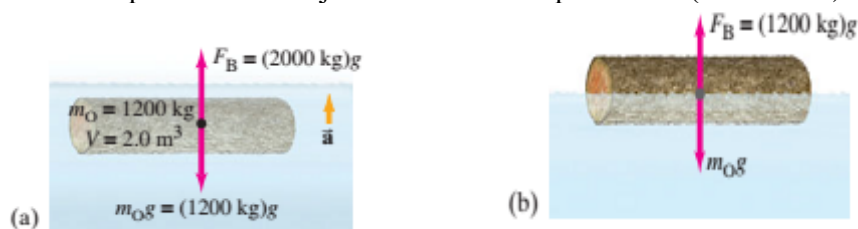
$$\frac{W}{W - W'} = \frac{\rho_0 g V}{\rho_f g V} = \frac{\rho_0}{\rho_f}$$

(Bu yerdan ko'rinadiki, agar jism suyuqlikka botirilgan bo'lsa  $w/(w-w')$  nisbiy zichlikka teng). Toj uchun quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\frac{\rho_0}{\rho_{H_2O}} = \frac{W}{W - W'} = \frac{(14.7 \text{ kg})g}{(14.7 \text{ kg})g - (13.4 \text{ kg})g} = \frac{14.7 \text{ kg}}{1.3 \text{ kg}} = 11.3$$

Shunday qilib zichligi  $11300 \text{ kg/m}^3$  ega bulgan jismni topamiz, bu qo'rg'oshin elementidir. Demak toj asl oltindan emas, balki qo'rg'oshindan yasalgani ma'lum bo'ldi.

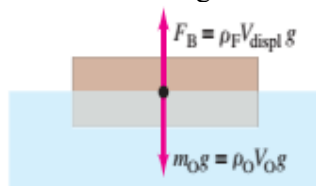
Arximed qonuni suzuvchi jismlar uchun ham qo'llaniladi (10.14-rasm).



10.14-rasm. a) b)

Bunga suvda suzuvchi yog'och to'sinni misol qilib keltirish mumkin. Agar jism zichligi suyuqlik zichligidan katta bo'lsa  $\rho_f > \rho_0$  yoki  $\rho_f V g > \rho_0 V g$  suyuqlikka cho'kadi.

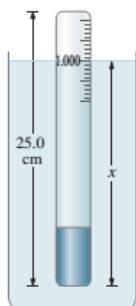
Umuman aytadilarki qachon jism suzadi, qachonki uning zichligi suyuqlik zichligidan kichik bo'lsa. Misol uchun to'sinning (brevno) nisbiy zichligi  $0,60$ , hajmi  $2,0 \text{ m}^3$  bo'lsa u  $1200 \text{ kg}$  massaga ega bo'ladi. Agar to'sinni to'liq suvga botirsak u  $2000 \text{ kg}$  suvni siqib chiqaradi.



$$m = \rho V = (1000 \text{ kg/m}^3)(2.0 \text{ m}^3) = 2000 \text{ kg}$$

Bundan ko'rinadiki, itarib chiqaruvchi kuch to'sin og'irligidan katta bo'ladi, shuning uchun ham to'sin yuqoriga ko'tariladi. Muvozanat qachonki to'sin  $1200 \text{ kg}$  suvni siqib chiqarganda vujudga keladi, ya'ni suv tagida  $1,2 \text{ m}^3$  yoki to'sinning  $0,6$  umumiy hajmi bo'lganda. Umuman suzuvchi jismning ma'lum qismi suv tagida bo'lganda, yani suyuqlik va jism zichliklar nisbati teng bo'lganda.

12-6-misol. Areometr bu sodda o'lchov asbobi bo'lib, suyuqliklarning zichligini o'lchash uchun mo'ljallangan. Misol uchun (ras 10.11) areometr o'zining pastki qismida yuk bo'lgan shisha trubadan iborat bo'lib, trubaning uzunligi  $25,0 \text{ sm}$ , ko'ndalang kesim yuzasi esa  $2,00 \text{ sm}^2$  va massasi  $45,0 \text{ g}$  ga tengdir.



12-11-rasm. Areometr

Pastki qismidan qanday balandlikda 1,000 zichlik belgisi bo'lishi kerak?

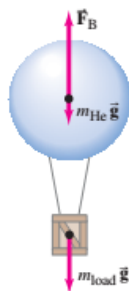
Hisoblash: Areometr zichligi butunicha

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{45.0 \text{ g}}{(2.00 \text{ sm}^2)(25.0 \text{ sm})} = 0900 \text{ g / sm}^3$$

ga teng bo'ladi. Suvga areometr tushirilganda uning 0,900 hajmi suvga botirilganda u muvozanatda bo'ladi. Shunday qilib trubaning ko'ndalang kesimi o'zgarmaydi, u 0,900 o'zining uzunligi bilan botiriladi, ya'ni  $(0,900)(25,0) = 22,5$  sm. Shunday qilib suyuqlik zichligi nisbatiga mos keluvchi 1,000 bo'lim areometrning pastki qismidan 22,5 sm da bo'lishi kerak.

Havoda ham jismga itaruvchi kuch ta'sir qiladi. Har qanday jism havoda vakuumdagiga qaraganda kam tortiladi. Havoning zichligi ancha kam bo'lgani uchun bu farqni kam sezamiz. Havoda suzuvchi jismlar mavjud, bunga geliy gazi bilan to'ldirilgan sharni misol qilib keltirish mumkin.

12-7-misol. Havo sharida geliy gazining zichligi qanday bo'lishi kerakki, u 180 kg massali yukni ko'tarish uchun (qobiqning masasai bilan birga).



10.17-rasm. Geliy baloni va unga osilgan yuk ko'rsatilgan.

Hisoblash: Shar havoga ko'tarilishi uchun, unga ta'sir etuvchi itarib chiqaruvchi kuch, siqib chiqargan havo og'irligiga teng bo'lishi va geliy bilan yuk massasiga taxminan teng bo'lishi kerak.

$$F_B = (m_{He} + 180 \text{ kg})g$$

Bu yerda g-erkin tushish tezlanishi. Bu ifodani Arximed qonuniga asosan yozish mumkin:

$$\rho_{air} Vg = (\rho_{He} V + 180 \text{ kg})g$$

Bundan biz V-ni topishimiz mumkin:

$$V = \frac{180 \text{ kg}}{\rho_{air} - \rho_{He}} = \frac{180 \text{ kg}}{(1.29 \text{ kg/m}^3 - 0.179 \text{ kg/m}^3)} = 160 \text{ m}^3$$

Xulosa: Yukni minimal balandlikka ko'tarish uchun geliy gazining zichligi  $\rho_{havo} = 1.29 \text{ kg/m}^3$

### 10.8. Gidrodinamika (suyuqlik va gazlarning harakatlanishi)

Fizikaning suyuqlik harakatini o'rganadigan bo'limi gidrodinamika deb, gaz harakatini o'rganadigan bo'lim aerodinamika deb ataladi.

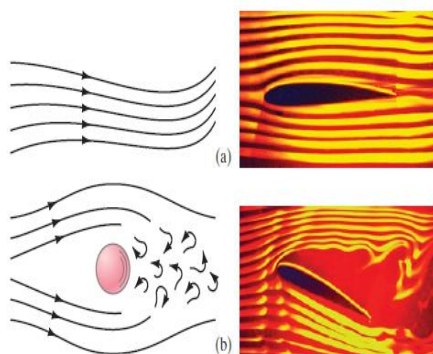
Endi suyuqlik va gazlarning ancha murakkab jismlarda turg'unlashishini qaraymiz, suyuqlik va gazlarning harakatini o'rganadigan bo'lim bu gidrodinamika deb ataladi. Gidrodinamikaning ko'p aspektlari hali to'liq o'rganilmagan: lekin shunga qaramasdan bir necha sodda tasavvurlar orqali gidrodinamik hodisalar to'g'risida yaxshi tasavvurga ega bo'lamiz.

Suyuqlik (gaz) oqimini o'rganuvchi metodlardan biri shundan iboratki, bunda har bir alohida zarraning harakati qaraladi. Har bir zarraning harakati Nyuton qonuniga bo'ysinadi, uni hisoblash mumkin, lekin hisoblash ancha murakkab va kattadir. Buning o'rniga boshqacha yo'ldan foydalaniladi. Bu shundan

iboratki, fazoning har bir nuqtasida suyuqlikning xossalari qaraladi. Boshqacha qilib aytganda, suyuqlikning har bir zarrasining traektoriyasini kuzatish o'rniga, biz fazoning har bir nuqtasida zarraning harakat parametrlarini har bir nuqta uchun tezlik va zichlikni vaqtning funksiyasi sifatida yozamiz.

Oqimning xarakteristikasi.

Gaz va suyuqliklarning harakati ikkita asosiy turida farqlanadi. Harakatlanayotgan zarralar to'plamiga oqim deyiladi. Oqimlar ikki xil bo'ladi: laminar va turbulent oqimga ajraladi. Agar suyuqlikning harakati ohista bo'lsa va qatlamlar bir biriga sirpangandek harakatlanadi. Bunday oqim laminar oqim bo'lib, suyuqlik (gaz) qatlamlari go'yoki parallel siljiydi. Suyuqlik va gazning tartibli ohista oqib o'tishi laminar oqim deyiladi. Suyuqliklarning kichik tezliklarda oqishi yoki qovushqoqligi katta bo'lgan suyuqliklarning oqishi, shuningdek, kichik hajmdagi jismdan suyuqlikning ohista oqib o'tishi laminar oqimga mos bo'ladi. Laminar oqimning asosiy xarakteristikalaridan biri shundaki, har bir suyuqlik (gaz) ning har bir zarrasi silliq traektoriya bo'ylab harakatlanadi va har bir zarraning traektoriyasi bir birini kesmaydi ras (10.1a-rasm)



10.1-rasm.  
a-laminar oqim,  
b- turbulent oqim

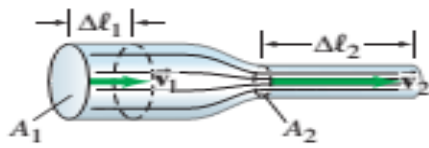
Qachonki oqimning tezligi ma'lum bir chegaradan ortgan vaqtda oqim turbulent bo'ladi. Oqim qatlamining tezligi turlicha bo'lgan oqim turbulent oqim deyiladi. Turbulent oqimda tartibsiz kichik uyurmalar hosil bo'ladi. Uyurmalar juda katta miqdordagi energiyani so'ndiradi, lekin ichki ishqalanish, qovushqoqlik laminar oqimda ham mavjud. Turbulent oqimda qovushqoqlik juda katta bo'ladi. Harakatlanayotgan suyuqlikka bir tomchi bo'yoqni tomizib laminar va turbulent oqimlarni bir-biridan farqlash mumkin. Laminar va turbulent oqimlar uchun asosiy to'rtta xarakteristikalarini belgilash mumkin: 1. Suyuqlik (gaz) siqiluvchan yoki siqilmaydigan tarzda qarash mumkin. Tabiatda absolyut siqilmaydigan suyuqlik mavjud emas. Harakatlanuvchi suyuqlik shunday bo'ladiki, uning zichligining o'zgarishi juda kam bo'lib, buni e'tiborga olmaydi. 2. Qovushqoqlik yoki ichki ishqalanish har qanday harakatda o'rinli bo'ladi, lekin qovushqoqlikni e'tiborga olmaydi. Bu bobning boshida biz qovushqoq bo'lmagan harakatni, keyin esa qovushqoq harakatni ko'rib chiqamiz. 3. Oqimni stasionar (barqaror) deb qarash mumkin. Bunday oqimning tezligi oqimning har bir nuqtasida vaqt o'tishi bilan o'zgarishsiz qoladi. Agar vaqt o'tishi bilan bu nuqtada tezlik o'zgarsa bunday oqim barqaror emasdir (nostatsionar), bu hodisani biz vodoprovod jo'miragini ochganimizda va suv oqa boshlaganda ko'ramiz. Bizni faqat barqaror oqim qiziqtiradi. 4. Oqim uyurmali va uyurmasiz bo'lishi mumkin. Uyurmasiz oqimda to'liq moment impulsi boshqa nuqtaga nisbatan nolga teng. Suyuqlik oqimi va uzluksizlik tenglamasi.

Laminar oqimda qabul qilingan suyuqlik (gaz) oqim traektoriyasida berilgan zarraning harakati oqim chizig'i deb ataladi (10.1a-rasm). Har qanday nuqtada oqim tezligi, oqim tezliklariga urinma bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. Oqimning har bir nuqtasi uchun oqim chiziqlarini o'tkazish mumkin, lekin ko'rgazmali bo'lishi uchun bir necha chiziqlar keltiriladi.

Suyuqlikning oqim chiziqlari bilan o'ralgan qismi oqim nayi hisoblanadi. Oqim chiziqlari o'zaro kesishmasligi tufayli suyuqlik zarralari harakati vaqtida oqim nayining yon sirtidan hajm ichkarisiga ham, hajm tashqarisiga ham o'ta olmaydi. Ixtiyoriy biror-bir oqim nayini olib, uning oqish tezliklariga tik bo'lgan A1 va A2 kesimlarini tanlaylik (10.2-rasm). Suyuqlikning A1 kesimdan o'tishdagi tezligi  $v_1$  va A2 kesimdan o'tish tezligi  $v_2$  bo'lsin (10.2-rasm). Ko'ndalang kesimdan vaqt birligida o'tuvchi suyuqlikning massa sarfi quyidagicha bo'ladi:

Massa sarfi  $= \Delta m / \Delta t$  bo'ladi.





10.2-rasm.  
Oqim nayi. Uzlüksizlik tenglamasini tushuntirish uchun.

Rasmda ko'rsatilgan A1 ko'ndalang kesimdan  $\Delta t$  vaqitda o'tuvchi suyuqlik hajmi  $A_1 \Delta l_1$  ga teng, bu yerda  $\Delta l_1 - \Delta t$  vaqt davomida belgilangan zarraning bosib o'tgan yo'l uzunligi. A1 kesimda zarraning harakat tezligi  $v_1 = \Delta l_1 / \Delta t$  ga teng, A1 kesimda massa sarfi quyidagiga  $\Delta m / \Delta t$  teng bo'ladi:

$$\frac{\Delta m_1}{\Delta t} = \frac{\rho_1 \Delta V_1}{\Delta t} = \frac{\rho_1 A_1 \Delta l_1}{\Delta t} = \rho_1 A_1 v_1$$

Bu yerda  $\Delta V = A_1 \Delta l_1$  hajm  $\Delta m$  - massaga to'g'ri keladi. Mos ravishda A2 kesimda massa sarfi quyidagiga  $\rho_2 A_2 v_2$  teng bo'ladi.

Oqim nayi orqali suyuqlik oqimining ko'chishi A1 va A2 kesimlarda bir xil bo'ladi, shuning uchun quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\frac{\Delta m_1}{\Delta t} = \frac{\Delta m_2}{\Delta t} \quad \text{yoki} \quad \rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

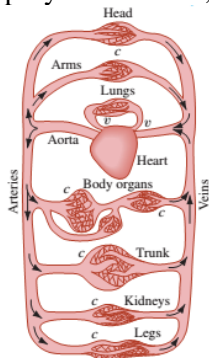
Bu tenglama uzluksizlik tenglamasi deyiladi. Agar muhit siqilmaydigan bo'lsa, ya'ni uzluksizlik tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

E'tiborga olamizki,  $A_1 v_1$  ko'paytma suyuqlikning hajmli sarf yoki suyuqlik oqimi (berilgan vaqt ichida ko'ndalang kesimdan o'tuvchi suyuqlik hajmidir), shuning uchun  $\Delta V / \Delta t = A \Delta l / \Delta t = A v = m^3/s$ . (10.1) tenglamadan ko'ramizki qayerda oqim nayining kesmi katta bo'lsa tezlik kichik, qayerda kesim kichik bo'lsa, tezlik katta bo'ladi. Bu xulosaning to'g'riligini suyuqlik hajmi, daryoning oqishini kuzatish orqali ishonch hosil qilish mumkin: u o'zining suvini keng joyda sekin o'tkazadi, kesimning qisqargan joyida boshni aylantiradigan darajada tezlashib oqadi. Rasm va (10.1) tenglamadan shunday xulosa chiqarish mumkinki, oqim chiziqlari zich bo'lganda tezlik katta bo'ladi.

(10.1) tenglamani bizning organizmimizda qonning harakatiga ham qo'llash mumkin. Yurakdan qon aortaga tushadi va u erdan asosiy, keyinchalik millionlab mayda tomirlarga taqsimlanadi. Vena bo'ylab yana qon yurakka qaytadi.

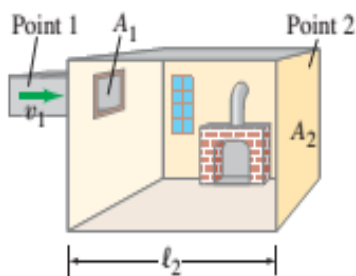
10.1-masala. Aortaning radiusi taxminan 1,2 sm, unda qon taxminan 40 sm/s tezlik bilan harakatlanadi. Qonning oqish tezligini hisoblaymiz, kapillyarlarning umumiy yig'indi kesmi 2000 sm<sup>2</sup> ga teng (har bir kapillyar 8.10.4 sm, ularning soni milliardga teng).



10.rasm. Inson tanasida qon aylanish tizimi

Hisoblash. Kapillyar nayda qonning oqish tezligi quyidagicha bo'ladi:

10.2-misol. Har bir 15 minutda hajmi 300 m<sup>3</sup> bo'lgan havo aylanib turushi uchun, isitish tarmog'ining havo so'ruvchisi ko'ndalang kesimi qanday radiusga ega bo'lishi kerak?

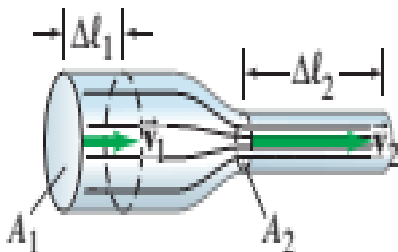


10.rasm. Xonani isitish tizmi

Hisoblash. (10.1) uzluksizlik tenglamasini qo'llashdan oldin, xonani havo katta kesimli uchastka sifatida qaraymiz (uni 2 indeks bilan belgilaymiz). 10.1 tenglamani keltirib chiqarishni tasavvur qilib va almashtirib quyidagiga ega bo'lamiz. Shunday qilib Biz kesim aylana shakilda, ya'ni teng. Bundan havo so'ruvchining ko'ndalang kesim yuzasi 0.19 m yoki 19 sm ekanligini topamiz.

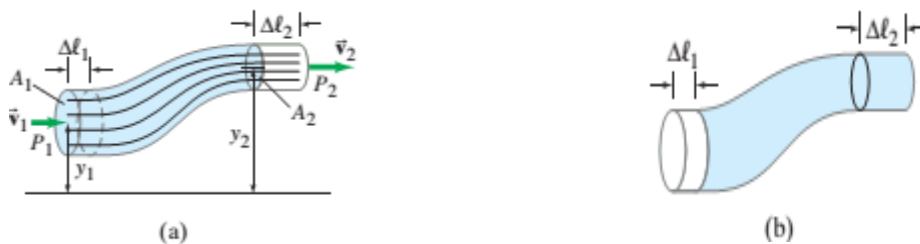
### 10.9. Bernulli tenglamasi

Savol: Nima uchun pechning tortma trubasi orqali tutun yuqoriga ko'tariladi? Nima uchun katta tezlikda harakatlanayotgan avtomobil kuzoviga o'rnatilgan brezent yuqoriga ko'tariladi? Bu savollarga javobni 18 asrning birinchi yarmida yashagan Dapiel Bernulli (1700-1782) tomonidan ochilgan qonun yordam beradi. Bernulli qonuniga asosan tezlik kichik bo'lganda bosim katta va aksincha bo'ladi.



10.2-rasm. Oqim nayi Bernulli tenglamasini tushintirish uchun.

Agar misol uchun A1 va A2 ko'ndalang kesimda biz bosimni o'lchasaq (10.2-rasm), u holda A2 kesimda tezlik katta bo'lgani uchun bosim past va A1 kesimda tezlik kichik bo'lgani uchun bosim katta bo'ladi. Birinchi qarashda bu boshqacha ko'rinadi, bosim A2 kesimida tezlik katta bo'lgani uchun katta bo'lishi kerak edi, lekin u bunday emas. Agar A2 kesimda bosim A1 kesimdagiga qaraganda katta bo'lsa u holda suyuqlikning harakati sekinlashar edi. Biz qarayotgan holda esa suyuqlik tezlashadi, bu esa o'z navbatida A2 kesimda bosimning past ekanligini ko'rsatadi. Bu qonunni sonli ko'rinishda ifodalaydigan tenglamani Bernulli keltirib chiqardi. Bu tenglamani keltirib chiqarish uchun biz oqimning oqishini statsionar va turbulent, suyuqlik siqilmaydigan va qovushqoqligi past deb qaraymiz. Qaralayotgan oqim nayining balandligi sanoq boshidan boshlab o'zgarib boradi.



10.3-rasm. a) Suyuqlikning dastlabki holati; b) Suyuqlikning ko'chgan holati

10.3a-rasmdagi bo'yalgan qismidagi suyuqlikning 10.3b holatga ko'chganda bajaragan ishini hisoblaymiz. Bu holda A1 kesimdagi suyuqlik  $\Delta l_1$  masofaga o'nga siljiydi. Bu esa o'z navbatida A2 kesimda suyuqlikning  $\Delta l_2$  masofaga ko'chishiga olib keladi. A1 kesimdan chapda bo'lgan suyuqlik oqim nayida  $R_1$  –bosimni hosil qilib quyidagicha ish bajaradi.

$$W_1 = F_1 \Delta l_1 = P_1 A_1 \Delta l_1 \quad (\text{bunda } P = F/A)$$

A2 kesimda bajariladigan ish  $W_1 = -P_2 A_2 \Delta l_2$  ga teng bo'ladi. Bu formulada qatnashayotgan manfiy ishora shuni anglatadiki, ta'sir etuvchi kuchlar suyuqlikning harakatiga qarama qarshi yo'nalgan bo'ladi (10.3a-rasmda bo'yalgan suyuqlik A2 kesimdan o'ngda bo'lgan suyuqlik ustida ish bajaradi).

Bu holda tortishish kuchi hisobiga ham ish bajariladi: 10.3-rasmdagi natijaviy jarayonda, massasi  $m$ -bo'lgan va hajmi mos ravishda  $A_1 \Delta l_1 (=A_2 \Delta l_2)$  bo'lgan suyuqlik  $A_1$  dan  $A_2$  ko'ndalang kesimga ko'chadi va tortishish kuchi maydonida bajargan ishi quyidagicha yoziladi:

$$W_3 = -mg(y_2 - y_1)$$

10.3-rasmda ko'rsatilgan hol uchun bajarilgan ishning manfiy e'kanligini etiborga olamiz, bu holda harakat yuqoriga yo'nalgan bo'lib og'irlik kuchiga qarama-qarshi yo'nalgan. Shunday qilib suyuqlik ustida bajarilgan to'liq ish quyidagicha ifodalanadi:

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

$$W = P_1 A_1 \Delta l_1 - P_2 A_2 \Delta l_2 - mgy_2 + mgy_1$$

6.4-bo'limdagi ish va energiya orasidagi bog'liqlik teoremasiga asosan, tizim (sistema) ustida bajargan ish uning kinetik energiyasining o'zgarishiga tengdir. Shunday qilib,

$$\frac{1}{2} m \mathcal{G}_2^2 - \frac{1}{2} m \mathcal{G}_1^2 = P_1 A_1 \Delta l_1 - P_2 A_2 \Delta l_2 - mgy_2 + mgy_1$$

Massasi  $m$ -bo'lgan suyuqlik qismi  $A_1 \Delta l_1 = A_2 \Delta l_2$  hajmini egallaydi, shuning uchun biz  $m = \rho A_1 \Delta l_1 = \rho A_2 \Delta l_2$  qo'yib, barchasini  $A_1 \Delta l_1 = A_2 \Delta l_2$  ga mos ravishda bo'lib mos almashtirishlardan so'ng quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\frac{1}{2} \rho \mathcal{G}_2^2 - \frac{1}{2} \rho \mathcal{G}_1^2 = P_1 - P_2 - \rho gy_2 + \rho gy_1$$

yoki quyidagicha yozish mumkin:

$$P_2 + \frac{1}{2} \rho \mathcal{G}_2^2 + \rho gy_2 = P_1 + \frac{1}{2} \rho \mathcal{G}_1^2 + \rho gy_1$$

Bu tenglama Bernulli tenglamasi deyiladi.

$A_1$  va  $A_2$  kesimlar oqim nayida taqriban olinadi, shuning uchun Bernulli tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$P + \frac{1}{2} \rho \mathcal{G}^2 + \rho gy = \text{constant}$$

Siqilmaydigan ideal suyuqlikning barqaror oqimida dinamik, statik va gidrostatik bosimlarning yig'indisidan iborat bo'lgan to'la bosim oqimning har qanday kesimida o'zgarmasdir.

10.14-misol. Isitish tizimida suv (sirkulyatsiya) aylanadi. Agar suv yer to'lasiga 4,0 sm diametrli truba orqali 3,0 atm atmosfera bosimda 0,5 m/s tezlik bilan suv kelsa, 5,0 m balandlikda joylashgan ikkinchi qavatdagi uyning 2,6 sm diametrli trubasida bosim va tezlik qanday bo'ladi?

Hisoblash.  $A_1 v_1 = A_2 v_2$  uzluksizlik tenglamasidan foydalanib dastlab  $v_2$ -ni hisoblaymiz. Trubaning ko'ndalang kesim yuzasi  $A = \pi r^2$  ga teng.

$$\mathcal{G}_2 = \frac{\mathcal{G}_1 A_1}{A_2} = \frac{\mathcal{G}_1 \pi r_1^2}{\pi r_2^2} = \frac{(0.50 \text{ m/s})(0.020 \text{ m})^2}{(0.013 \text{ m})^2} = 1.2 \text{ m/s}$$

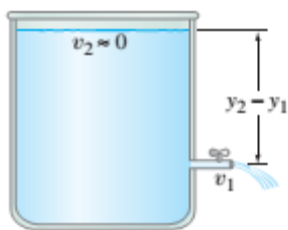
Bosimni topish uchun Bernulli tenglamasidan foydalanamiz:

$$\begin{aligned} P_2 &= P_1 + \rho g(y_1 - y_2) + \frac{1}{2} \rho (\mathcal{G}_1^2 - \mathcal{G}_2^2) = (3.0 \times 10^5 \text{ N/m}^2) + (1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(-5.0 \text{ m}) + \\ &+ \frac{1}{2} (1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3) [(0.50 \text{ m/s})^2 - (1.2 \text{ m/s})^2] = (3.0 \times 10^5 \text{ N/m}^2) - (4.9 \times 10^4 \text{ N/m}^2) - (6.0 \times 10^2 \text{ N/m}^2) = \\ &= 2.5 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 2.5 \text{ atm} \end{aligned}$$

10.10. Bernulli prinsipining Torichelli, samolyot, beysbol va oqimda qo'llanilishi

Bernulli tenglamasida suyuqlik yoki gazning siqilishi va qovushqoqligi e'tiborga olinmaydi.

Bernulli tenglamasining qo'llanish chegarasi juda kengdir. Buning uchun (10.23-rasm) ko'rsatilgan idishning pastki qismida o'rnatilgan tirqishdan oqib chiquvchi suyuqlikning tezligini hisoblaymiz.



10.23-Rasm

(13.2) tenglamadagi A2 kesim sifatida bochokning yuqori qismidagi suv sathini olamiz. Agar bochok diametri tirqish diametridan ancha katta bo'lsa, u holda  $v_2 = 0$  bo'ladi. A2 kesimdagi (tirqish) va A2 kesimdagi (suyuqlik ustki qismi) bosimlar atmosfera bosimiga teng, ya'ni  $R_1 = R_2$ . Shunday qilib Bernulli tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = \rho g y_2$$

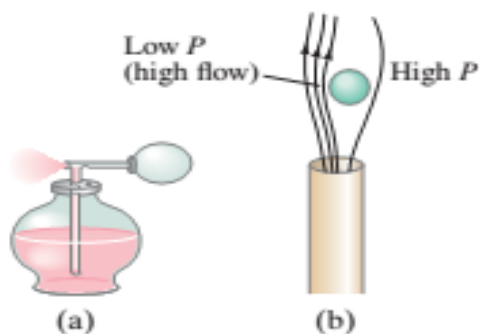
bundan

$$v_1 = \sqrt{2g(y_2 - y_1)}$$

Biz ko'ramizki bu natija Bernulli qonunini hisobidandir, uni Bernullidan 100 yil oldin shu xulosaga kelgan Torichelli sharafiga Torichelli teoremasi deb ataladi. Etibor beramizki, suyuqlik tirqishni shunday tezlik bilan tark etadiki, huddi shunday balandlikdan o'tuvchi erkin tushayotgan jismdek. Bu tajublanarli emas. Bernulli tenglamasini keltirib chiqarishga asoslangan ikkala holda ham energiyaning saqlanish qonuniga asosan potensial energiyaning kinetik energiyaga aylanishi sodir bo'ladi. Boshqa xususiy xollarda Bernulli qonuniga to'xtalamiz, qachonki suyuqlik (gaz) sezilarsiz sathga o'tganda, ya'ni  $u_1 = u_2$ . U holda (13.2) quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

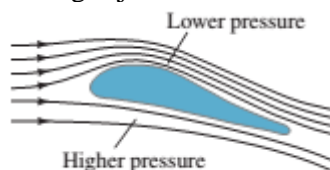
$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Bu formuladan quyidagi xulosaga kelish mumkin. Tezligi katta nuqtalarda bosim kichik va aksincha. 10.5-rasmda bu qonunga bog'liqligini ifodalovchi bir necha yaxshi tanish hodisalar tasvirlangan.



10.24-rasm

Samolyot qanoti profili shunday yasaladiki, ya'ni oqim qatlam chiziqlari shunday harakatlanadiki pastki qismidagi oqim chiziqlari yuqoridagiga qaraganda zich bo'ladi (10.3v-rasm). Agar suyuqlik yoki havo simmetrik bo'lmagan suyuqlikni aylanib o'tsa, jismga ta'sir etuvchi kuch oqim chiziqlariga tik bo'lmaydi, chunki qovushqoqlik tufayli vujudga keladigan kuch bu kuchga qo'shiladi. Natijaviy kuchni ikkita tashkil etuvchiga ajratish mumkin:

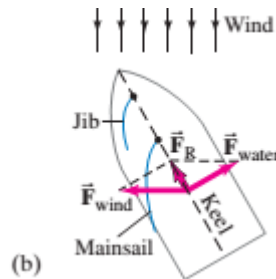


Oqim bo'ylab yo'nalgan Peshona qarshiligi.

Oqim yo'nalishiga tik yo'nalgan, bu kuch aerodinamik kuch deyiladi.

Bernulli tenglamasiga asosan samolyot qanotiga ta'sir etuvchi kuchning bir qismini aniqlash mumkin. Samolyotni havoda ko'tarib turuvchi kuch bu uning qanotiga ta'sir etuvchi kuchdir. Samolyotning qanotiga va fyuzelyajiga shakl berilib peshana qarshilikni kamaytiradi, natijada harakatlanayotgan havo oqimi qanotning pastki qismiga tomon yo'naladi. Havo molekulalarining impulsi o'zgaradi, natijada qanotni ko'taruvchi qo'shimcha kuch paydo bo'ladi. Agar ko'taruvchi kuch samolyot og'irligidan katta bo'lsa, u havoga ko'tariladi. Shu maqsadda qanotning profili (tik kesimi) yetarli kattalikda ko'taruvchi kuchni yuzaga keladigan qilib yasaladi.

Parusli yaxta shamolga qarshi harakatlanishi mumkin (10.5g-rasm), bunga ko'p hollarda Bernulli qonuni yordam beradi.



10.5-rasm. a) b)

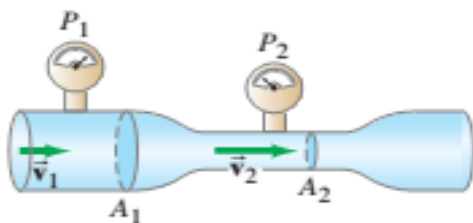
Agar parusni 10.5a shunday joylashtirsakki, havo oqimi qisqa oraliqda tezlashsin (10.5a-rasm). Parus old qismidagi bosim uning asosining orqasidagi normal bosimga qaraganda kichik. Shuning hisobiga u oldinga harakatlanadi.

Parus shamolga qarshi harakatlanganda uning asosi shamol yo'nalishi bilan sudna asosi orasidagi burchak bissektrisasi bo'yicha turadi (10.5b-rasm). Parusga shamol tomonidan ta'sir etuvchi kuch (parusning chetlashganda shamol impulsining o'zgarishi) Bernulli qonuniga asosan yig'indi kuch parusga  $F_{shamol}$  deyarli perpenduklyar ta'sir qiladi.

Suv ham kilga  $F_{suv}$  kuch bilan ta'sir qiladi., agar  $F_{suv}$  bo'lmaganda edi yaxta yon tomonga harakatlanar edi. Kilga  $F_{suv}$  suv kuch bilan sudna asosiga deyarli perpenduklyar ta'sir qiladi. 10.5b-rasmda yaxtaga ta'sir qiluvchi  $F_{shamol}$  va  $F_{suv}$  kuchlarning teng ta'sir etuvchisi  $F_R$  bo'lib yaxta o'qiga deyarli yaqin bo'lib oldinga yo'nalgan bo'ladi.

Venturi trubkasi o'rtasi qisqargan (diffuzor) truba bo'lagidan iboratdir. Bu trubkaning qo'llanishiga avtomobil karbyuratori misol bo'ladi. (13.5d) Qisqargan oraliq orqali o'tgan havo oqimi (13.1) tenglamaga asosan tezlashadi va shu hisobga past bosimni yuzaga keltiradi. Karbyurater kamerasida atmosfera bosimi ostida bo'lgan benzin dvigatel silindriga tushishdan oldin jiller va vozdušnuyu struyu va havo bilan aralashadi.

Venturi trubkasini suyuqlik va gazlarning tezligini o'lchashda qo'llaniladi (10.6-rasm).



Ko'rsatish mumkinki (masalaga qaraymiz) oqimning tezligi quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$v_1 = A_2 \sqrt{2(P_1 - P_2) / \rho(A_1^2 - A_2^2)}$$

Bu yerda  $\rho$ -suyuqlik yoki gaz zichligi.  $R_1$  va  $R_2$  monometr ko'rsatuvchi bosimlar. Agar 10.6b-rasmdagi monometr qo'llanilsa, formuladagi uchun  $R_1 - R_2$  farq o'rniga kattalik kiritiladi, bu yerda monometrdagi suyuqlik zichligi. Xuddi shunday Venturri trubkasi inson tomirlaridagi qon aylanishini o'lchashga ham mo'ljallab ishlab chiqilgan. Bunday o'lchov asbobi yordamida hajmiga teng bo'lgan suyuqlik oqimining sarfini o'lchash mumkin.

Nima uchun pechning tortim trubasi orqali tutun ko'tariladi? Ko'tarilishiga sabab issiq havoning zichligi sovuq havoning zichligidan kichik. Shuning uchun qizdirilgan havo Arximed qonuniga asosan ko'tariladi. Bernulli qonuni ham bu erda o'z hissasini qo'shadi. Trubaning chiqish qismining yuqorisidan esuvchi shamol uy ichidagiga qaraganda yuqorida past bosimni yuzaga keltiradi. Shuning uchun trubada tortishish yuzaga keladi. Tutunning yuqoriga ketishi uchun shamolsiz tunda ham havoning ko'chishi yetarlidir. Gofelarlar (Amerikada yashovchi yer qazuvchi, yemiruvchi), yaylov itlari, krotlar va boshqa yer tagida yashovchi hayvonlar dimiqishdan o'lmaydi, agar ular qazigan inlariga shamol kirib tursa. Har qanday in ikkita kirishdan iborat bo'ladi. Turli kirishlarda havo oqimi bir-biridan bir oz farq qiladi. Shuning hisobiga katta bo'lmagan bosimlar farqi yuzaga keladi. Agar kirish teshiklari har xil balandlikda bo'lsa, havo oqimining almashuvi kuchli bo'ladi. Balandlik oshishi bilan shamol tezligi ortadi.

## 11-MA'RUZA: MOLEKULYAR KINETIK NAZARIYASI ASOSLARI.

### REJA:

1. Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy qoidalari.
2. Ideal gaz qonunlari. Izojarayonlar.
3. Ideal gaz holat tenglamasi.

### TAYANCH SO'ZLAR:

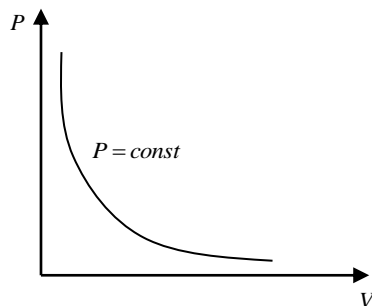
Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy qoidalari. Ideal gaz qonunlari. Izojarayonlar. Ideal gaz holat tenglamasi.

Berilgan massali gazni holatini xarakterlash uchun bosim  $P$ , hajm va temperatura kabi parametrlardan foydalaniladi. Agar gazning holati o'zgarmasa bu parametrlarning 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.

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 (1662y.) va frantsuz olimi Mariott (1667y.) quyidagi gaz qonunini yaratdilar: gazning berilgan massasi uchun o'zgarmas temperaturada gazning bosmi hajmiga teskari propartsionaldir.

$$PV = const \quad (11.1)$$



11.1 – rasm

### Gey-Lyussak qonunlari:

a) Gazning berilgan massasi uchun o'zgarmas bosimda uning hajmi temperaturaga proporsional ravishda o'zgaradi (11.2 – rasm):

$$V = V_0(1 + \alpha t) \quad (11.2)$$

$V_0$  - gazning  $0^{\circ}C$  dagi hajmi,  $\alpha$  - gazning hajmiy kengayish koeffitsienti,  $\alpha = \frac{1}{273} \text{ } ^{\circ}C^{-1}$ .

b) gazning berilgan massasi uchun uning bosimi o'zgarmas hajmda temperaturaga proporsional

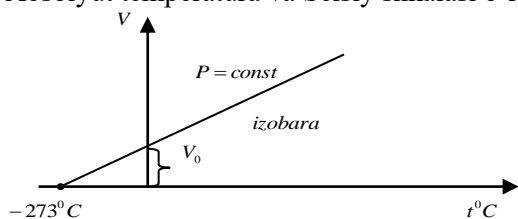


ravishda o'zgaradi (11.4-rasm):

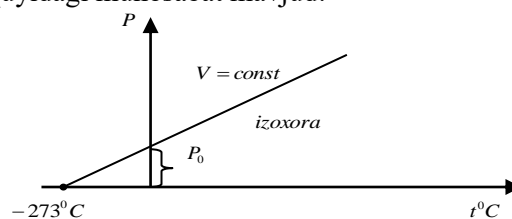
$$P = P_0(1 + \gamma t) \quad (11.3)$$

$P_0$  -gazning  $P_0 0^{\circ}C$  dagi bosimi,  $\gamma$  -bosimning termik koeffitsienti,  $\gamma = \alpha = \frac{1}{273^{\circ}C}$ .

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



11.2 – rasm



11.3 – rasm

**Dalton qonuni.** 1801 yilda ingliz fizigi va ximigi Dalton gaz aralashmasining bosimi bilan shu aralashmadagi gazlarning partsiyal bosimlari urtasidagi munosabatni topdi:  $P_i$  gaz aralashmasining bosimi  $P$  shu aralashmadagi gazlar partsiyal bosimlarining yig'indisiga teng.

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n + \sum_i^n P_i \quad (11.4)$$

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

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 Mendeleyevlar (1875y) yaratgan. Avval bu tenglamani Klapeyron

$$\frac{PV}{T} = B = const \quad (11.5)$$

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

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \quad (11.6)$$

Bu erda  $m$  -ideal gazning massasi,  $\mu - 1$  kilomol gazning massasi,  $R$  -universal gaz doimiysi. Uning kiymati:  $R = \frac{1,013 \cdot 10^5 \cdot 22,42}{273} \cong 8,32 \cdot 10^3 \frac{J}{grad \cdot kmol}$  ga teng. Keyinchalik (11.6) formula Klapeyron-

Mendeleev degan nom oldi.

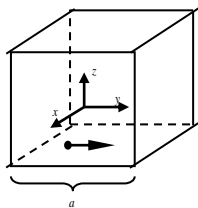
Ideal gaz bosimining molekulyar kinetik nazariyasi. Gazning idish devorlariga beradigan bosimi molekulalarning xaotik harakati bilan bog'liq va ularning uzluksiz ravishda devorga urilib turishining natijasidir. Molekulalarning devorga urilish kuchi, albatta, uning tezligiga (yoki kinetik energiyasiga) bog'liq. Shuning uchun gazning bosim molekulalarning ilgarilama harakati o'rtacha kinetik energiyasi ( $\bar{E}$ ) ga bog'liq bulishi kerak:

$$P = \varphi(\bar{E}) \quad (11.7)$$

Ana shu munosabat ideal gazning kinetik nazariyasida chikariladi 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 uchun 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 bulmaydi.

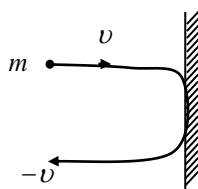


11.4 – rasm

Faraz qilaylik, tomonlari  $a$  ga teng kubda  $n$  molekuladan iborat ideal gaz joylashgan, har bir molekulaning massasi  $m$ . Dekart koordinatalar sistemasini kub markaziga joylashtiramiz. Shunda molekulalar xaotik ravishda harakat qilayotganligi uchun ularning  $\frac{1}{3}$  qismi  $y$  o'qi,  $\frac{1}{3}$  qism  $z$  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  $\Delta f$  kuch bilan  $\Delta t$  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:

$$\Delta f \Delta t = mv - (-mv) = 2mv \quad (11.8)$$



11.5 – rasm

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

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

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

$k$  – 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'rtasida bosib o'tgan yo'li. 1 sekund ichida molekula  $v$  ga teng uzunlikni bosib o'tadi., shuning uchun  $k = \frac{v}{2a}$ , u holda;

$$\Delta \bar{f} = \Delta f \Delta t \frac{v}{2a} = 2mv \frac{v}{2a} = \frac{mv^2}{a} \quad (11.9)$$

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:

$$f = \sum_i^{n'} \Delta \bar{f} = \sum_i^{n'} \frac{mv_i^2}{a} = \frac{m}{a} \sum_i^{n'} v_i^2 \quad (11.10)$$

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

$$f = \frac{m}{a} n' \frac{1}{n'} \sum_i^{n'} v_i^2 \quad (11.11)$$

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

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

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:

$$\frac{f}{S} = \frac{1}{3} \frac{mnu^2}{V} \quad (11.12)$$

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

Shuning uchun:

$$P = \frac{1}{3} mn_0 u^2 = \frac{2}{3} n_0 \frac{mu^2}{2} \quad (11.13)$$

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

Demak:

$$P = \frac{2}{3} n_0 \bar{E} \quad (11.14)$$

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

$$PV_\mu = \frac{2}{3} n_0 \bar{E} V_\mu \quad (11.15)$$

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

$$PV_\mu = \frac{2}{3} N_A \bar{E} \quad (11.16)$$

Lekin Mendeleev-Klapeyron tenglamasi bo'yicha:

$$PV_\mu = RT$$

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

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

Demak,  $P = n_0 kT$  (11.17)

ekan. Bu -asosiy tenglamaning boshkacha kurinishidir

## 12-MA'RUZA: STATISTIK FIZIKA ASOSLARI.

### REJA:

1. Gaz molekularining issiqlik harakati tezligi va energiyasi boyicha Maksvell taqsimoti.
2. Barometrik formula.
3. Bolsman taqsimoti.

### TAYANCH SO'ZLAR:

Gaz molekularining issiqlik harakati tezligi, Maksvell taqsimoti, barometrik formula, Bolsman taqsimoti, ko'chish hodisalari

Tabiatda va kundalik turmushda tasodifiy voqealar ko'p uchraydi. Masalan, harbiy xizmatga chaqirilish munosabati bilan medisina kurigidan utayotgan yigitning buyi u yoki bu qiymatga ega bo'lishi ana shunday tasodifiy voqeadir. Yigit buyining uzunligi esa tasodifiy kattalikdir. Medisina kurigi vaqtida yigilgan ma'lumotlarni ishlab chiqaylik. Buning uchun buyi 1,65 m dan 1,66 m gacha; 1,66 m dan 1,67 m gacha; ... intervallarga mos keluvchi yigitlar sonini aniqlaylik. So'ng absissa o'qi bo'yicha tasodifiy kattaliklarni (ya'ni yigitlar buyini), ordinata o'qi bo'yicha esa tasodifiy voqealar sonini (ya'ni yigitlar sonini) qo'yib grafik tuzaylik (12.1 – rasm). Hosil bo'lgan egri chiziq kurikdan utayotgan yigitlarning bo'ylari bo'yicha taqsimlanish qonunini ifodalaydi. Agar keyingi yillar ham shunday tajriba o'tkazilsa, ularda ham taqsimot egri chiziqlari xuddi avvalgi yildagidek bo'ladi. Masalan, bu yilgi kurikdan o'tgan 10000 yigit ichidan (1,85÷1,86) m buyli yigitlar 8÷10; (1,82÷1,83) m buyga ega bo'lganlari 30÷40; ...; (1,68÷1,69) m buyli yigitlar esa eng ko'p bo'lsa, keyingi yil kuriklarida ham shunday natijalar kuzatiladi. Lekin tajribalarda yetarlicha ko'p yigitlar haqida (masalan, oblast yoki respublika miqyosida) ma'lumot yigilgan takdirdagina har yili taqsimot egri chiziqlarining takrorlanishi qayd qilinadi. Umuman, ayni bir xil sharoitda amalga oshirilgan tajribalarda muntazam ravishda takrorlanadigan egri chiziqlar biror statistik qonuniyatning ifodasi bo'lib xizmat qiladi. *Taqsimot egri chizigi* kanchalik ko'proq, voqealar asosida kurilgan bo'lsa, u statistik qonunni shunchalik aniqroq ifodalaydi. Mazkur bobda gazlardagi statistik qonuniyatlar haqida mulohaza yuritimiz. Har qanday kichik hajmda ham nihoyat ko'p molekular mavjud bo'lganligi sababli gaz molekulari uchun kurilgan u yoki bu kattalikning taqsimot egri chizigi juda katta aniqlik bilan takrorlanadi.

### IDEAL GAZ MOLEKULARINING ISSIQLIK HARAKAT TEZLIKLARI VA ENERGIYALARI BO'YICHA TAQSIMLANISHIGA OID MAKSVELL QONUNI

Muvozanat holatga erishgan biror idishdagi gazga tashkaridan ta'sir ko'rsatilmasa, uning makroskopik parametrlari ( $m$ ,  $p$ ,  $V$ ,  $T$ ) o'zgarmaydi. Lekin sistemada mikroprotsesslar davom etaveradi. Molekular o'zaro to'qnashaveradi. To'qnashishlar soni nihoyat ko'p bo'lganligi uchun (normal sharoitda har bir molekula bir sekund davomida taxminan  $10^{10}$  marta to'qnashadi) molekular tezliklarining qiymatlari ham, yo'nalishlari ham uzluksiz o'zgarib turadi. Shu sababli vaqtning biror onida u yoki bu molekula ega bo'ladigan tezlik haqida gapirishning xojati yo'q. Lekin tezliklari  $v$  dan  $v+\Delta v$  gacha bo'lgan (ya'ni  $\Delta v$  intervaldagi) molekular sonini aniqlash mumkin.

Maksvell  $f(v)$  funksiyaning analitik ifodasi

$$f(v) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left( \frac{m_M}{2kT} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{m_M v^2}{2kT}} v^2 \quad (12.1)$$

shaklda ekanligini keltirib chiqardi. Bunda  $m_M$  molekulaning massasi,  $T$  – gazning absolyut temperaturasi.

Biror idishdagi gazning  $v$  dan  $v+dv$  gacha tezliklar bilan harakatlanayotgan molekularining nisbiy soni

$$\frac{dN}{N} = f(v)dv = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left( \frac{m_M}{2kT} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{m_M v^2}{2kT}} v^2 dv \quad (12.2)$$

munosabatdan foydalanmoqdalarki topiladi. Uning qiymati Maksvell egri chizigi ostidagi shtrixlangan yuzchaga teng. (12.2) munosabat gaz molekularining issiqlik harakat tezliklari chizigi bo'yicha taqsimlanishiga oid Maksvell qonunining ifodasidir. Birday  $dv$  intervaldagi tezliklarga ega bo'lgan molekularning nisbiy soni ( $dN/N$ ) faqat  $dv$  ga emas, balki tezlik ( $v$ ) ga ham bog'liq. Haqiqatan, (12.2) ga asosan, ( $dN/N$ ) ning eng katta qiymati  $f(v)$  maksimumga erishadigan tezlikka mos keladi. Tezlikning bu qiymati *eng katta ehtimolli tezlik* yoki, oddiyroq tarzda, *ehtimolli tezlik* deb ataladi va  $v_e$  deb belgilanadi.



14.1–rasm

Ehtimolli tezlik qiymatini topish uchun  $f(v)$  funksiyadan  $v$  bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilani nolga tenglashtiramiz:

$$f'(v) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left( \frac{m_M}{2kT} \right)^{\frac{3}{2}} \left[ e^{-\frac{m_M v^2}{2kT}} 2v - v^2 e^{-\frac{m_M v^2}{2kT}} \frac{2m_M v}{2kT} \right] = 0.$$

Mazkur tenglama katta qavs ichidagi ifoda nolga teng bo'lgan holda urinli bo'ladi. Binobarin, qavs ichidagi ifodani nolga tenglashtirib

$$v_e^2 = \frac{2kT}{m_M}$$

yoki

$$v_e = \sqrt{\frac{2kT}{m_M}} \quad (12.3)$$

ekanligini topamiz.  $R/N_A = k$  va  $N/N_A = v$  munosabatlarni e'tiborga olib  $v$  ifodasini quyidagicha o'zgartirib yozish mumkin:

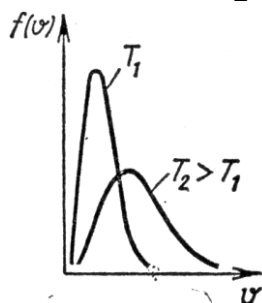
$$v_e = \sqrt{\frac{2kT}{m_M}} = \sqrt{\frac{2RT}{m_M N_A}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} \quad (12.4)$$

Maksvell egri chizigi asimmetrik, uning o'ng tomoni chap tomoniga nisbatan sekinroq kamayib uzoqroqqa cho'zilgan. Shuning uchun  $v > v_e$  bo'lgan o'ng qismi ostidagi yuz chap qismi (ya'ni  $v < v_e$  bo'lgan qism) ostidagi yuzdan kattaroq bo'ladi. Bundan, biror hajmdagi gazning ehtimolli tezlikdan katta tezliklar bilan harakatlanadigan molekulalarining soni ehtimolli tezlikdan kichik tezliklar bilan harakatlanadigan molekulalarining sonidan ko'proq bo'ladi, degan xulosaga qilmasa.

Maksvell egri chizig'i gazning temperaturasiga ham bog'liq. Temperatura yuqorilashgan sari Maksvell egri chizig'i pasayib katta tezliklar sohasiga cho'ziladi (12.2 – rasm). Maksimumi ham o'ng tomonga siljiydi. Haqiqatan, (12.3) ga asosan,  $T$  ning kattaroq qiymatlarida  $v_e$  ning qiymati ham kattaroq bo'lishi kerak.

(12.2) ifodani boshqacha ko'rinishda ham yozish mumkin. Buning uchun gaz molekulasining issiqlik harakat tezligi va kinetik energiyasi

$$W = \frac{m_M v^2}{2} \quad (12.5)$$



13.2–rasm

munosabat bilan bog'langanligidan foydalanmoqdalarki,

$$v = \sqrt{\frac{2W}{m_M}}, \quad (12.6)$$

degan xulosaga qilmasa. (12.5) ifodaga differensiallash amalini qo'llaylik:

$$dW = m_M v dv.$$

Bundan

$$v dv = dW / m_M. \quad (12.7)$$

munosabatni hosil qilmasa. (12.6) va (12.7) ifodalardan foydalanmoqdalarki, (12.2) dagi  $v^2 dv$  ko'paytmani quyidagicha o'zgartirish mumkinligiga ishonch hosil qilmasa:

$$v^2 dv = v v dv = \sqrt{\frac{2W}{m_M}} \frac{dW}{m_M} = \frac{\sqrt{2}}{m_M^{3/2}} \sqrt{W} dW.$$

Mazkur tenglik va (12.5) munosabatni e'tiborga olib (12.2) ifodani quyidagi ko'rinishda yozishimiz mumkin:

$$\frac{dN}{N} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} (kT)^{-3/2} e^{-\frac{W}{kT}} \sqrt{W} dW. \quad (12.8)$$

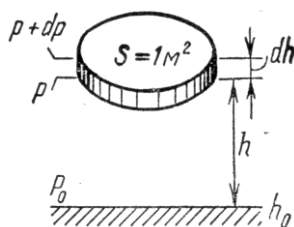
Bu munosabat gaz molekularining issiqlik harakat energiyalari bo'yicha taqsimlanishiga oid Maksvell qonunining ifodasidir.

### Tashqi potensial maydonda zarralarning taqsimlanishiga oid Boltzman qonuni

Yer sirtining dengiz satxidan  $h_0$  balandlikdagi sohasida atmosfera bosimi  $p_0$  bo'lsin. Atmosferaning mazkur sohasidagi birlik hajmda  $n_0$  dona molekula, Yer sirtidan  $h$  balandlikdagi sohasining birlik hajmida esa  $n$  dona molekula mavjud, deb hisoblaylik. Atmosferaning  $h$  balandlikdagi sohasida qalinligi  $dh$ , asosining yuzi  $S = 1 \text{ m}^2$  bo'lgan silindrsimon elementar qatlamni xayolan ajrataylik (12.3 – rasm). Bu qatlamning quyi va yuqori asoslariga ta'sir etadigan atmosfera bosimining qiymatlarini mos ravishda  $r$  va  $r+dp$  deb belgilaylik.

Atmosferaning  $h$  balandlikdagi bosimi ( $r$ ) mazkur sohadan yuqoridagi qatlamlarning og'irligi tufayli vujudga keladi. Shuning uchun  $h+dh$  balandlikdagi atmosfera bosimining qiymati ( $r+dp$ ) undan  $dh$  qadar pastroq sohadagi atmosfera bosimining qiymati ( $r$ ) dan kichikroq bo'ladi. Binobarin,  $dp$  – manfiy kattalik. Uning qiymati  $dh$  qalinlikdagi xavo qatlamida mavjud bo'lgan barcha molekularning umumiy og'irligiga teng:

$$dp = -\rho g dh = -n m_M g dh. \quad (12.9)$$



13.3–rasm

Ikkinchi tomondan, normal sharoitlarga yaqin bo'lgan hollarda atmosfera tarkibidagi gazlarga ideal gaz qonunlarini qo'llash mumkin. Shu sababli  $h$  balandlikdagi bosim ( $r$ ) va birlik hajmdagi molekular soni ( $n$ ) orasida quyidagi bog'lanish o'rinli bo'ladi;

$$p = nkT. \quad (12.10)$$

(12.9) ni (12.10) ga bo'lsak,

$$\frac{dp}{p} = \frac{m_M g}{kT} dh$$

munosabatni hosil qilmasa, uni  $h_0$  dan  $h$  gacha intervalda (bu intervalga bosimning  $r_0$  dan  $r$  gacha intervali mos keladi)  $g$  va  $T$  ni o'zgarimas deb hisoblab integrallaylik:

$$\int_{p_0}^p \frac{dp}{p} = -\frac{m_M g}{kT} \int_{h_0}^h dh.$$

Natijada



$$lpr - lpr_0 = -\frac{m_M g}{kT} (h - h_0)$$

tenglamani hosil qilmasa. Mazkur munosabatni potentsirlash (potensirlash – logarifmlashga teskari amal bo‘lib, bunda berilgan logarifmga qarab sonning o‘zi topiladi) tufayli

$$\frac{p}{p_0} = e^{-\frac{m_M g}{kT} (h - h_0)}$$

yoki

$$p = p_0 e^{-\frac{m_M g}{kT} (h - h_0)} \quad (12.11)$$

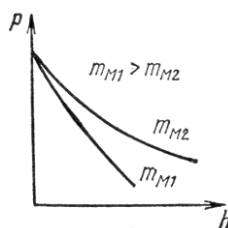
ifoda vujudga keltiriladi. Balandlikni hisoblash dengiz sathidan boshlangan hollarda  $h_0=0$  bo‘lganligi uchun (12.11) ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$p = p_0 e^{-\frac{m_M g h}{kT}} \quad (12.12)$$

$k = R/N_A$  va  $m_M N_A = M$  ekanini e‘tiborga olib, yuqoridagi tenglamani

$$p = p_0 e^{-\frac{M g h}{RT}} \quad (12.12a)$$

ko‘rinishda ham yozish mumkin. (12.12) yoki (12.12a) tenglama *barometrik formula* deb ataladi. Demak, balandlik ortgan sari bosim eksponensial qonun bo‘yicha kamayib boradi. Gazlar aralashmasi (xususan, atmosfera havosi) bilan ish tutilganda barometrik formulani har bir gazning parsial bosimi uchun qo‘llash mumkin. (12.12) ga asosan, balandlik ortgan sari og‘irroq gazlarning bosimi engilroq gazlarning bosimiga nisbatan jadalroq kamayib boradi (12.4–rasm). Haqiqattan, atmosferaning yuqori qatlamlarida engil gazlar ko‘proq bo‘ladi.



13.4–rasm

Lekin shuni alohida qayd qilaylikki, barometrik formulani chiqarishda barcha balandliklardagi havo temperaturasi o‘zgarmaydi, deb faraz qilinadi. Aslida, balandlik ortgan sari temperatura kamayib boradi. Temperaturaga tuzatma kiritib barometrik formula Yordamida tog‘ cho‘qqilari, uchuvchi apparatlarning parvoz vaqtidagi balandliklari haqida ma‘lumot olinadi.

Yuqorida qayd qilganimizdek, gazning ixtiyoriy balandlikdagi bosimi shu sathning birlik hajmidagi molekularlar soniga proporsional. Shuning uchun

$$\frac{p}{p_0} = \frac{n}{n_0}$$

deb hisoblashimiz va barometrik formuladagi bosimlar (ya‘ni  $r$  va  $r_0$ ) o‘rniga birlik hajmdagi molekular soni (ya‘ni  $n$  va  $n_0$ ) ni qo‘yish mumkin:

$$n = n_0 e^{-\frac{m_M g h}{kT}} \quad (12.13)$$

Mazkur ifodadagi  $m_M g h$  kattalik molekulaning  $h$  balandlikdagi potensial energiyasi ( $U$ ) ni ifodalaydi. Shu sababli (12.13) munosabatni

$$n = n_0 e^{-\frac{U}{kT}} \quad (12.14)$$

ko‘rinishda yoza olamiz. Boltsman taqsimoti deb ataladigan bu tenglama faqat Yerning tortish maydonidagi zarralar uchungina emas, balki ixtiyoriy potensial maydonda joylashgan zarralar uchun ham qo‘llanilishi mumkin.

Boltsman qonunining analitik ifodasi bo‘lgan (12.14) munosabat potensial maydondagi molekularning taqsimlanishini ikki protsessga bog‘liq ravishda aniqlaydi. Birinchi protsess – tashqi maydon ta‘sirida molekularning tartibli ravishda joylashishga intilishidir. Ikkinchi protsess – molekularning issiqlik harakati tufayli tartibsizlanishidir. Birinchi protsess  $U$  energiya bilan, ikkinchi protsess esa  $kT$  energiya bilan xarakterlanadi. Bu energiyalar nisbati, ya‘ni  $U/(kT)$  kattalik zarralarning

«tartiblanganlik darajasi» ni ifodalaydi. Xususan, Yer atmosferasidagi gazning temperaturasi pastroq, molekularining massasi esa kattaroq bo'lsa, ya'ni  $U/(kT)$  nisbat qanchalik katta bo'lsa, mazkur gaz Yer sirtiga yaqin sohalarda shunchalik zichlashibroq joylashadi. Chegaraviy holda, ya'ni  $T=0$  deb faraz qilinganda, issiqlik harakati to'xtaydi va molekular Yer sirtiga yopishib qolgan qatlamni tashkil etadilar. Temperatura yuqorilashgan sari  $U/(kT)$  ning qiymati kichiklashadi. Bunday hollarda balandlik ortgan sari gaz molekulari zichligining kamayishi sustroq bo'ladi.

### **13 –MA'RUZA** **TERMODINAMIKA ASOSLARI** **REJA:**

1. Energiyaning erkinlik darajasi bo'yicha tekis taqsimot qonuni.
2. Ichki energiya o'zgarishi. Termodinamik ish.
3. Issiqlik miqdori. Adiabatik jarayon.
4. Termodinamikaning birinchi qonuni va uni izojarayonlarga tatbiqi.

#### **TAYANCH SO'Z VA IBORALAR**

Energiya, ichki energiya, termodinamik ish, issiqlik miqdori, adiabatik jarayon, termodinamikaning birinchi qonuni.

#### **Erkinlik darajasi. Ideal gaz ichki energiyasi. Termodinamikaning birinchi qonuni. Ideal gazning issiqlik miqdori va sig'imi. Adiabatik jarayon**

Berilgan ideal gazning ichki energiyasi deganda, shu gazni tashkil etuvchi barcha molekularning betartib tarzidagi ilgarilanma va aylanma harakat kinetik energiyalari bilan molekularidagi atomlarning betartib tarzidagi tebranma harakat kinetik va potentsial energiyalarning yig'indisi tushuniladi.

Bir atomli molekulaning harakati faqat ilgarilanma harakatdan iborat bo'ladi. Lekin ikki va undan ortiq atomlardan tashkil topgan molekular ilgarilanma 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.

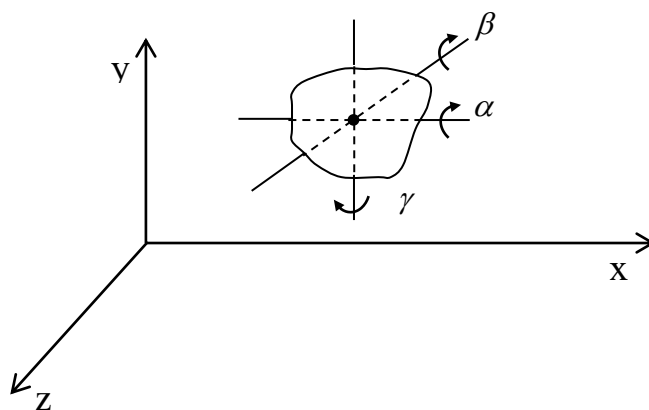
To'la energiyani hisoblash uchun erkinlik darajasi tushunchasi bilan tanishib chiqaylik. Jismning fazodagi vaziyatini to'la ravishda ifodalash uchun zarur bo'lgan erkli koordinatalar soniga shu jismning erkinlik darajasi deyiladi.

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 vaqtda 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 bog'langan bo'lsa, yani masofa vaqt o'tishi bilan o'zgarib tursa, 6 ga teng bo'lishi kerak.

Molekula inertsia markazining fazodagi vaziyati  $X, Y, Z$  koordinatalari bilan aniqlanadi.

Atomlar orasidagi masofa o'zgarmas bo'lsa, molekulaning fazodagi vaziyatini aniqlash uchun zarur bo'lgan koordinatalar  $x, y, z$  va  $\alpha, \beta, \gamma$  lardan iborat buladi va bunday molekulaning erkinlik darajasi 5 ga teng.



13.1 – 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 ilgariharakat 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 ilgariharakat, aylanma va tebranma harakatlar erkinlik darajalarining yig'indisidan iborat deb qarash mumkin:

$$i = i_{ul} + i_{ai} + i_{me\sigma} \quad (13.1)$$

Ilgariharakat erkinlik darajasi 3 ga teng ekanligini etiborga olib, ilgariharakatning har bir erkinlik darajasiga  $\frac{1}{2}kT$  energiya to'g'ri keladi degan xulosaga ega bo'lamiz. Umuman, ilgariharakat, aylanma va tebranma harakatning birortasi ikkinchisidan ustun ravishda ajralib turmaydi.

Statistik fizikaning muhim qonunlaridan biri - energiyaning erkinlik darajasi bo'yicha bir xilda taqsimlanish qonuni ilgariharakat, 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

$$\varepsilon = \frac{i}{2}kT \quad (13.2)$$

ifoda orqali aniqlanadi. Lekin  $i$  ni aniqlashda quyidagilarga etibor berilishi kerak. Molekula ilgariharakat 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. (13.2) munosabatdan foylanaib, berilgan ideal gazning ichki energiyasini aniqlash mumkin. Misol uchun bir mol ideal gazning ichki energiyasi quyidagiga teng:

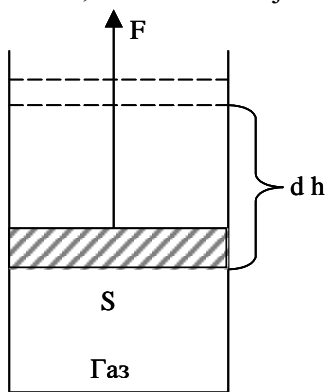
$$U_M = N_A \langle \varepsilon \rangle = \frac{i}{2}kTN_A = \frac{i}{2}RT \quad (13.3)$$

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

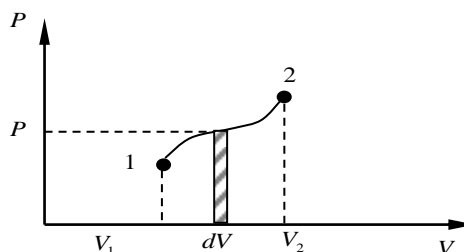
Issiqlik o'tkazuvchanlik jarayonida bir sistemadan ikkinchi sistemaga uzatilgan energiyani issiqlik miqdori deb ataladi. Issiqlik miqdori va energiya bir xil birliklarda o'lchanadi. Mexanik harakat energiyasi issiqlik harakati energiyasiga aylanishi va aksincha bo'lishi mumkin. Masalan, ma'lum balandlikdan tashlab yuborilgan jism Yer sirtiga tushib unga absolyut noelastik tarzda urilsin. Urilish jarayonida jismning kinetik energiyasi to'la ravishda ichki energiyaga aylanadi.

Natijada jism va Yer sirtining urilishda ishtirok etayotgan qismining haroratlari ortadi. Ya'ni, mexanik energiya issiqlik energiyasiga aylanadi. Issiqlik energiyasining mexanik energiyaga aylanishini esa quyidagi misolda qurish mumkin. Juda osonlik bilan sirpana oladigan porshenli silindrlilik idish ichidagi gazga issiqlik miqdori berilsa, uning harorati ko'tarila boshlaydi va (13.3) munosabatga asosan, gazni tashkil etuvchi har bir molekulaning ilgariharakat harakati natijasida erishgan kinetik energiyasi orta boshlaydi. Bu esa o'z navbatida gazning idish devoriga ko'rsatayotgan bosimini ortishiga olib keladi. Natijada porshen

yuqoriga ko'tarilib, mexanik ish bajariladi (13.2-rasm).



13.2-rasm



13.3-rasm

Bajarilayotgan ish porshening potentsial energiyasiga aylana boradi. Porshenni yuzi  $S$ , gazning idish devoriga ko'rsatayotgan bosimi  $P$  bo'lsa, porshenga ta'sir etayotgan ko'taruvchi kuch  $F = PS$  buladi. Gazning porshenni  $dh$  balandlikka ko'tarishdagi bajargan elementar ishi.

$$dA = Fdh = pSdh = pdV \quad (13.4)$$

bunda  $dV$  - porshenni  $dh$  balandlikka kutarilishi natijasida gaz hajmining o'zgarishi, gaz hajmining kengayayotgan holi uchun  $dV$  musbat ishorada buladi. Gazning harorati qandaydir usul bilan sovitilsa yoki muvozanatda turgan porshen ustiga biror yuk qo'yilsa, porshen pastga tusha boshlaydi, gaz hajmi kichraya boradi. Bunday holda bajarilgan ish manfiy ishorali buladi. Demak, gazning tashqi jismlar ustida bajargan ishi musbat va tashqi kuchlarning gaz ustida bajargan ishi esa manfiy ishorali ekan.

Elementar bajarilgan ish son jihatdan 13.3-rasmda shtrixlangan yuzaga teng. Sistemaning 1 holatdan 2 holatga o'tishidagi bajarilgan to'la ish 1-2 chizig'i ostidagi yuzaga teng, ya'ni

$$A = \int_{V_1}^{V_2} pdV \quad (13.5)$$

Agar kuzatilayotgan gazga ideal gaz tarzida qaralayotgan bo'lsa va kengayis jarayonida harorat o'zgarimasdan qolsa, tashqaridan berilayotgan issiqlik miqdori to'laligicha porshening potentsial energiyasiga aylanib boradi. Sistemaga berilgan elementar issiqlik miqdori  $dQ$  sistema tomonidan bajarilgan elementar ish  $dA$  va shu jarayonda sistema ichki energiyasining o'zgarishi  $dU$  bo'lsa, ular orasidagi o'zaro boglanishni energiyaning saqlanish qonuniga asosan quyidagicha yozish mumkin:

$$dQ = dU + dA \quad (13.6)$$

Sistemaning bir holatdan ikkinchi holatga o'tishida ichki energiyasi  $U_1$  dan  $U_2$  gacha o'zgargan va shu bilan bir vaqtda sistemaning tashqi kuchlariga qarshi bajargan ishi  $A$  ga teng va sistemaga berilgan issiqlik miqdori  $Q$  bo'lsa, formula bu jarayon uchun quyidagicha yoziladi:

$$Q = U_2 - U_1 + A \quad (13.7)$$

(13.6) va (13.7) formulalar termodinamika birinchi qonunining matematik ifodasidir. Termodinamika birinchi qonunini quyidagicha ta'riflash mumkin: sistemaga berilgan issiqlik miqdori sistema ichki energiyasining o'zgarishiga va sistemaning tashqi kuchlarga qarshi ish bajarishiga sarflanadi.

Sistemaning bir holatdan ikkinchi holatga o'tishidagi bajarilgan ish va issiqlik miqdori faqat boshlangich hamda oxirgi holatlarga bog'liq bo'lmasdan, sistemaning birinchi holatdan ikkinchi holatga qanday usul bilan o'tganligiga ham bog'liq. Boshqacha so'z bilan aytganda, sistemaning berilgan holatini xarakterlovchi aniq bajarilgan ish va issiqlik miqdori mavjud emas. Ichki energiya esa sistema holatining funksiyasidir, ya'ni sistemaning har bir holati aniq ichki energiya bilan xarakterlanadi. Sistemaning istalgan holatdagi ichki energiyasining qiymati sistema bu holatga qanday usul bilan kelganligiga bog'liq emas. Demak, elementar jarayonda ichki energiyaning o'zgarish jarayoni qanday yo'l bilan sodir bo'lganligiga bog'liq emas.

Bajarilgan elementar ish va elementar issiqlik miqdori jarayon qanday yo'l bilan sodir bo'lganligiga bog'liqdir. Shuning uchun ham  $dU$  - to'la differensial bo'lib,  $dQ$  va  $dA$  - to'la differensial emas degan xulosaga kelish mumkin.

Ideal gazning issiqlik miqdori va sig'imi. Berilgan jismning issiqlik sig'imi deb, shu jism haroratini bir gradus oshirish uchun jismga berilishi zarur bo'lgan issiqlik miqdoriga teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi:

$$C_{jism} = \frac{dQ}{dT} \quad (13.8)$$

Jismning issiqlik sig'imi, avvalo, uning massasiga bog'lik. Shuning uchun ham odatda, asosan, solishtirma issiqlik sig'imi va molyar issiqlik sig'imi ko'p ishlatiladi.

Bir jinsli moddaning birlik massasining issiqlik sig'imi solishtirma issiqlik sig'imi deb ataladi.

Bir mol jismning issiqlik sig'imi molyar issiqlik sig'imi deb ataladi. Moddaning molyar issiqlik sig'imi  $C$  bilan, shu moddaning solishtirma issiqlik sig'imi  $c$  orasida quyidagi munosabat mavjud:

$$C = cM \quad (13.9)$$

Jism issiqlik sig'imining kattaligi jismga qanday sharoitda issiqlik berilayotganiga bog'liq. Masalan, agar gazga  $dQ$  issiqlik miqdori berilayotganida u kengayib borsa (tashqi kuchlarni engib ish bajaradi), gaz haroratining ortishi hajm o'zgarmaydigan jarayondagiga nisbatan kam bo'ladi.

Endi hajm uzgarmas bulgan sharoitda molyar issiqlik sig'imi  $C_V$  va bosim o'zgarmas bo'lgan sharoitda molyar issiqlik sig'imi  $C_p$  bilan tanishib chikaylik. Bu issiqlik sig'imlarini nazariy jihatdan gazning ichki energiyasi va bajarilgan ish ifodalari orqali hisoblash mumkin. Hajm o'zgarmay qoladigan sharoit uchun molyar issiqlik sig'imini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$C_V = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_V$$

Hajm o'zgarmas bo'lganligi uchun  $dV = 0$  va (13.4) ga asosan (13.7) munosabatni bir mo'l ideal gaz uchun quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$(dQ)_V = dU_M$$

bundan

$$C_V = \left(\frac{dU_M}{dT}\right)_V \quad (13.10)$$

(13.10) formuladan ko'rinadiki,  $C_V$  ya'ni bir mol ideal gazning hajm o'zgarmay qoladigan sharoitdagi issiqlik sig'imi gaz ichki energiyasining ifodasidan harorat bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilasiga teng.

Bir mol ideal gazning ichki enegiyasi  $U_M = \frac{i}{2}RT$  ga teng ekanligini etiborga olgan holda, bu ifodani harorat bo'yicha differentsiallab,  $C_V$  ni aniqlash mumkin:

$$C_V = \frac{i}{2}R \quad (13.11)$$

(13.11) munosabatdan ko'rinib turibdiki, ideal gazning hajmi o'zgarmas bo'lgan sharoitda molyar issiqlik sig'imi gaz molekularining erkinlik darajasi orqali aniqlanib, gaz holatini xarakterlovchi parametrlarga bog'liq emas ekan.

Bosim o'zgarmas bo'lgan sharoitda gazga berayotgan issiqlik miqdori gazning ichki energiyasining ortishiga va tashqi kuchlarga karshi ish bajarishga sarf buladi. Termodinamika birinchi qonunining ifodalanib, bosim o'zgarmas bo'lgan sharoitda molyar issiqlik sig'imini quyidagicha yozish mumkin.

$$C_p = C_V + R \quad (13.12)$$

(13.12) tenglikdan ko'rinib turibdiki, gaz doimiysi  $R$  son jihatdan bosim o'zgarmas bo'lgan sharoitda 1 mol ideal gazning haroratini bir gradusga ko'tarishda gazning tashqi kuchlarga qarshi bajargan ishiga teng ekan.

(13.12) formula bo'yicha  $C_V$  ning qiymati ni (13.11) munosabatga keltirib qo'yib,  $C_p$  ni yana quyidagicha ifodalash mumkin:

$$C_p = \frac{i}{2}R + R = \frac{i+2}{2}R \quad (13.13)$$

$C_p$  ning  $C_V$  ga nisbatini  $\gamma$  orqali belgilab

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{i+2}{i} \quad (13.14)$$

$\gamma$  ning qiymati hamma vaqt birdan katta va gazni tashkil etuvchi molekularning erkinlik darajalariga bog'liqdir. Klassik nazariya asosida aniqlangan issiqlik sig'imi  $C_V$  va  $C_p$  faqat gazni tashkil etuvchi molekularning erkinlik darajalariga bog'liq, ya'ni barcha bir atomli gazlar bir xil  $C_V$  va  $C_p$  ga ega. Ikkinchi tomondan (13.10) va (13.12) munosabatlardan ko'rinadiki, issiqlik sig'imi klassik nazariyaga asosan haroratga bevosita bog'liq bo'lmasligi kerak. Tajribalarda olingan ma'lumotlar ko'pchilik ayniqsa, bir atomli

va ikki atomli gazlarning molyar issiqlik sig'implari ma'lum harorat intervalida nazariy hisoblash orqali aniqlangan qiymatlarga juda yaqin ekanligini ko'rsatadi. Lekin murakkab molekulari gazlar uchun tajribada olingan natijalar nazariy jihatdan hisoblangan qiymatlardan farq qiladi.

### NAZORAT SAVOLLARI.

1. Energiyaning erkinlik darajasi bo'yicha tekis taqsimot qonuni.
2. Ichki energiya o'zgarishi.
3. Termodinamik ish.
4. Issiqlik miqdori.
5. Adibatik jarayon.
6. Termodinamikaning birinchi qonuni
7. Izojarayonlar.

### 14 –MA'RUZA QAYTAR VA QAYTMAS JARAYONLAR.

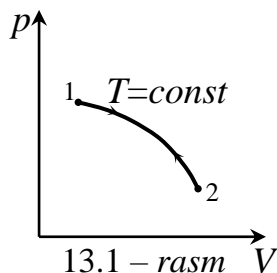
#### REJA:

1. Qaytar va qaytmas jarayonlar. Entropiya.
2. Issiqlik dvigatellari.

#### TAYANCH SO'Z VA IBORALAR.

Qaytar va qaytmas jarayonlar, entropiya, issiqlik dvigatellari, termodinamikaning ikkinchi bosh qonuni, karno sikli va uning foydali ish ko'effitsienti, karno teoremasi.

Izolyatsiyalangan sistemada sodir bo'ladigan barcha protsesslarni ikki sinfga – *qaytuvchan va qaytmas* protsesslarga ajratish mumkin. Masalan, izolyatsiyalangan sistemada amalga oshayotgan biror protsess tufayli jism 1-holatdan 2-holatga o'tsin, so'ng yana 1-holatga qaytsin. Mazkur protsessning ( $p, V$ ) diagrammadagi grafigi 13.1 – rasmda tasvirlangan.



Jismning 2-holatdan 1-holatga qaytishini xuddi 1-holatdan 2-holatga o'tishdagi o'sha oraliq holatlar orqali va atrofdagi jismlarda hech qanday o'zgarish sodir bo'lmaydigan tarzda amalga oshirilsa, *qaytuvchan protsess* ro'y bergan bo'ladi. Aksincha, jismning boshlang'ich holatga qaytishi tugallangandan so'ng atrofdagi jismlarda yoki shu jismning o'zida qandaydir o'zgarishlar mavjud bo'lgan holda protsessni *qaytmas protsess* deb ataladi. Faqat muvozanatli protsess qaytuvchan bo'lishi mumkin. Muvozanatli protsessda jism bir qator muvozanatli holatlardan o'tadi. Bu holatlar bir-biridan juda kam farqlanadi. Mazkur muvozanatli holatlardan jism  $1 \rightarrow 2$  yo'nalishda ham  $2 \rightarrow 1$  yo'nalishda ham o'tishi mumkin. Lekin protsessning har bir oraliq bosqichi tufayli atrofdagi jismlarda vujudga keladigan o'zgarishlar  $1 \rightarrow 2$  va  $2 \rightarrow 1$  yo'nalishlar uchun ishorasi bilan farqlanadi. Shu sababli jism dastlabki holatga qaytganda atrofdagi jismlarda vujudga kelgan barcha o'zgarishlar bir-birini qoplab yo'qotadi.

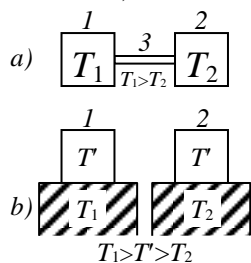
Qaytmas protsessning Yorqin misoli – ishqalanish bilan o'tadigan protsesslardir. Haqiqatan, ishqalanish jarayonida ishning bir qismi issiqlik miqdoriga aylanishi tufayli ishqalanuvchi sirtlar isiydi va issiqlik miqdori atrofdagi jismlarga tarqaladi. Tarqalib ketgan bu issiqlik miqdorining qaytadan ishqalanuvchi sirtlarga to'planishi va butunlay ishga sarflanishi hech qanday protsessda amalga oshmaydi, albatta. Shu sababli ishqalanish bilan birgalikda amalga oshadigan protsesslar qaytmas protsesslardir.

Binobarin, har qanday real mexanik protsess – qaytmas protsessdir, chunki ular amalga oshayotganda bir oz bo'lsa ham ishqalanish mavjud. Lekin qaytuvchan protsessga anchagina yaqin bo'lgan mexanik protsesslar ham mavjud. Masalan, elastik po'lat Sharchaning elastik gorizontali tekislikda erkin tushishi natijasida Sharcha sakrab dastlabki balandligiga nihoyatda yaqin bo'lgan masofagacha ko'tariladi. Tabiiyki, Sharcha va gorizontali tekislikning elastikligi qanchalik katta bo'lsa, mazkur mexanik protsess

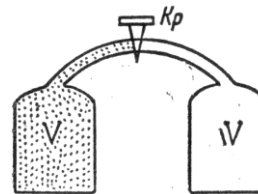


qaytuvchan protsessga shunchalik yaqinroq bo‘ladi. Shuningdek, uzun osmaga osilgan og‘ir mayatnik tebranishlarida kinetik energiyaning potensial energiyaga va aksincha, potensial energiyaning kinetik energiyaga deyarli to‘liq aylanishlari sodir bo‘ladi. Shu sababli mayatnik yetarlicha uzoq vaqt tebranib turadi. Tebranish qanchalik uzoq davom etsa, mazkur mexanik protsessni qaytuvchan protsessga shunchalik yaqinroq deb hisoblash mumkin.

Issiqroq jismdan sovuqroq jisimga issiqlik uzatish bilan bog‘liq protsesslar ham qaytmas bo‘ladi. Masalan, temperaturalari bir-biridan farqlanadigan 1- va 2-jismlar mavjud. 1-jism temperaturasi ( $T_1$ ) 2-jism temperaturasi ( $T_2$ ) dan katta, ya‘ni  $T_1 > T_2$  bo‘lsin. Bu ikki jismla issiqlik o‘tkazuvchanligi juda zaif bo‘lgan 3-jism bilan tutashtiraylik (14.2a–rasm). 1-jismdan 2-jisimga issiqlik miqdori juda sekin o‘ta boshlaydi, ya‘ni mazkur protsess kvazimuvozanatli bo‘ladi. 1- va 2-jismlarning temperaturalari tenglashib biror  $T'$  qiymatga ega bo‘lgach, 3-jismla olib tashlaylik, so‘ng 1-jismla temperaturasi  $T_1$  bo‘lgan termostat (temperaturani o‘zgarimas, masalan  $T_1$  da saqlash uchun qo‘llaniladigan qurilma) ga, 2-jismla esa temperaturasi  $T_2$  bo‘lgan termostatga tutashtiraylik (14.2b–rasm). Natijada kvazimuvozanatli protsesslar amalga oshib, 1-jism  $T_1$  gacha isiydi, 2-jism  $T_2$  gacha soviydi. Mazkur misolda ikkala jism ham, avval, bir qator oraliq muvozanatli holatlardan biror keyingi holatga o‘tdi, so‘ng boshlang‘ich holatlariga o‘sha oraliq muvozanatli holatlar bo‘yicha qaytarildi. Lekin birinchi termostat 1-jisimga biror issiqlik miqdori berdi, ikkinchi termostat esa xuddi shuncha issiqlik miqdori oldi. Binobarin, termostatlarda (ya‘ni atrofdagi jismlarda) o‘zgarishlar vujudga keldi. Qaytmas protsessga yana bir misol keltiraylik. Ikki hajm ( $V$  va  $\Delta V$ ) kran ( $Kr$ ) li nay bilan tutashtirilgan (14.3 – rasm).



13.2–rasm

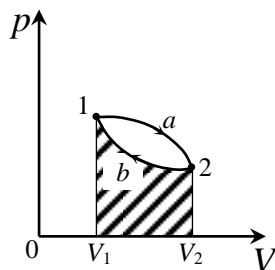


13.3–rasm

$V$  hajmda gaz mavjud.  $\Delta V$  hajmdan havo so‘rib olingan, ya‘ni vakuum vujudga keltirilgan. Agar kranni ochib yuborsak,  $V$  dagi gaz kengayadi, u ikkala hajm ( $V$  va  $\Delta V$ ) ni egallaydi. Lekin bunday kengayishda gaz hech qanday qarshilikni engmadi, ya‘ni vakuumga kengaydi. Shu sababli ish bajaradi. Protsessni qaytarish uchun gazni siqib dastlabki holatga ( $V$  hajmli holatga) keltirish lozim. Buning uchun biror ish bajarish kerak. Ish bajarish jarayoni esa atrofdagi jismlarda o‘zgarish vujudga keltiradi. Binobarin, gazning (hatto ideal gazning) vakuumga kengayishi – qaytmas protsessdir.

### Sikl, isitkich va sovutkich mashinalari

Jismla 1-holatdan 2-holatga o‘tkazib, so‘ng uni boshqa oraliq holatlardan yana dastlabki 1-holatga qaytarilganda siklik protsess yoki, oddiygina nom bilan ataganda *sikl* amalga oshirilgan bo‘ladi.  $1 \rightarrow 2$  va  $2 \rightarrow 1$  o‘tishlar muvozanatli bo‘lsa, siklning ham *muvozanatli sikl* deb ataladi. ( $p, V$ ) diagrammada muvozanatli siklning grafigi berk chiziqdan iborat bo‘ladi (14.4 – rasm).



16.4–rasm

Ikki xil siklning farq qilish lozim:

- 1) to‘g‘ri sikl yoki isitkich mashina sikli;
- 2) teskari sikl yoki sovutkich mashina sikli.

To‘g‘ri sikl amalga oshayotganda jism (odatda, uni *ishchi jism* deb ataladi) tashqaridagi temperaturasi yuqoriroq jismdan (bu jismla *isitkich* deb ataladi)  $Q_1$  issiqlik miqdori oladi. Bu issiqlik miqdori

ta'sirida ishchi jism kengayadi. Kengayish protsessida bajarilgan ishning qiymati ( $A_1$ ) 14.4–rasmdagi  $1a2V_2V_1I$  shaklning yuziga teng. Agar kengayish protsessidagi ishchi jism ichki energiyaning o'zgarishi  $\Delta U=U_2-U_1$  ekanligini e'tiborga olsak, termodinamikaning birinchi bosh qonunini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$Q_1=U_2-U_1+A_1. \quad (14.1)$$

Ishchi jismni 2-holatdan dastlabki 1-holatga qaytarish uchun uni siqish lozim. Buning uchun ishchi jism kengayayotganda bajarilgan ishning bir qismidan foydalanmoqdalarki. Masalan, issiqlik mashinalarda ishchi jism kengayib maxovikni aylanma harakatga keltiradi. Maxovikning kinetik energiyasidan esa ishchi jismni siqishda foydalanmoqdalarki mumkin. Siqish protsessida bajarilgan manfiy ish ( $-A_2$ ) ning miqdori 14.4–rasmda shtrixlangan  $1b2V_2V_1I$  yuz bilan aniqlanadi. Bu protsessda ishchi jism tashqaridagi pastroq temperaturali jismga (uni *sovitkich* deb ataladi)  $Q_2$  issiqlik miqdori beradi.  $2 \rightarrow 1$  protsess tufayli ishchi jism ichki energiyasining o'zgaruvi ( $\Delta U$ ) esa muayyan protsessning oxirgi holati (1-holat) va boshlang'ich holati (2-holat) ga mos bo'lgan ichki energiyaning qiymatlarining ayirmasi  $U_1-U_2$  bilan ifodalanadi. U holda termodinamikaning bosh qonuni

$$-Q_2=U_1-U_2-A_2 \quad (14.2)$$

ko'rinishda yoziladi. Mazkur ifodada ishchi jism sovitkichga berayotgan  $Q_2$  issiqlik miqdori ishchi jism sovitkichdan olayotgan  $-Q_2$  issiqlik miqdoriga ekvivalent ekanligiga amal qilindi.

Yuqoridagi ikki tenglamani qo'shish natijasida

$$Q_1 - Q_2 = A_1 - A_2$$

ifodani hosil qilmasa. Bunday  $A_1 - A_2$  ning miqdori 14.4–rasmdagi sikl grafigi bilan chegaralangan shakl yuziga teng. Uni siklning foydali ishi deb ataylik va  $A$  deb belgilaylik:

$$A = Q_1 - Q_2. \quad (14.3)$$

Sikl tugallangach, ishchi jism o'zining dastlabki holatiga qaytganligi tufayli ishchi jismning ichki energiyasi o'zgar olmaydi. Shu sababli siklning foydali ishi ishchi jismga issiqlik miqdori berayotgan tashqi manbalar (isitkich) hisobiga bajariladi. Sikl davomida bajarilgan foydali ish ishchi jism isitkichdan va sovitkichdan olgan issiqlik miqdorlarining yig'indisiga (ya'ni isitkichdan olgan va sovitkichdan bergan issiqlik miqdorlarining ayirmasiga) teng bo'ladi.

Issiqlik mashinalariga misol qilib bug' mashina, bug' trubina, ichki Yonish dvigatellarini ko'rsatish mumkin. Bug' mashina va bug' trubinalarda isitkich vazifasini bug' qozon, ishchi jism vazifasini bug', sovitkich vazifasini atmosfera yoki ish bajarib bo'lgan bug'ni sovitadigan maxsus qurilma bajaradi. Ichki Yonish dvigatellarida esa yoqilg'i (masalan, benzin, kerosin yoxud dizel yoqilg'isi) bir vaqtda ham isitkich, ham ishchi jism vazifasini o'taydi. Maxsus qurilmalar yoqilg'i va havo aralashmasini tayyorlab uni dvigatel silindrining ichiga kiritadi. Aralashma silindr ichida portlashsimon tarzda Yonadi. Yonish mahsullarining o'zi ishchi jism sifatida foydalanmoqdalarki va har bir sikl oxirida atmosferaga chiqarib yuboriladi.

Issiqlik mashinalarning samaradorlik darajasi *foydali ish koeffitsienti* (qisqacha FIK) deb ataladigan kattalik bilan aniqlanadi. Bu kattalik fransuz injeneri Sadi Karno tomonidan kiritilgan:

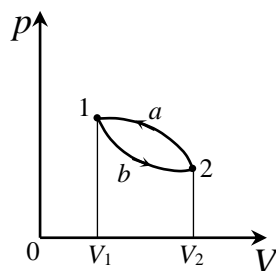
$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}. \quad (14.4)$$

Demak, *issiqlik mashinaning foydali ish koeffitsienti sikl davomida bajarilgan foydali ishning isitkichdan olingan issiqlik miqdoriga nisbati tarzida aniqlanadi.*

Teskari siklning ( $p, V$ ) diagrammadagi grafigi 14.5 – rasmda tasvirlangan. Mazkur siklda ishchi jismning kengayish protsessi ( $1 \rightarrow 2$  protsess) siqilish protsessi ( $2 \rightarrow 1$  protsess) ga nisbatan pastroq bosim va temperaturalarda amalga oshiriladi. Shuning uchun ishchi jismni siqish protsessida bajarilgan ish (uning miqdori 14.5 – rasmdagi  $1V_1V_22a1$  shaklning yuziga teng) kengaytirish jarayonida bajarilgan ish (uning miqdori  $1b2V_2V_1I$  shaklning yuziga teng) ga nisbatan katta, ya'ni  $A_2 > A_1$ . Binobarin, teskari sikl ishi

$$A = A_1 - A_2 = -(A_2 - A_1) < 0, \quad (14.5)$$

ya'ni teskari siklda tashqi jismlar ishchi jism ustida ish bajaradi. Mazkur ish issiqlik miqdoriga aylanadi va ishchi jism sovitkichdan olgan issiqlik miqdori ( $Q_2$ ), bilan birgalikda isitkichga beriladi.



13.5–rasm

Mulohazalarda chalkashlik vujudga qilmasa uchun «*isitkich*» va «*sovitkich*» terminlarining ma’nosini oydinlashtirib olaylik. Isitkich mashina sikli (to’g’ri sikl) haqida mulohaza yuritilganda «*isitkich*–ishchi jismga issiqlik miqdori berayotgan tashqi jism», «*sovitkich*–ishchi jismdan issiqlik miqdori olayotgan tashqi jism» tarzida ham sharhlash mumkin edi. Sovitkich mashina siklida esa ishchi jism sovitkichdan issiqlik miqdori olib isitkichga issiqlik miqdori beryapti. Shu sababli yuqoridagi sharhlash umumiy holni aks ettirmaydi. Bu tashqi jismlarning qaysi biridan issiqlik miqdori olinishi yoki qaysi biriga issiqlik miqdori berilishi siklning to’g’ri yoki teskari ekanligiga bog’liq.

Teskari sikldagi *1b2* kengayish protsessi uchun termodinamikaning birinchi bosh qonuni

$$Q_2 = U_2 - U_1 + A_1 \quad (14.6)$$

ko’rinishda, *2a1* siqilish protsessi uchun esa

$$-Q_1 = U_1 - U_2 - A_2 \quad (14.7)$$

shaklda yoziladi.  $Q_1$  oldidagi minus ishora issiqlik miqdorini ishchi jism isitkichga berayotganligini aks ettiradi.  $A_2$  ham minus ishora bilan olindi, chunki siqilish protsessida mazkur ishni ishchi jism emas, balki tashqi jismlar ishchi jism ustida bajaradi. (14.6) va (14.7) tenglamalarni qo’shib hamda (14.5) munosabatni e’tiborga olsak,

$$|Q_1| = |A| + Q_2 \quad (14.8)$$

ifodani hosil qilmasa. Demak, teskari siklni amalga oshirishda isitkichga berilayotgan issiqlik miqdori sovitkichdan olingan issiqlik miqdori  $|A|$  qadar katta bo’ladi.

Kundalik turmushimizda issiqroq jismlardan sovuqroq jismlarga issiqlik miqdorining uzatilish protsessini kuzatamiz. Bunday protsess amalga oshishi uchun ish bajarishning hojati yo’q, issiqlik uzatilish protsessi o’z-o’zidan sodir bo’laveradi. Teskari siklda esa issiqlik miqdori sovuqroq jismdan issiqroq jismga uzatilishi lozim. Bunday protsess sodir bo’la olmaydi, shuning uchun teskari sikl majbur etish usulida amalga oshiriladi. Bu Yerdan quyidagi o’xshatish o’rinli: ma’lumki, Yer sathining balandroq sohalaridan pastroq sohalariga suv o’z-o’zicha oqaveradi. Lekin pastroq sathdan yuqoriroq sathga suvni chiqarish uchun nasosdan foydalanmoqdalarki majbur bo’lamiz. Bug’lanish protsessida freon bug’latkich devori va unga tegib turgan havodan issiqlik miqdori oladi. Shu sababli sovitish kamerasining va sovitkich ichidagi barcha hajmning temperaturasi pasayadi. Bug’latkichdan freon bug’larining kompressor so’rib oladi va sikl qaytadan boshlanadi.

Sovitkich mashinalar samaradorligi sovitish koeffitsienti deb ataluvchi va sovitkichdan olingan issiqlik miqdorining siklni amalga oshirish uchun tashqi jismlar bajargan ishga nisbati tarzida ifodalanuvchi

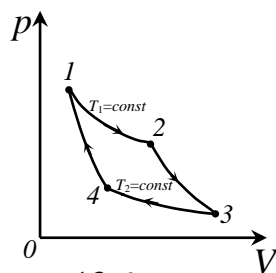
$$\theta = \frac{Q_2}{A} \quad (14.9)$$

kattalik bilan aniqlanadi.

Xulosa qilib aytganimizda, sikl amalga oshishi uchun ishchi jismdan tashqari ish bajaruvchi tashqi jismlar va issiqlikning tashqi manbalari ham qatnashishi lozim. Binobarin, izolyatsiyalangan sistemaning biror qismida sikl sodir bo’layotganda sistemaning boshqa qismlari issiqlik manbalari va ish bajaradigan tashqi jismlar vazifasini o’taydi.

### **Karno sikli va uning foydali ish koeffitsienti**

Sadi Karno tamonidan birinchi marta tekshirilganligi uchun uning nomi bilan yurgiziladigan sikl 2 izoterma va 2 adiabatadan iborat. Karno sikli ideal issiqlik mashinada, ya’ni qaytmaydigan tarzda energiya sarflash (masalan, ishqalanish yoki nur chiqarish vositasida energiyani atrof-muhidga tarqatish) sodir bo’lmaydigan mashinada amalga oshadi. Ishchi jism sifatida 1 mol ideal gazdan foydalanmoqdalarki amalga oshirilgan Karno siklining ( $p, V$ ) diagrammadagi grafigi 14.6–rasm tasvirlangan.



13.6–rasm

Ishchi jism – 1 mol ideal gazning boshlang‘ich holati  $r_1$ ,  $V_{M1}$ ,  $T_1$  parametrlar bilan xarakterlansin. Dastlab gazni izotermik ravishda ( $T_1 = const$ ) kengaytiraylik. Bu protsessda gaz isitkichdan  $Q_1$  issiqlik miqdori oladi. Bosim  $p_2$ , hajim  $V_{M2}$  bo‘lganda (ya’ni 2-holatda) ishchi jismni isitkichdan ajratamiz. 2-holatdan 3-holatgacha gazning adiabatik kengayishiga sharoit yaratamiz. Mazkur protsessda gaz tashqi muhit bilan issiqlik miqdori almashmaydi. Shu sababli gazning ichki energiyasi kamayib, temperaturasi  $T_2$  gacha pasayadi. Adiabatik kengayish protsessi tugallanganda (3-holatda) parametrlari  $p_3$ ,  $V_{M3}$ ,  $T_3$  bo‘ladi. Shundan so‘ng gazni izotermik ravishda ( $T_2 = const$ ) siqamiz. Izotermik kengayish protsessi ( $1 \rightarrow 2$ ) da ishchi jism  $T_1$  temperaturali isitkichga tutashtirilganligi tufayli undan issiqlik miqdori olib turishi evaziga gaz temperaturasi doimiy saqlangandi. Izotermik siqilayotgan gaz qizib ketmasligi, ya’ni temperatura doimiy saqlanishi uchun gazni  $T_2$  temperaturali sovitkichga tutashtirmiz. Natijada gaz izotermik siqilish protsessi ( $3 \rightarrow 4$ ) da sovitkichga  $Q_2$  issiqlik miqdori beradi. Nihoyat, 4-holat (bu holat parametrlari  $p_4$ ,  $V_{M4}$ ,  $T_2$ ) dagi gazni sovitkichdan ajratamiz va adiabatik ravishda siqib boshlang‘ich holatga qaytaramiz. Natijada  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$  sikl yakulanadi. Mazkur siklning adiabatik ravishda amalga oshirilgan  $2 \rightarrow 3$  tarmog‘idagi gazning kengayish ishi musbat,  $4 \rightarrow 1$  tarmog‘idagi gazni siqishda bajarilgan ishi esa manfiy, lekin ularning qiymatlari teng. Haqiqatan, ideal gazning adiabatik o‘zgarishlarda bajarilgan ishi, termodinamikaning birinchi bosh qonuniga asosan, faqat ichki energiyaning o‘zgarishi hisobiga sodir bo‘ladi. Hususan

$$A = C_V(T_1 - T_2)$$

munosabatga asosan  $2 \rightarrow 3$  protsessda (temperatura  $T_1$  dan  $T_2$  gacha o‘zgarayotganda)

$$A' = C_V(T_1 - T_2) > 0$$

va  $4 \rightarrow 1$  protsessda (temperatura  $T_2$  dan  $T_1$  gacha o‘zgarayotganda)

$$A'' = C_V(T_1 - T_2) < 0$$

ish bajariladi. Shuning uchun sikl davomidagi ikkala adiabatik protsessda bajarilgan umumiy ish

$$A' + A'' = C_V(T_1 - T_2) + C_V(T_2 - T_1) = 0$$

bo‘ladi. Binobarin, Karno siklidagi foydali ish ( $A$ ) 1 mol ideal gazning izotermik ravishda ( $T_1 = const$ ) hajmini  $V_{M1}$  dan  $V_{M2}$  gacha kengayishida bajarilgan ish

$$A_1 = RT_1 \ln \frac{V_{M2}}{V_{M1}} \quad (14.10)$$

va  $V_{M3}$  dan  $V_{M4}$  gacha izotermik ( $T_2 = const$ ) siqilishida bajarilgan ish

$$A_2 = RT_2 \ln \frac{V_{M4}}{V_{M3}} = -RT_2 \ln \frac{V_{M3}}{V_{M4}} \quad (14.11)$$

larning yig‘indisidan iborat bo‘ladi, ya’ni

$$A = A_1 + A_2 = RT_1 \ln \frac{V_{M2}}{V_{M1}} - RT_2 \ln \frac{V_{M3}}{V_{M4}}. \quad (14.12)$$

U holda ishchi jism sifatida ideal gazdan foydalanmoqdalarki Karno sikli uchun foydali ish koeffitsientining ifodasi quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$\eta = \frac{RT_1 \ln \frac{V_{M2}}{V_{M1}} - RT_2 \ln \frac{V_{M3}}{V_{M4}}}{RT_1 \ln \frac{V_{M2}}{V_{M1}}}. \quad (14.13)$$

Ikkinchi tomondan, ideal gazning Karno sikli davomidagi 2- va 3-hoлатlari bitta adiabatik protsessga tegishli hoлатlardir. Shuning uchun,

$$TV_M^{\gamma-1} = \text{const}$$

ko‘rinishdagi Puasson tenglamasiga asoslanib, 2- va 3-holatlarining parametrlari orasidagi bog‘lanishni

$$T_1 V_{M2}^{\gamma-1} = T_2 V_{M3}^{\gamma-1} \quad (14.14)$$

ko‘rinishda yoza olamiz. Shuningdek, ideal gazning 4- va 1-hoлатlari uchun ham yuqoridagi mulohazalar o‘rinli, ya‘ni

$$T_1 V_{M1}^{\gamma-1} = T_2 V_{M4}^{\gamma-1} \quad (14.15)$$

bo‘ladi. Agar (14.14) tenglamani (15.15) tenglamaga bo‘lsak va vujudga kelgan nisbatni  $(\gamma-1)$  darajali ildizdan chiqarsak,

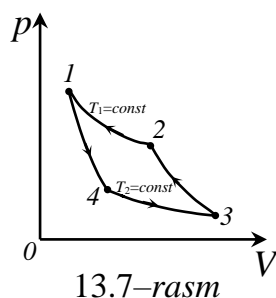
$$\frac{V_{M2}}{V_{M1}} = \frac{V_{M3}}{V_{M4}}$$

munosabat hosil bo‘ladi. Undan foydalanmoqdalarki (14.13) munosabatni quyidagi ko‘rinishda yoza olamiz:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (14.16)$$

Demak, *ideal gaz bilan Karno sikli bo‘yicha ishlaydigan issiqlik mashinaning foydali ish koeffitsienti faqat isitkich va sovitkich temperaturalarning qiymatlari bilan aniqlanadi*. Umuman, Karno siklining foydali ish koeffitsienti ishchi jismning turiga bog‘liq bo‘lmaydi.

Yuqorida baYon etilgan siklda bajarilgan foydali ish musbat qiymatga ega. Shu sababli 14.6–rasmda grafigi tasvirlangan siklni Karnoning *to‘g‘ri* (yoki musbat) *sikli* deb ataladi. Teskari yo‘nalishda sodir bo‘ladigan Karnoning teskari (manfiy) siklini ham amalga oshirish mumkin (14.7–rasm). Teskari siklda tashqi jismlar gaz ustida ish bajaradi ( $A < 0$ ). Bu ish evaziga energiya issiqlik miqdori tarzida sovuqroq jism (sovitkich) dan issiqroq jism (isitkich) ga uzatiladi. Isitkichga berilgan issiqlik miqdori sovitgichdan olingan issiqlik miqdoridan bajarilgan ishning miqdori  $|A|$  qadar ortiq bo‘ladi.



Shuni alohida qayd qilaylikki, (14.16) munosabat qaytuvchan siklning foydali ish koeffitsientini ifodalaydi. Sikl kaytmas bo‘lgan holda ahvol o‘zgacha bo‘ladi. Masalan, porshen va silindr orasidagi ishqalanish tufayli qaytuvchanlikning buzilishini muhokama qilaylik. Ishqalanish tufayli bajarilayotgan ishning bir qismi issiqlik miqdoriga aylanadi. U esa sovitkichga o‘tadi yoki atrof-muhitga tarqaladi. Binobarin, isitkichdan olingan  $Q_1$  issiqlik miqdorining foydali ishga sarflanmagan qismi ( $Q_2$ ) ning qiymati qaytmas siklda qaytuvchan sikldagiga nisbatan kattaroq bo‘ladi. Shu sababli qaytmaydigan siklning foydali ish koeffitsienti

$$\eta' = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (14.17)$$

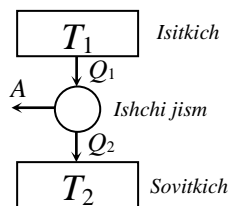
bo‘ladi. Odatda, real mashinalarda energiyaning bir qismi qaytmaydigan tarzda sarflanadi. Demak, *real mashinaning foydali ish koeffitsienti ideal mashinaning foydali ish koeffitsientidan kichikroq bo‘ladi*.

### Termodinamikaning ikkinchi bosh qonuni

Termodinamikaning birinchi bosh qonuni biror protsess amalga oshishi tufayli jism ichki energiyasining o‘zgarishi ( $\Delta U$ ), bajarilgan ish ( $A$ ) va issiqlik miqdori ( $Q$ ) orasidagi miqdoriy bog‘lanishni aniqlaydi. Lekin protsess qaysi yo‘nalishda sodir bo‘lishi mumkin, qaysi yo‘nalishda amalga oshishi mumkin emasligi haqida birinchi bosh qonun hech narsa deya olmaydi. Bu fikrni qo‘yidagi misol ustida oydinlashtiraylik. Zarb bilan tepilgan koptok Yer bo‘ylab biror masofagacha dumalab boradi. Uning to‘xtashiga sabab – koptokning Yer va havo bilan ishqalanishidir. Ishqalanishi jarayonida koptokning kinetik energiyasi issiqlik miqdoriga aylanadi, u esa atrof-muhitga tarqaladi.

Termodinamikaning ikkinchi bosh qonuni ham birinchi bosh qonunidek juda ko‘p tajriba natijalarining umumlashtirish mahsuli sifatida vujudga kelgan. Termodinamikaning ikkinchi bosh qonuni

tabiatda sodir bo‘ladigan protsesslarning amalga oshishi mumkin bo‘lgan yo‘nalishni aniqlaydi. Bu qonunga beriladigan ta’riflarning ba’zilarini sharhlaylik. Termodinamikaning ikkinchi bosh qonuni Plank tomonidan quyidagicha ta’riflangan: *birdan-bir natijasi issiqlik miqdorini ishga aylantirishdan iborat bo‘lgan davriy protsess amalga oshmaydi*. Davriy protsess amalga oshiriladigan qurilmalar uch elementdan – isitkich, ishchi jism va sovitkichdan iborat (14.8–rasm). Binobarin, isitkich mashinaning foydali ish koeffitsienti bo‘ladi, chunki  $Q_1 - Q_2 < Q_1$ .



13.8–rasm

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < 1$$

Hatto Karno sikli bo‘yicha ishlaydigan ideal isitkich mashina uchun ham,

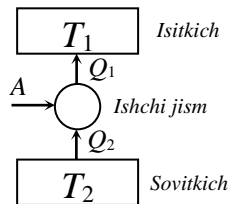
$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (14.18)$$

munosabatdan ko‘rinishicha,  $T_2$  ning qiymati absolyut noldan farq qiladigan barcha temperaturalardan ishchi jism sovitkichga beradigan issiqlik miqdori noldan farqlanadi. Boshqacha qilib aytganda,  $\eta$  ning qiymati eng yuqori bo‘ladigan ideal issiqlik mashinada ham isitkichdan olingan issiqlik miqdorining barcha qismi foydali ishga aylanmaydi. Shuning uchun isitkich mashinada isitkich va ishchi jism bilan birgalikda sovitkich ham bo‘lishi kerak.

Sovitkachsiz ishlab isitkichdan olingan issiqlik miqdorini ishga aylantira oladigan mashina abadiy dvigatelga ekvivalent bo‘ladi. Shu sababli uni *ikkinchi tur abadiy dvigatel* (perpetuum mobile) deb ataladi.

Birinchi tur perpetuum mobile termodinamikaning birinchi bosh qonuniga zid edi, chunki u hech qanday energiya sarflamasdan ish bajarishi lozim edi. Ikkinchi tur perpetuum mobile esa termodinamikaning ikkinchi bosh qonuni tomonidan inkor etiladi. Ikkinchi tur perpetuum mobileni yasash mumkin emasligi Kelvin tamonidan ikkinchi bosh qonunga berilgan ta’rifda aniqroq aks etirilgan: *sistemaga oid bo‘lgan eng sovuq jismning issiqligini ishga aylantira oladigan issiqlik mashina yaratib bo‘lmaydi*. Lekin mazkur ta’rifga asoslanib, okean suvlarining issiqligidan foydalanmoqdalarki mumkin emas, degan xulosa chiqarish noto‘g‘ri bo‘ladi. Masalan, okean suvlarining issiqroq yuqori qatlamlari va chuqurroqdagi sovuqroq qatlamlari temperaturalarining farqidan foydalanmoqdalarki termodinamikaga zid bo‘lmaydi. Haqiqatan, bunday qurilma asrimizning o‘rtalarida fransuz injenerlari Klod va Bushero tomonidan Afrikaning shimoliy qirg‘oqlari yaqinida barpo etildi. Unda okeanning chuqurroqdek sovuq qatlamalaridan sovitkich sifatida, yuqoriroqdagi issiqroq qatlamalaridan esa isitkich sifatida foydalanmoqdalarki. Binobarin, issiqroq qatlamlardan olingan issiqlik miqdorining bir qismi ishga aylantirilgan, qolgan qismi sovuqroq qatlamlarga va atrof-muhitga berilgan.

Termodinamikaning ikkinchi bosh qonunini Klauzius quyidagicha ta’riflaydi: *issiqlik miqdori o‘z-o‘zicha kamiroq isigan jismdan ko‘piroq isigan jismga o‘ta olmaydi*. Haqiqatan, issiqlik miqdorining bunday uzatilishi sodir bo‘lishi uchun sovitkich mashinalarida (14.9–rasm) ishchi jism ustida ish bajarish lozimligini (ya’ni sovitkichdan isitkichga issiqlik miqdori o‘z-o‘zicha uzatilmasligini) bilamiz.



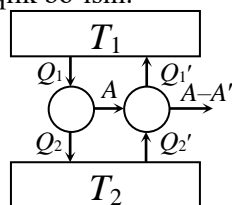
13.9–rasm

Xulosa qilib aytganimizda, termodinamika ikkinchi bosh qonunining ta’riflari shakillari bilan farqlanadi, lekin barchasining ham mazmuni tabiatdagi protsesslarning sodir bo‘lish yo‘nalishini ko‘rsatishdan iborat.



### Karno teoremasi. Temperaturaning termodinamik shkalasi

Karno teoremasining mohiyati quydagidan iborat: *Karno sikli bo'yicha ishlaydigan ideal mashinaning foydali ish koeffitsienti mashinada qo'llanilgan ishchi jism tabiatiga bog'liq emas.* Bu teoremani isbotlash maqsadida Karno sikli bo'yicha ishlaydigan ikki ideal mashina ustida mulohaza yurgizamiz. Bu ikkala mashinaning isitkichlari umumiy, sovitkichlari ham umumiy bo'lsin. Mashinalarning birida qo'llanilgan ishchi jism ideal gaz, ikkinchisidagi esa ixtiyoriy boshqa jism, masalan biron bug' yoki suyuqlik bo'lsin (14.10–rasm). Mashinalarning birida qo'llanilgan ishchi jism – ideal gaz, ikkinchisida esa ixtiyoriy boshqa jism, masalan, biror bug' yoki suyuqlik bo'lsin.



13.10–rasm

Birinchi mashinani to'g'ri sikl bo'yicha, ya'ni issiqlik mashina sifatida ishlataylik. Uning foydali ish koeffitsientini  $\eta$  deb belgilaylik. Ikkinchi mashinani teskari sikl bo'yicha, ya'ni sovitkich mashina tarzida ishlataylik, uning foydali ish koeffitsientini  $\eta'$  deb belgilaylik. Karno teoremasining zaminida  $\eta = \eta'$  ekanligi yotibdi. Teoramani isbotlash uchun  $\eta \neq \eta'$  bo'lgan hollar asossiz ekanligini mantiqiy mulohazalar asosida ko'rsataylik. Birinchi mashina isitkichdan  $Q_1$  issiqlik miqdori olib, uning  $Q_2$  qismini sovitkichga beradi va  $A$  ish bajaradi. Ikkinchi mashina ustida  $A'$  ish bajarilganligi tufayli u sovitkichdan  $Q_2'$  issiqlik miqdori oladi va  $Q_1'$  issiqlik miqdorini isitkichga beradi. Bu ikki mashina shunday biriktirilgan bo'lsinki, birinchi mashinaning ishlashi tufayli bajariladigan foydali ish ikkinchi mashina (ya'ni teskari sikl bo'yicha ishlaydigan sovitkich mashina) ni harakatga keltirishga yo'naltirilsin. Bundan tashqari biriktirilgan bu ikki mashinadagi ishchi jismlar miqdorini shunday tanlaylikki, birinchi mashina har bir siklda isitkichdan olayotgan issiqlik miqdori ikkinchi mashina isitkichiga berayotgan issiqlik miqdoriga teng bo'lsin, ya'ni  $Q_1 = |Q_1'|$  shart bajarilsin. Bu shart bajarilganda isitkich holatida hech qanday o'zgarish sodir bo'lmaydi.

Mashinalardan birining, masalan, birinchisining foydali ish koeffitsienti ikkinchisiningikiga qaraganda kattaroq, ya'ni  $\eta > \eta'$  deb faraz qilaylik. U holda  $A > |A'|$  bo'lishi tufayli birinchi mashina sovitkichga beradigan issiqlik miqdori ikkinchi mashina sovitkichdan oladigan issiqlik miqdori ( $Q_2$ ) ikkinchi mashina sovitkichdan oladigan issiqlik miqdori ( $Q_2'$ ) dan kichik bo'ladi. Mazkur issiqlik miqdorlarining farqi  $|Q_2'| - Q_2$  biriktirilgan mashinalarning bajargan umumiy ishi  $A - |A'|$  ni xarakterlaydi. Demak, mavjud jismlar ichidagi eng sovug'idan ( $T_2$  temperaturali sovitkichdan) issiqlik miqdori olinib, u faqat foydali ishga sarflanishi lozim ekan. Lekin bunday hol termodinamikaning ikkinchi bosh qonuniga zid bo'lganligi tufayli amalga oshmaydi. Binobarin,  $\eta > \eta'$  bo'lishi mumkin emas.  $\eta < \eta'$  deb faraz qilingan holda ikkinchi mashinani to'g'ri sikl bo'yicha birinchi mashinani teskari sikl bo'yicha ishlatish tufayli yuqoridagidek mulohazalar bilan bu faraz ham asossiz ekanligi isbotlanadi.

Shunday qilib, faqat  $\eta = \eta'$  bo'lishi, yani Karnoning ideal mashinasida foydali ish koeffitsienti ishchi jism tabiatiga bog'liq bo'lmasligi lozim, degan xulosaga qilmasa. Ikkinchi tomondan, Karno sikli bo'yicha ishlaydigan ideal issiqlik mashinaning foydali ish koeffitsienti formulasidan

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (14.19)$$

munasabatni hosil qilmasa. Bundan quyidagi xulosa kelib chiqadi: qaytuvchan Karno siklida ishchi jism isitkichdan olgan issiqlik miqdori ( $Q_1$ ) ni sovitkichga bergan issiqlik miqdori ( $Q_2$ ) ga nisbati faqat isitkich va sovitkich temperaturalarining nisbati bilan aniqlanadi. Mazkur nisbat absolyut, yani u ishchi jismning tabiatiga bog'liq emas. (15.19) munosabat temperatura va issiqlik miqdori orasidagi obektiv bog'lanishni ifodalaydi. Shuning uchun undan foydalanmoqdalarki *Kelvin tomonidan termometrik jism xossalariga bog'liq bo'lmagan termodinamik temperaturalar shkalasi yaratildi.*

U yoki bu jism isiganlik darajasining miqdoriy xarakteristikasi – temperatura haqida faqat biror temperatura shkalasiga tayangan holda fikr yuritish mumkin. Lekin temperatura shkalalarini vujudga keltirishda termometrik jism temperaturasiga monand ravishda o'zgaradigan turli parametrlar (hajm, bosim, o'tkazuvchanlik, ravshanlik va hokazo) dan temperaturalarining o'lichovi sifatida foydalanmoqdalarki. Ularni, odatda, *temperaturani xarakterlovchi parametrlar* deb ataladi. Bundan tashqari tayanch nuqtalar va shkala



masshtabi ham ixtiyoriy tarzda tanlanadi. Masalan, simobli termometr shkalasini, ya'ni Tselsiy shkalasini vujudga keltirishda quyidagilarga rioya qilinadi: a) simob hajmi temperaturaga monand ravishda o'zgaradi; b) normal bosimda qaynayotgan suv bug'larining temperaturasi va normal bosimdagi muzning erish temperaturasi 100 gradusga farqlanadi; v) normal bosimda eriyotgan muzning temperaturasi nolga teng. Mazkur holda temperatura parametri vazifasini hajm bajaradi. Simob hajmining temperaturaga bog'liqligi  $V = f(t)$  funksiya bilan ifodalanadi. Mazkur funksiya uchun suvning qaynash va muzning erish temperaturalariga mos qiymatlari  $V_{100}$  va  $V_o$  bo'lsa,  $V$  ning  $t$  ga bog'liqligi chiziqli deb hisoblangan holda

$$t = \frac{V_t - V_o}{V_{100} - V_o} \cdot 100 \quad (14.20)$$

ifoda Yordamida ixtiyoriy jism temperaturasini topish mumkin. Bunday  $V_t$  – temperaturasi o'lchanayotgan jism bilan issiqlik muvozanatga erishgan holatdagi simob (ya'ni termometrik jism) ning hajmi.

Termometrik jism sifatida ideal gaz olingan holda, Klapeyron-Mendelev tenglamasi ( $pV_M = RT$ ) ga asosan, bosimning hajmga ko'paytmasi ( $pV_M$ ) temperaturani xarakterlovchi parametr vazifasini bajaradi. Gazning Tselsiy shkalasi bo'yicha temperaturasini

$$t = \frac{(pV_M)_t - (pV_M)_o}{(pV_M)_{100} - (pV_M)_o} \cdot 100 \quad (14.21)$$

munosabat Yordamida topiladi. 100°C va 0°C uchun  $pV_M$  ko'paytma qiymatlarining nisbatini tajribada topilgan miqdoridan foydalanmoqdalarki (15.21) munosabatni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$(pV_M)_t = (pV_M)_o(1 + 0,0036608t). \quad (14.22)$$

Kelvin tomonidan taklif etilgan temperatura shkalasida, birinchidan, qaytuvchan Karno siklida isitkichdan olinayotgan issiqlik miqdorining isitkich temperaturasiga proporsionalligi, ikkinchidan, normal bosimda qaynayotgan suv va eriyotgan muz temperaturalarining farqi 100 gradusga tengligiga amal qilingan. Kelvin shkalasini odatda *temperaturalarning termodinamik absolyut shkalasi* deb yuritiladi.

Kelvin shkalasida hisob boshi bir qiymatli tarzda aniqlangan: *qaytuvchan Karno siklining foydali ish ko'effitsienti 1 ga teng bo'ladigan holdagi sovitkich temperaturasi absolyut nol deb hisoblanadi*. Binobarin, termodinamik absolyut shkalani faqat bitta tayanch nuqta vositasida – suvning uchlanma nuqtasi (ya'ni muz, suv va ularning to'yingan bug'i o'zaro muvozanatda bo'lgan temperatura) vositasida ifodaladi. Mazkur temperatura 273,16 K ga teng.

### Entropiya

Qaytuvchan Karno sikli bo'yicha ishlaydigan ideal issiqlik mashina uchun foydali ish ko'effitsientini xarakterlaydigan (14.18) munosabatdagi

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

tenglamani quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin:

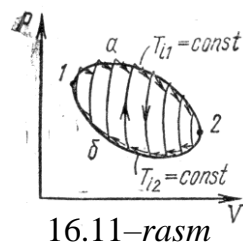
$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_1} = 0. \quad (14.23)$$

Bu ifodadagi  $Q_1$  – isitkich ishchi jismga bergan issiqlik miqdori edi. Unga qiyos qilib,  $Q_2$  ni sovitkich ishchi jismga bergan (ya'ni  $Q_2 < 0$  deb hisoblanyapti) issiqlik miqdori deb ataylik. U holda (14.23) ifodadagi qo'shiluvchi har bir had – Karno siklidagi izotermik protsessda ishchi jism olgan issiqlik miqdorining mazkur protsess amalga oshadigan temperaturaga nisbati bo'lib, uni *issiqlikning keltirilgan miqdori* deb ataladi.

Demak, (14.23) ifodani quyidagicha tahlil qilish mumkin: Karnoning qaytuvchan sikli uchun issiqliklar keltirilgan miqdorlarining algebraik yig'indisi nolga teng.

Har qanday qaytuvchan  $1a2b1$  siklni bir qator Karno elementar sikllariga ajratish mumkin (14.11 – rasm). Har bir elementar sikl uchun (14.23) munosabat o'rinni, xususan  $i$  – elementar sikl uchun uni

$$\frac{\delta Q_{i1}}{T_{i1}} + \frac{\delta Q_{i2}}{T_{i2}} = 0 \quad (14.24)$$



16.11–rasm

shaklda yozaylik. So‘ng barcha sikllarning yig‘indisini olamiz. Bu yig‘indida qo‘shni elementar sikllar adiabatlarini ifodalovchi kesmalar ikki martadan qatnashadi. Masalan, biror adiabata  $i$ -elementar sikl uchun to‘g‘ri yo‘nalishda qatnashsa,  $(i+1)$ -elementar sikl uchun teskari yo‘nalishda qatnashadi. Shu sababli ular bir-birini kompensatsiyalaydi. Binobarin, yig‘indida adiabatlarini hisobga olmaslik mumkin. Natijada yig‘indi

$$\sum_{1a2} \frac{\delta Q_{i1}}{T_{i1}} + \sum_{2b1} \frac{\delta Q_{i2}}{T_{i2}} = 0$$

yoki

$$\sum_{1a2b1} \frac{\delta Q_i}{T_i} = 0 \quad (14.25)$$

ko‘rinishda yozilishi mumkin. Limitda, ya‘ni  $\delta Q_i$  nihoyat kichik qilib olinganda, (14.25) yig‘indi

$$\oint \frac{\delta Q}{T} = 0 \quad (14.26)$$

integral bilan almashtirilishi mumkin. Integral belgisidagi aylanacha integrallash amali berk kontur bo‘yicha amalga oshirilishini ko‘rsatadi.

Matematikadan ma‘lumki, biror kattalikning berk kontur bo‘yicha integrali nolga teng bo‘lsa, integral ostidagi ifoda jism holatini xarakterlovchi biror funksiyani to‘liq differensial bo‘ladi. Klauzius bu funksiyani *entropiya* deb atadi. Uni  $S$  harfi bilan belgilaylik

$$dS = \frac{\delta Q}{T}. \quad (14.27)$$

Demak, entropiya – sistema holatining shunday funksiyasiki, bu funksiyani qaytuvchan protsessdagi cheksiz kichik o‘zgarishi mazkur protsessda kiritilgan cheksiz kichik issiqlik miqdorining shu issiqlik kiritilayotgan holatdagi sistema absolyut temperaturasiga nisbati bilan aniqlanadi. Jismning har bir holatiga entropiyaning aniq bitta qiymati mos keladi. Binobarin, xuddi ichki energiya kabi entropiya ham holatning bir qiymatli funksiyasidir. Qaytuvchan protsess tufayli 1-holatdan 2-holatga o‘tgan jism entropiyasining o‘zgarishi ( $\Delta S$ ) o‘tish yo‘liga bog‘liq emas,  $\Delta S$  ning qiymati boshlang‘ich va oxirgi holatlar bilan aniqlanadi:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_{1 \rightarrow 2} \frac{\delta Q}{T}. \quad (14.28)$$

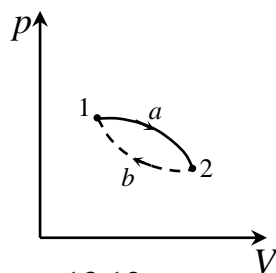
Qaytmas siklning foydali ish koeffitsientini xarakterlaydigan (14.17) munosabatdan

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

tengsizlikni ajratib olaylik va uning ustida yuqoridagi mulohazalarni takrorlab

$$\oint \frac{\delta Q}{T} < 0 \quad (14.29)$$

ifodani hosil qilmasa. Mazkur munosabat *Klauzius tengsizligi* deb ataladi. Undan foydalanmoqdalarki qaytmas protsess (14.12–rasmdagi 1a2 protsess) amalga oshishi natijasida 1-holatdan 2-holatga o‘tgan sistema entropiyasining o‘zgarishini aniqlaylik. Buning uchun 2b1 qaytuvchan protsessii amalga oshirib sistemani boshlang‘ich holatiga qaytaraylik.



13.12–rasm

Sodir bo‘lgan  $1a2b1$  aylanma protsess qaytmas bo‘ladi, chunki mazkur siklni tashkil etgan protsesslardan biri ( $1a2$ ) qaytmas protsess edi. Bu qaytmas sikl uchun Klauzius tengsizligi o‘rinli. Lekin

$$\int_{1a2b1} \frac{\delta Q}{T} = \int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + \int_{2b1} \frac{\delta Q}{T}$$

bo‘lganligi uchun (14.29) tengsizlikni muhokama qilinayotgan hol uchun

$$\int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + \int_{2b1} \frac{\delta Q}{T} < 0 \quad (14.30)$$

ko‘rinishda yozib olishimiz mumkin. Bundayi ikkinchi integral qaytuvchan protsessga tegishli. Shuning uchun

$$\int_{2b1} \frac{\delta Q}{T} = S_1 - S_2.$$

Natijada (14.30) tengsizlik quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} + S_1 - S_2 < 0.$$

Demak, qaytmas  $1 \rightarrow 2$  protsessda sistema entropiyasining o‘zgarishi

$$\Delta S = S_2 - S_1 > \int_{1 \rightarrow 2} \frac{\delta Q}{T}. \quad (14.31)$$

tengsizlikni qanoatlantiradi.

(14.28) va (14.31) ifodalarni birlashtirib quyidagi tarzda yozish mumkin:

$$\Delta S = S_2 - S_1 \geq \int_{1 \rightarrow 2} \frac{\delta Q}{T}. \quad (14.32)$$

Bundayi tenglik ishorasi qaytuvchan protsessga, tengsizlik ishorasi esa qaytmas protsessga tegishli.

Agar sistema issiqlik manbalaridan izolyatsiyalangan (ya‘ni  $\delta Q = 0$ ) bo‘lsa (14.32) munosabat

$$\Delta S = S_2 - S_1 \geq 0. \quad (14.33)$$

ko‘rinishga ega bo‘ladi. Demak, *berk* (ya‘ni adiabatik tarzda izolyatsiyalangan) *sistemada qaytuvchan protsess amalga oshganda entropiya o‘zgarmaydi, qaytmas protsess sodir bo‘lganda esa entropiya ortadi*. Mazkur fikr termodinamika ikkinchi bosh qonunining yana bir ta‘rifidir. Amalda, tabiiy protsesslar qaytmas bo‘ladi. Shu sababli o‘z-o‘zicha amalga oshayotgan tabiiy protsesslarda, (14.33) ga asosan, sistema keyingi holatining entropiyasi ( $S_2$ ) oldingi holatining entropiyasi ( $S_1$ ) dan katta bo‘lishi lozim. Entropiyaning ortishi cheksiz emas, balki shu sistemaning muvozanat holatiga mos keladigan aniq maksimal qiymatgacha mumkin. Muvozanat holatga erishilgach, biror tashqi ta‘sir bo‘lmasa, sistemada hech qanday holat o‘zgarishlari ro‘y bermaydi. (14.33) munosabatga asosan, entropiya ortadigan ( $\Delta S > 0$  bo‘ladigan) protsesslarga amalga oshishi mumkin. Demak, (14.33) munosabat protsessning amalga oshishi mumkin bo‘lgan yo‘nalishini ko‘rsatadi. Bu esa termodinamika ikkinchi bosh qonunining mazmunidir. Shu sababli *izolyatsiyalangan sistemadagi tabiiy protsesslar entropiyasi ortadigan yo‘nalishda amalga oshadi*, deb ta‘riflanadigan entropiyaning ortish qonunini *termodinamikaning ikkinchi bosh qonuni* deb ham ataladi.

#### NAZORAT SAVOLLARI

1. Qaytar va qaytmas jarayonlar.
2. Entropiya.
3. Issiqlik dvigatellari.

**15 –MA’RUZA**  
**REAL GAZLAR.**  
**REJA:**

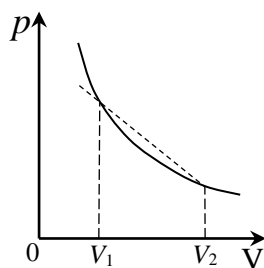
1. Real gazlar. Van-der-Vaals tenglamalari.
2. Real gazlarning ichki energiyasi.
3. Joule-Tompson effekti

**TAYANCH SO’Z VA IBORALAR**

Real gazlar, Van-der-Vaals tenglamalari, real gazlarning ichki energiyasi, Joule-Tompson effekti

**Real gazlar. Van der Vaals tenglamasi**

Tabiatdagi gazlarni *real gazlar* deb yuritiladi (real – haqiqiy degan ma’noni anglatadi). Real gaz zichligi ortgan sari uning xossalari ideal gaz xossalariidan keskinroq farq qila boshlaydi. Xususan, 15.1–rasmda tasvirlangan real gaz izotermasi (uzluksiz chiziq) va ideal gaz izotermasini (punktir chiziq) solishtiraylik. Zichliklarning anchagina kichik qiymatlariga mos keluvchi  $V > V_2$  sohada ikkala egri chiziq ustma-ust tushyapti. Lekin o’rtacha zichliklarga mos bo’lgan  $V_1 < V < V_2$  sohada real gazning bosimi ideal gaz qonuni asosida ega bo’lishi lozim bo’lgan qiymatdan kichikroq bo’lyapti. Zichliklarning katta qiymatlariga mos keladigan  $V < V_1$  sohada esa real gaz bosimining qiymatlari Boyle-Mariott qonuni asosida kutilgan qiymatlardan kattaroq. Real gazlar uchun bir necha soddalashtirishlar qilmasa.



17.1–rasm

Soddalashtirishlardan biri – molekular xususiy hajmlarini e’tiborga olinmaganligi edi. Haqiqatan yetarlicha siyrak gaz molekularining xususiy hajmlari gaz egallagan idish hajmiga nisbatan anchagina kichik bo’ladi. Ko’pchilik gazlar uchun molekula radiusi  $10^{-10}$  m chamasida. Shu sababli bir dona

molekulaning hajmi  $V = \frac{4}{3} \pi r^3 \approx 4 \cdot 10^{-30} \text{ m}^3$ , normal sharoitlarda (ya’ni  $p_0 = 101325 \text{ Pa}$  va  $T_0 = 273,15 \text{ K}$

bo’lganda)  $1 \text{ m}^3$  hajmdagi molekularning xususiy hajmi

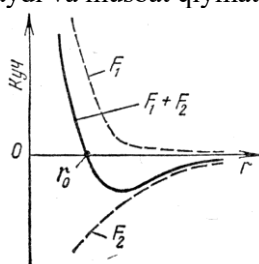
$$nV \approx 2,69 \cdot 10^{25} \cdot 4 \cdot 10^{-30} \text{ m}^3$$

bo’ladi. Binobarin, normal sharoitlardagi gaz molekularining xususiy hajmi gaz egallagan hajmning faqat 0,0001 qismini tashkil etadi.  $V > V_2$  sohaga mos keladigan bunday holda molekularning xususiy hajmini e’tiborga olmaslik mumkin. Lekin bosim bir necha ming marta oshgan hollarda ( $V < V_1$  sohada) molekularning xususiy hajmi gaz egallagan hajm bilan taqqoslanarli darajada bo’ladi. Bunday hollarda molekular xususiy hajmini e’tiborga olmaslik katta xatolarga olib keladi. Haqiqatan, ideal gaz misolida gaz solingan idishning hajmi – gaz molekularining har biri harakatlanishi mumkin bo’lgan hajmdir, chunki ideal gaz molekulari – o’lchamsiz nuqtalar edi. Real gaz misolida esa idish hajmining barcha qismi molekular ixtiyorida emas, chunki hajmning bir qismini molekularning o’zlari band qilganlar. Binobarin, bu holda «idish hajmi» bilan «har bir molekula harakatlanishi mumkin bo’lgan hajm» orasida farq mavjud va bu farq molekular zichligiga monand ravishda namoyon bo’ladi.

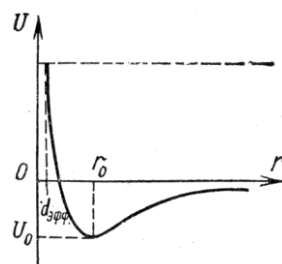
Ikkinchi soddalashtirish – molekular orasida o’zaro ta’sir yo’q, deb faraz qilishdan iborat edi. Lekin real gaz molekulari orasida *o’zaro ta’sir kuchlari* mavjud. Siyrak gazlarning xossalari ideal gaz xossalariiga yaqinligi o’zaro ta’sir kuchlarining molekular orasidagi masofaga nihoyat kuchli bog’liqligidan dalolat beradi. Bu kuchlar tabiatini kvant mexanikasi asosida tushuntirish mumkin. Lekin shuni qayd qilaylikki, molekular orasidagi o’zaro ta’sir kuchlari molekular tarkibidagi zaryadlar elektr ta’sirlashishining natijasi sifatida vujudga keladi. Ikki molekula orasida o’zaro itarishdigan  $F_1$  kuch va o’zaro tortishdigan  $F_2$  kuch bir vaqtda ta’sir etadi. O’zaro itarishish kuchlarini musbat, o’zaro tortishish kuchlarini manfiy deb hisoblasak, mazkur kuchlar qiymatlarining ikki molekula orasidagi masofa ( $r$ ) ga bog’liqligi 15.2–rasmda punktir chiziq bilan tasvirlanganidek bo’ladi. Bu ikki kuchning yig’indisi, ya’ni

natijaviy kuch rasmda uzluksiz chiziq bilan tasvirlangan. Biror  $r = r_0$  da  $F_1$  va  $F_2$  lar bir-birini muvozanatlaydi va natijaviy kuch nolga teng bo'ladi.  $r < r_0$  masofalarda natijaviy kuch itarishish xarakteriga,  $r > r_0$  da esa tortishish xarakteriga ega bo'ladi.

Molekulalarning bir-biri bilan ta'sirlashishini molekulalar orasidagi masofa ( $r$ ) ning funksiyasi bo'lgan *o'zaro ta'sir potensial energiyasi* bilan ifodalash qulaylik tug'diradi. Mazkur funksiyaning grafigi 15.3-rasmda tasvirlangan. Ikki molekula bir-biridan cheksiz uzoqlikda joylashgan ( $r = \infty$ ) holda potensial energiyaning qiymati nolga teng, ya'ni  $U(\infty) = 0$ . Molekulalar orasidagi masofa kamaygan sari ular orasida tortishish kuchlari namoyon bo'la boshlaydi.  $r = r_0$  bo'lganda, ya'ni o'zaro tortishish va itarishish kuchlari tenglashganda potensial energiya minimal qiymatga ega. Molekulalar yanada yaqinlashganda ( $r < r_0$ ) o'zaro itarishish kuchlari tezkorlik bilan orta boshlaydi. Shuning uchun potensial energiya egri chizig'i yuqoriga ko'tarila boshlaydi va musbat qiymatlar sohasiga o'tadi.



17.2-rasm



17.3-rasm

Musbat potensial energiya molekulalar bir-biriga yaqinlashguncha ega bo'lgan kinetik energiyalar evaziga hosil bo'ladi. Boshqacha qilib aytganda, molekulalar o'zaro itarishish kuchlariga qarshi o'zlarining kinetik energiyalari hisobiga ish bajaradi. Kinetik energiyalar butunlay potensial energiyaga aylanganda molekulalarning yaqinlashishi tugallanadi. Bu holda molekulalar markazlari orasidagi masofani molekulaning effektiv diametri ( $d_{\text{eff}}$ ) ga teng deb hisoblash mumkin. Tabiiyki, molekulalar kinetik energiyalari kattaroq bo'lsa (ya'ni gaz temperaturasi qanchalik yuqori bo'lsa)  $d_{\text{eff}}$  ning qiymati kichikroq bo'lishi lozim. Lekin kichik  $r$  lar sohasida potensial energiyaning qiymati juda tez o'zgaryapti. Shuning uchun temperaturaning anchagina o'zgarishlarida ham  $d_{\text{eff}}$  ning qiymatidagi o'zgarish juda kichik bo'ladi. Shu sababli  $d_{\text{eff}}$  gazning ximiyaviy tabiatiga bog'liq, deb aytish mumkin. Molekulalar bir-biriga  $d_{\text{eff}}$  masofagacha yaqinlashgach, ular o'zaro itarishish kuchlari ta'sirida bir-biridan uzoqlasha boshlaydi. Natijada musbat potensial energiya bir-biridan uzoqlashayotgan molekulalarning kinetik energiyalariga aylana boshlaydi.

Yuqorida baYon etilgan fikrlardan quyidagi xulosa kelib chiqadi: real gaz molekulalarining to'qnashish jarayonini ularning bir-biri bilan bevosita elastik urilishi (xuddi billiard Sharl ari kabi) deb hisoblash mumkin emas. Real gaz molekulalari bir-biriga bevosita tegadigan darajada yaqinlashmaydi, lekin o'zaro ta'sir mavjud bo'ladi.

### Van-der-Vaals tenglamasi

Ideal gaz holatining parametrlari Klapeyron-Mendelev tenglamasi deb ataladigan  $pV_M = RT$  munosabat

$$p = \frac{RT}{V_M}$$

bilan ifodalanar edi. Tabiiyki, bu tenglama real gaz holatini aks ettira olmaydi, chunki uning zaminida gaz molekulalari o'lchamsiz moddiy nuqtalar va molekulalar orasida o'zaro ta'sir kuchlari mavjud emas, deb qilingan farazlar yotadi. Lekin real gazlar uchun bu farazlardan voz kechish lozim, degan xulosaga keldik. Binobarin, Klapeyron-Mendeleyev tenglamasiga tegishli tuzatmalar kiritib real gaz holatini aks ettiradigan ifodani hosil qilish mumkin. Bu vazifani 1873 yilda Van-der-Vaals bajardi. U molekulalarning chekli o'lehamlari va molekulalar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlarini e'tiborga olish uchun quyidagicha fikr yuritdi. Birinchidan, real gazning ikki molekulasini bir-biriga o'zaro itarishish kuchlari keskin namoyon bo'ladigan  $d_{\text{eff}}$

masofagacha yaqinlasha oladilar. Boshqacha aytganda, radiusi  $d_{\text{eff}}$  bo'lgan shar hajmi  $(\frac{4}{3} \pi d_{\text{eff}}^3)$  o'zaro ta'sirlashayotgan bu ikki molekula markazlari uchun «taqiqlangan hajm» bo'ladi. Har bir molekulaga mos

keluvchi «taqiqlangan hajm» esa ikki marta kichik, ya'ni  $\frac{2}{3} \pi d_{\text{eff}}^3$  ga teng. Bu hajm molekulaning xususiy

hajmi  $[V' = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi (d_{\text{eff}}/2)^3]$  dan 4 marta katta. Binobarin, 1 mol real gazning barcha molekulalari uchun «taqiqlangan hajm»  $b = 4N_A V'$  bo'ladi. Shuning uchun real gazning holat tenglamasida gaz solingan idishning hajmi emas, balki molekulalar harakatlanishi mumkin bo'lgan  $V_M - b$  hajm ishtiroq etishi kerak:

$$p \sim \frac{RT}{V_M - b}.$$

Ikkinchidan, molekulalar o'zaro tortishish kuchlari ham e'tiborga olinishi kerak. Idish devoridan uzoqroqdagi molekulaga uning atrofidagi boshqa molekulalar tomonidan ta'sir etuvchi tortishish kuchlari o'zaro muvozanatlashgan bo'ladi. Lekin idish devoriga yaqinlashib qolgan molekulaga boshqa molekulalarning natijaviy ta'siri gaz hajmining ichki tomoniga yo'nalgan tarzida namoyon bo'ladi. Shuning uchun bu molekulaning idish devoriga urilishi o'zaro tortishish kuchlari mavjud bo'lmagan holdagi urilishdan kuchsizroq bo'ladi. Binobarin, real gazning bosimi ideal gaz bosimidan kamroq bo'lishi kerak. Devorga yaqinlashayotgan molekulalarning soni  $n$  ga proporsional bo'ladi. Devorga yaqinlashayotgan molekulalarni gazning ichki tomoniga tortadigan molekulalarning soni ham  $n$  ga proporsional. Bundan real gaz bosimining kamayishi  $n^2$  ga, ya'ni  $\frac{1}{V_M^2}$  ga (chunki  $n = N_A/V_M$ ) proporsional bo'lishi kerak, degan

xulosaga qilmasa. Shuning uchun real gazning holat tenglamasi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$p = \frac{RT}{V_M - b} - \frac{a}{V_M^2}$$

yoki

$$\left( p + \frac{a}{V_M^2} \right) (V_M - b) = RT. \quad (15.1)$$

Mazkur munosabat *Van-der-Vaals tenglamasi* deb ataladi.  $a$  va  $b$  esa muayyan gaz molekulalarini xarakterlovchi doimiylar bo'lib, ularni *Van-der-Vaals tuzatmalari* deb ham ataladi.

Van-der-Vaals tenglamasi Klapeyron–Mendelev tenglamasiga nisbatan real gaz xossalari aniqroq aks ettiradi. Lekin juda katta bosimlarda tajriba natijalaridan uzoqlashishlar sezila boshlaydi. Xususan, bosim 1000 atmosfera bosimiga teng bo'lgan hollarda Klapeyron–Mendelev tenglamasining chetga chiqishlari 100 protsentdan ortiq, Van-der-Vaals tenglamasini esa 2 protsentlar chamasida bo'ladi, xolos.

Van-der-Vaals tenglamasini tahlil qilish maqsadida uning ko'rinishini o'zgartiraylik. Buning uchun (15.1) tenglamadagi qavslarni ochaylik:

$$pV_M + \frac{a}{V_M} - pb - \frac{ab}{V_M} = RT.$$

Bu ifodaning ikkala tomonini  $V_M^2/p$  ga ko'paytiraylik:

$$V_M^3 + \frac{aV_M}{p} - bV_M^2 - \frac{ab}{p} = \frac{RTV_M^2}{p}.$$

Vujudga kelgan tenglamada qo'shiluvchi hadlarni  $V_M$  ning darajalari kamayib boradigan tarzda yozib olaylik:

$$V_M^3 - \left( b + \frac{RT}{p} \right) V_M^2 + \frac{a}{p} V_M - \frac{ab}{p} = 0. \quad (15.2)$$

Mazkur tenglama  $V_M$  ga nisbatan uchinchi darajali bo'lgani uchun u uchta ildizga ega bo'ladi.

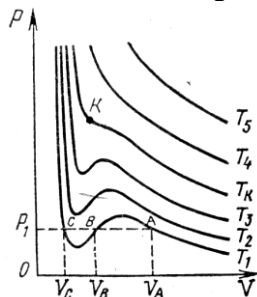
Ildizlar Kardano formulalari bo'yicha hisoblanadi, bunda quyidagicha uch hol amalga oshishi mumkin:

- 1) ildizlarning biri haqiqiy, ikkitasi mavhum;
- 2) uchala ildizlar haqiqiy va ular turli qiymatlarga ega;
- 3) uchala iddizlar haqiqiy va ular birday qiymatlarga ega.

Temperaturaning turli, lekin o'zgarmas qiymatlari uchun (15.2) tenglamaning  $(p, V)$  diagrammadagi grafiklari 15.4-rasmda tasvirlangan. Ularni Van-der-Vaals *izotermalari* deb ataladi. Van-der-Vaals tenglamasining bitta ildizi haqiqiy, ikkitasi mavhum bo'lgan hol yuqori temperaturalarga mos bo'lgan



izotermalarda kuzatiladi. Mavhum ildizlar fizik ma'noga ega emas. Binobarin, bunday hollarda  $p$  ning har bir qiymatiga  $V_M$  ning ham bitta qiymati mos keladi va izoterma grafigi giperbolasimon chiziqdan iborat bo'ladi.

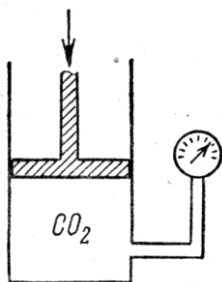


17.4–rasm

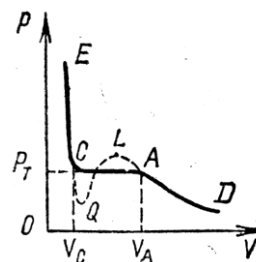
Past temperaturalarda Van-der-Vaals tenglamasining uchala ildizi haqiqiy, lekin turli qiymatlarga ega bo'ladi. Mazkur hol  $T_1, T_2, T_3$  temperaturalardagi izotermalarda aks etgan. 16.4–rasmdagi  $K$  nuqta *kritik temperatura* deb, unga mos bo'lgan izotermani esa *kritik izoterma* deb ataladi.

### Esperimental izotermalar. Kritik holat

1866 yilda ingliz fizigi T. Endryus tomonidan amalga oshirilgan tajribalarda karbonat anhidrid gazi uchun izotermik protsesslardagi bosim va hajm orasidagi bog'lanish tekshirildi. Tajriba sxemasi 17.5–rasmda tasvirlangan. Qalin devorli silindr ichiga 1 mol karbonat anhidrid ( $CO_2$ ) gazi qamalgan. Silindr ichidagi porshenni harakatlantirish yo'li bilan gazning hajmini o'zgartirishga erishiladi. hajmning har bir qiymatiga mos keladigan gaz bosimi manometr Yordamida o'lchanadi. Tajribada gaz temperaturasi o'zgarmas saqlanadi, albatta. Tajribada aniqlangan izotermalardan biri 17.6–rasmda aks ettirilgan. Hajmning katta qiymatlariga mos keluvchi  $DA$  sohada gaz hajmi kamaytirilgan sari bosim monoton ravishda ortib boradi. Izoterma mazkur sohasining shakli giperbolaga yaqin. Binobarin, bu sohada karbonat anhidrid gazining xossalari ideal gaz xossalriga o'xshab ketadi. Lekin bosim biror  $p_T$  qiymatga erishganda (izoterma  $A$  nuqtasiga q.) karbonat anhidrid xossasida o'zgarish ro'y bera boshlaydi: porshenni yanada pastroq tushirib gaz hajmini kamaytirganimiz bilan bosimning qiymati o'zgarmaydi. Bu holda gazning bir qismi suyuqlikka aylana boshlaydi. Porshen qanchalik pastga tushirilsa, karbonat anhidrid gazining shunchalik ko'proq qismi suyuqlikka aylangan bo'ladi. Hajm biror  $V_C$  qiymatgacha kamaytirilganda gaz butunlay suyuqlikka aylangan bo'ladi. Porshen ostidagi hajmni yanada kamaytirish uchun juda katta bosim talab etiladi, chunki suyuqlik juda kam siqiladi. Shu sababli izoterma  $CE$  sohasi deyarli vertikal chiziqdan iborat.



17.5–rasm



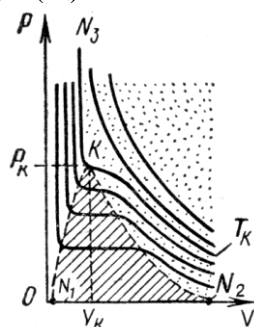
17.6–rasm

Demak, tajribaviy izoterma  $DA$  va  $CE$  sohalarini karbonat anhidridning bir fazali holatlarini ( $DA$  sohada faqat gazsimon holat,  $CE$  sohada faqat suyuq holat mavjud),  $AC$  sohasi esa ikki fazali holatini xarakterlaydi. Ikki fazali holat amalga oshganda (hajmning  $V_A$  dan  $V_C$  gacha qiymatlarida) dastlabki karbonat anhidrid gazining bir qismi suyuqlikka aylanib, qolgan qismi gazsimon holatda qoladi. Agar  $AC$  sohada biror  $V$  hajmga ( $V_C < V < V_A$ ) erishilganda porshenning harakatini to'xtatib qo'ysak, porshen ostidagi hajmda suyuq holatdagi karbonat anhidridning bug'lanishi va karbonat anhidrid bug'larining kondensatsiyalanishi (ya'ni suyuqlikka aylanishi) bir-birini muvozanatlab turadi. Boshqacha qilib aytganda, bug'lanish va kondensatsiya jarayonlari dinamik muvozanatlashgan bo'ladi: suyuqlik va bug' miqdori o'zgarmaydi. Suyuqlik bilan muvozanatda bo'lgan bug' *to'yingan bug'* deyiladi. Ikki fazali holatga mos keladigan bosim qiymati to'yinish bosimi ( $p_T$ ) deb ataladi. To'yinish bosimining qiymati turli temperaturalar uchun turlicha bo'ladi.

Turli temperaturalar uchun bosimning hajmga bog'liqligini tekshirish asosida bir qator izotermalarni



hosil qilmasa (15.7 – rasm). Temperaturalar ortgan sari izotermalardagi ikki fazali holatni aks ettiruvchi sohalar (to‘yinish sohalari) ensizroq bo‘lib boradi. Nihoyat, biror  $T_k$  temperaturaga mos keluvchi izotermada to‘yinish sohasi nuqtaga aylanadi. Bu nuqta *kritik nuqta* deb, unga mos bo‘lgan bosim va hajmning qiymatlari esa *kritik bosim* ( $r_k$ ) va *kritik hajm* ( $V_k$ ) deb ataladi.



17.7–rasm

Shunday qilib,  $T_k$  dan past temperaturalardagi izotermalardagina to‘yinish sohalari mavjud. Bu sohalar 16.7–rasmda punktir chiziq ( $N_1KN_2$ ) bilan ajratilib shtrixlangan.  $N_1KN_3$  chiziq va ordinata o‘qi orasidagi soha esa moddaning suyuq holatlariga mos keladi. Gazsimon holatni aks ettiruvchi soha rasmda nuqtalar bilan tasvirlangan. Bu sohada modda ikki fazali holatda bo‘la olmaydi. Binobarin, kritik temperatura – gazni suyuqlikka aylantirish mumkin bo‘ladigan eng yuqori temperaturadir. Temperaturasi  $T_k$  dan katta bo‘lgan gaz har qanday bosim ostida ham suyuqlikka aylanmaydi.

Kritik parametrlar –  $r_k$ ,  $V_k$ ,  $T_k$  moddaning kritik holatini xarakterlaydi. Kritik holatdagi modda uchun suyuqlik va bug‘ orasidagi farq yo‘qoladi. Kritik holatda bug‘ning suyuqlikka, suyuqlikning esa bug‘ga aylanishi uzluksiz ravishda sodir bo‘lib turadi. Kritik temperaturada suyuqlikning solishtirma bug‘lanish issiqligi va sirt taranglik koeffitsienti nolga teng bo‘ladi.

Turli moddalar uchun kritik parametrlar turlicha. Xususan, kritik temperaturaning qiymati karbonat anhidrid uchun 304 K, suv uchun 647 K, geliy uchun 5 K.

### Real gazning ichki energiyasi

Real gazning ichki energiyasini hisoblashda molekularning o‘zaro ta’sirlashish potensial energiyasini ham e’tiborga olish kerak. Bu energiyani quyidagi mulohazalar asosida topish mumkin. Ichki bosim ( $p_i = a/V^2_M$ ) kuchlari 1 mol gazning hajmi  $V_{M1}$  dan  $V_{M2}$  gacha kengayganda bajargan ish

$$A = \int_{V_{M2}}^{V_{M1}} p_u dV_M = \int_{V_{M1}}^{V_{M2}} \frac{a}{V_M^2} dV_M = -\frac{a}{V_{M2}} - \left( -\frac{a}{V_{M1}} \right) \quad (15.3)$$

munosabat bilan aniqlanishi lozim. Mazkur ish sistema potensial energiyasining o‘zgarishiga teng. Shu sababli 1 mol gazning potensial energiyasi ( $-a/V_M$ ) ga teng, deya olamiz. U holda real gazning ichki energiyasi molekular kinetik energiyalari va potensial energiyalarining yig‘indisi tarzida ifodalanadi. Lekin molekular kinetik energiyalarining yig‘indisi – ideal gaz ichki energiyasidir. 1 mol ideal gaz uchun ichki energiya

$$(U_M)_{ideal} = \frac{i}{2} RT = C_V RT \quad (15.4)$$

ifoda bilan aniqlanar edi. Binobarin, 1 mol real gazning ichki energiyasi uchun

$$(U_M)_{real} = C_V T - \frac{a}{V_M} \quad (15.5)$$

munosabat o‘rinli bo‘ladi. Demak, *real gazning ichki energiyasi temperaturaga ham, hajmga ham bog‘liq.*

(15.5) formuladan foydalanmoqdalarki real gazning vakuumda kengayish protsessini muhokama qilaylik. quyidagi tajribani ko‘raylik. Idish to‘siq bilan ikki qismga ajratilgan. Idishning bir qismida gaz mavjud, ikkinchisida esa vakuum hosil qilingan. Idishning germetikligini buzmaydigan tarzda to‘siqni yuqoriga ko‘taraylik. Natijada gaz idishning bo‘sh qismini ham egallaydi. Mazkur protsessda tashqi muhit bilan issiqlik almashinishi va tashqi kuchlarga qarshi ish bajarish sodir bo‘lmadi, ya’ni  $Q = 0$  va  $A = 0$ . Binobarin, termodinamikaning birinchi bosh qonuniga asosan, sistema ichki energiyasi ham o‘zgarmasligi lozim. Shuning uchun real gazning kengayguncha va kengaygandan keyingi ichki energiyalari teng bo‘ladi. Agar real gazning temperaturasi va hajmining kengayishdan oldingi qiymatlarini  $T_1$  va  $V_{M1}$  bilan,

kengayandan keyingi qiymatlarini esa  $T_2$  va  $V_{M2}$  bilan belgilasak, quyidagi tenglikni yozish mumkin;

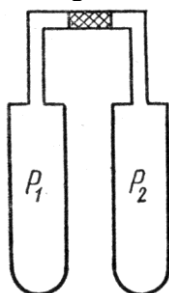
$$C_V T_1 - \frac{a}{V_{M1}} = C_V T_2 - \frac{a}{V_{M2}}. \quad (15.6)$$

Bundan

$$\Delta T = T_2 - T_1 = \frac{a}{C_V} \left( \frac{1}{V_{M2}} - \frac{1}{V_{M1}} \right). \quad (15.7)$$

munosabatni hosil qilmasa. Gaz kengayayotganligi, ya'ni  $V_{M2} > V_{M1}$  bo'lganligi uchun (15.7) ifodada qavs ichidagi ayirma manfiy qiymatga ega. Binobarin,  $\Delta T$  ning qiymati ham manfiydir. Vakuumba kengaygan gazning sovishini quyidagicha tushuntirish mumkin: real gazning adiabatik kengayishida, ya'ni molekullararo masofa kattalashishida molekullarning o'zaro tortishish kuchlariga qarshi ish bajarilishi lozim. Mazkur ish molekullar kinetik energiyasining kamayishi evaziga bajarilganligi tufayli gaz soviydi.

XIX asr o'rtalarida Joule va Tomson amalga oshirgan tajribalar e'tiborga loyiq. Tajribalarda gaz bir idishdan ikkinchi idishga g'ovakli jismdan tayyorlangan to'siq orqali o'tgan (15.8-rasm).



15.8-rasm

Idishlardagi gaz bosimlari  $\Delta p = p_1 - p_2$  ga farqlanganligi tufayli gaz to'siqning g'ovaklari orqali sekin oqib o'ta boshlaydi. Mazkur kengayishda real gaz temperaturasi o'zgarishi qayd qilindi. Bu hodisa *Joule-Tomson effekti* deb nom oldi. Gazning temperaturasi pasayganda ( $\Delta T < 0$ ) musbat Joule-Tomson effekti, aksincha, temperatura ortgan hollarda manfiy Joule-Tomson effekti sodir bo'ladi. Xona temperaturasidagi ko'pchilik gazlar uchun musbat Joule-Tomson effekti kuzatildi. Faqat vodorod va geliy uchun manfiy Joule-Tomson effekti qayd qilindi. Joule-Tomson effektining ishorasi (ya'ni mazkur hodisada gazning sovishi yoki isishi) Van-der-Vaals tenglamasidagi  $a$  va  $b$  tuzatmalarining nisbiy hissi bilan bog'liq. Molekullarning xususiy hajmini e'tiborga olmasa ham bo'ladigan hollarda (ya'ni  $b = 0$ , lekin  $a = 0$ ) gaz soviydi. Molekullarning o'zaro tortishish kuchlarini e'tiborga olmasa ham bo'ladigan hollarda (ya'ni  $a = 0$ , lekin  $b \neq 0$ ) molekullarning itarishishi muhim ro'l o'ynaydi. Bunday hollarda gaz kengayishi tufayli molekullarning potensial energiyasi kamayadi. Lekin, gazning kengayishi issiqlik almashinmay va tashqi ish bajarilmay sodir bo'layotganligi uchun ichki energiya o'zgarmasligi lozim. Shu sababli kengayish jarayonida real gaz molekullarining kinetik energiyasi ortadi, ya'ni gaz isiydi.

Umuman, Joule-Tomson effektining ishorasi gazning tabiatiga, temperatura va bosimiga bog'liq. Ko'pchilik gazlar uchun yuqori temperaturalarda manfiy effekt, past temperaturalarda esa musbat effekt qayd qilindi. U holda shunday temperatura mavjud bo'lishi kerakki, bu temperaturada Joule-Tomson effekti ishorasini o'zgartirishi lozim.

## NAZORAT SAVOLLARI

1. Real gazlar deb nimaga aytiladi?
2. Van-der-Vaals tenglamalari.
3. Real gazlarning ichki energiyasi.
4. Joule-Tompson effekti

## 16 - MA'RUZA ELEKTROSTATIK MAYDON VA UNING XUSUSIYATI.

### Reja:

1. Elektr zaryadi va uning saqlanish qonuni.
2. Kulon qonuni.
3. Elektr maydoni.
4. Elektr induksiya vektori va oqimi

### TAYANCH SO'Z VA IBORALAR

Gravitatsion, elektromagnit (elektr va magnit kuchlari o'zaro chambarchas bog'liq), kuchli yadro kuchlari, kuchli bo'lmagan yadro kuchlari

#### Elektr zaryadi va elektr maydoni.

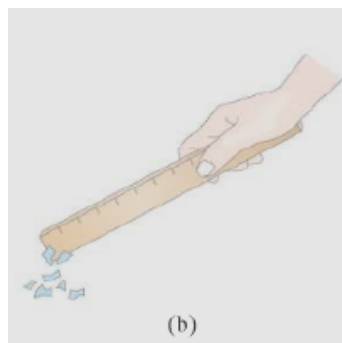
“Elektr” so'zi deganimizda ko'z o'ngimizga yangi murakkab texnika: kompyuterlar, dvigatellar, elektr generatorlari keladi. Lekin elektr hayotimizda juda katta ro'l o'ynaydi. Axir atom nazariyasiga asosan atom va molekular orasidagi ta'sir kuchlari elektr kuchlaridir. Hattoki birorta jismni tortsak yoki itarsak, bu elektr kuchlari natijasidir. Ya'ni qo'limiz molekulari bilan jism molekulari orasidagi ta'sir kuchlaridir. Masalan: ishqalanish kuchlari va tayanch reaksiya kuchlari hozirgi kunda elektr kuchlari deb hisoblanadi. Ya'ni atomlarning o'zaro ta'sir kuchlaridir. Lekin og'irlik kuchi elektr kuchlari deb hisoblanmaydi. Hozirgi asr fiziklari to'rt xil kuch mavjud deb ko'rsatadi. Ya'ni:

1. Gravitatsion
2. Elektromagnit (elektr va magnit kuchlari o'zaro chambarchas bog'liq)
3. Kuchli yadro kuchlari
4. Kuchli bo'lmagan yadro kuchlari.

#### Elektr zaryadi va uning saqlanish qonuni

Elektr so'zi grekcha so'z bo'lib, “elektron” – qahrabo degan ma'noni bildiradi. Qadimgi zamonda odamlar qahraboni matoga ishqalaganda u ba'zi bir yengil jismlarni tortish xususiyatiga ega bo'lib qolishligini aniqlashgan. Bunday jismlarni **elektrlangan** deb atashgan.

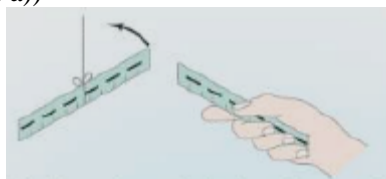
Masalan: Plastmas chizg'ichni qog'oz salftka bilan ishqalansa, u maydalangan qog'oz bo'laklarini tortishi xususiyatiga ega bo'lib qolar ekan (16.1. a) va b) rasm).



16.1 rasm.

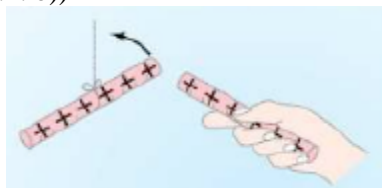
Ishqalanganda jism elektr zaryadga ega bo'lib qolar ekan. Bu elektr zaryadlar bir xilmi yoki har xilmi? Zaryad ikki xil bo'ladi. Musbat va manfiy. Buni quyidagi tajribalarda ko'rsa bo'ladi:

Masalan, plastmas chizg'ichni o'rtasidan ipga bog'lab osib qo'yamiz va uni bir bo'lak mato bilan yaxshilab ishqalaymiz. So'ng unga xuddi shunday elektrlangan chizg'ichni yaqinlashtirsak, chizg'ichlar bir – birini itarganini ko'ramiz. (rasm 16.2. a))



16.2 a) rasm

Huddi shuningdek elektrlangan shisha tayoqchalarni bir – biriga yaqinlashtirsak, ularning bir – biridan itarilganini ko‘ramiz (rasm 16.2. b))



16.2. b) rasm

Lekin zaryadlangan shisha tayoqchani zaryadlangan plastmas lineykaga yaqinlashtirsak ularni bir – birini tortishligini ko‘ramiz (rasm 16.2. c))



16.2. c) rasm

Demak, chizg‘ich shisha tayoqchani boshqacha zaryadga ega ekan. Tajribalardan: barcha zaryadlangan jismlar ikki turga bo‘linar ekan: yoki ular plastmassaga tortilib shishadan itariladi, yoki, aksincha, plastmassadan itarilib, shishaga tortilar ekan. Demak, 2 xil zaryad mavjud. Bir xil zaryadlar itarilar ekan, har xil zaryadlar tortishar ekan.

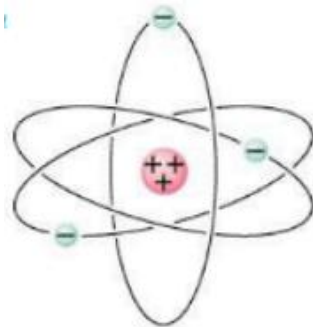
Amerikalik faylasuf olim Benyamin Franklin (1706-1790) zaryadlar ikki xil bo‘lishini tushuntirib berdi. Ya‘ni, shisha tayoqchani matoga ishqalaganda shisha tayoqchada hosil bo‘ladigan zaryadni musbat, qahrabo tayoqchani yoki plastmassa tayoqchani qog‘ozga ishqalaganda qahrabo tayoqchada yoki plastmassa tayoqchada hosil bo‘ladigan zaryadni manfiy deb hisoblagan.

Franklin biror jarayon natijasida birorta jismda zaryad hosil bo‘lsa bu vaziyatda boshqa ikkinchi jismda ham birinchi jismdagiga teng qarama – qarshi zaryad hosil bo‘ladi deb ko‘rsatadi. Bunda “musbat” va “manfiy” degan so‘zlar algebraik **ma‘noga ega**. Ya‘ni biror jarayon hosil bo‘ladigan yig‘indi zaryad nolga teng bo‘ladi. Masalan, plastmassa chizg‘ichni qog‘oz salftka bilan ishqalaganda chizg‘ichda hosil bo‘ladigan manfiy zaryadga teng qog‘oz salftkada zaryad hosil bo‘ladi. Demak, ishqalaganda har xil zaryadlar hosil bo‘ladi, lekin ularning yig‘indisi nolga teng bo‘ladi. Bu misollarda elektr zaryadlarning saqlanish qonuni yaqqol namoyon bo‘lmoqda. Ya‘ni: Har qanday jarayon hosil bo‘ladigan zaryadlarning yig‘indisi nolga teng.

Bu qonundan chetga chiqish hech qachon bo‘lmagan. Shuning uchun bu qonun ham energiyani va impulsning saqlanish qonuni kabi muayyan qonun.

### Atomni tashkil qiluvchi zaryadlar

Yuz yil avval zaryadlarning mavjudligi atomlar zaryadlardan tashkil topgan ekanligidan ma‘lum bo‘lgan. Keyinchalik biz atom tuzilishi va uning rivojlanishini mukammalroq ko‘ramiz; bunda biz asosan asosiy fikrlarni ko‘ramiz. Bu bizga elektr tabiatini o‘rganishimizda yaxshiroq yordam beradi. Atom og‘ir, musbat, zaryadlangan yadrodan tashkil topgan bo‘lib, atrofida manfiy zaryadlangan elektronlar mavjud. Rasm 19-3. Atomning oddiy modeli.

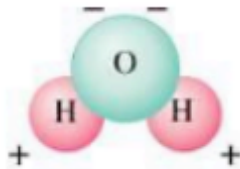


Rasm 19-3.

Atomdagi musbat va manfiy zaryadlar qiymat jihatidan bir – biriga teng. Demak, atom umuman neytral holatda bo‘ladi. Lekin atom o‘zini bitta yoki bir nechta elektronini yo‘qotishi mumkin, yoki

tashqaridan bir nechta elektron qo‘shib olishi mumkin. U holda bunday atomlar musbat yoki manfiy bo‘ladi va ionlar deb ataladi. Ishqalanish orqali elektrlanishni har xil jismlarda yadrosi elektronlarni har xil kuch bilan ushlab turishini ko‘rsatadi. Plastmassa chizg‘ichni qog‘oz bilan ishqalaganda plastmassa chizg‘ichda manfiy zaryadning paydo bo‘lishi shuni ko‘rsatadiki, qog‘oz elektronlarni plastmassaga qaraganda kuchsizroq ushlar ekan. Qog‘ozning musbat zaryadi plastmassa chizg‘ichdagi hosil bo‘ladigan manfiy zaryadga teng bo‘ladi. Odatda ishqalanganda hosil bo‘lgan zaryadlar bir necha vaqt saqlanib oxiri jismlar neytral holatga keladi. Bu zaryadlar qayerga ketadi? Bu zaryadlar havodagi suv molekulariga “oqib” ketadi. Chunki suvning molekulari “qutbli” bo‘ladi, umuman ular **neytral** bo‘lsa ham.

Suv molekularida zaryad bir xil taqsimlanmagan (Rasm 19-4).

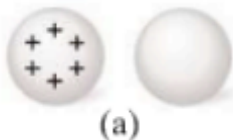


**Rasm 16.4**

Shu elektrlangan chizg‘ichdan elektron havoga “oqib” ketadi. Suv molekulasining musbat zaryadlangan qismiga tortiladi. Ikkinchi tarafdin jismning musbat zaryadi havodagi suv molekularidagi elektronlar bilan neytrallashadi. Shuning uchun ham quruq havoda zaryad uzoqroq saqlanadi. Chunki quruq havoda suv molekulari kam bo‘ladi. Nam, yomg‘irli havoda jism o‘z zaryadini uzoq saqlay olmaydi.

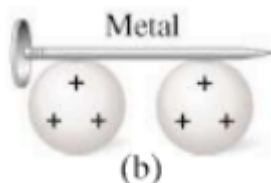
### Izolyatorlar va o‘tkazgichlar

Faraz qilamiz, 2 ta metall sharchalar mavjud. Ularning biri juda katta zaryad bilan zaryadlangan, ikkinchisi neytral bo‘lsin. (rasm 16.5 a).



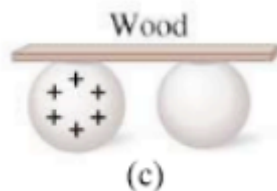
**Rasm 16.5 a**

Agar ularni temir mix bilan bog‘lasak (rasm 16.b), u holda neytral sharcha zaryadlanadi.



**Rasm 16.5 b**

Agar temir mixni o‘rniga yog‘och yoki rezinka tayoqchadan foydalansak, ikkinchi neytral sharcha zaryadlanmaydi (rasm 16.s).



**Rasm 16.5 s**

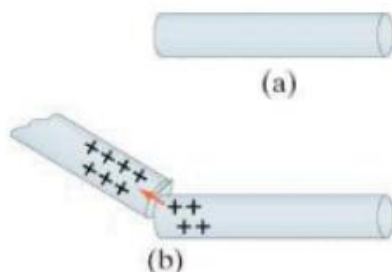
Temirga o‘xshagan moddalar o‘tkazgichlar deb ataladi. Yog‘och va rezinkalar esa izolyatorlardir. Umuman moddalar elektr o‘tkazuvchanligiga qarab ikki turga bo‘linadi. O‘tkazgichlar va izolyatorlarga. Lekin o‘tkazgich ham, izolyator ham bo‘lmagan moddalar ham uchraydi. Bularga kremniy, germaniy, uglerodlar kiradi. Bu oraliq moddalarni yarim o‘tkazgichlar deb ataladi.

Moddalarni atom tuzilishi nuqtai nazaridan qarasaq, elektronlar izolyatorlarda yadro bilan juda mustahkam bog‘langan bo‘ladi, o‘tkazgichlarda esa ko‘pincha elektronlar juda ham kuchsiz bog‘langan bo‘lib, modda ichida bemalol ko‘chib yura oladi. Agar musbat zaryadlangan jism o‘tkazgichga tekkizilsa, erkin elektronlar musbat zaryad tomonga o‘ta boshlaydi. Agar jism manfiy zaryadlangan bo‘lsa erkin

elektronlar qochadi. Yarim o'tkazgichlarda erkin elektronlar juda ham kam. Izolyatorlarda esa deyarlik bo'lmaydi.

### Induksiyalangan zaryad. Elektroskop

Musbat zaryadlangan metall jismni boshqa neytral jismga tekkizamiz (rasm 16.6). U holda neytral jismning erkin elektronlari musbat zaryadga tortilib, elektronlarining bir qismi musbat zaryadlangan metall jismga o'tadi. Buning natijasida neytral jism musbat zaryadlanib qoladi. Bu jarayon elektr o'tkazuvchanlik natijasida elektrlanish deb ataladi (rasm 16.6 b).



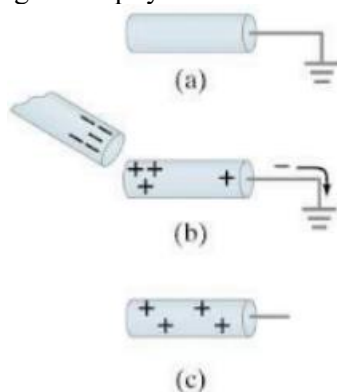
Rasm 16.6

Endi biz musbat zaryadlangan neytral metall sterjenga tekkizmasdan yaqinlashtiramiz. U holda elektronlar zaryadlangan jismga o'tib ketmasdan, balki sterjenning jismga yaqin tomoniga to'planadi, qarma – qarshi tomoniga esa musbat zaryadlar to'planadi (rasm 16.7 b).



Rasm 16.7

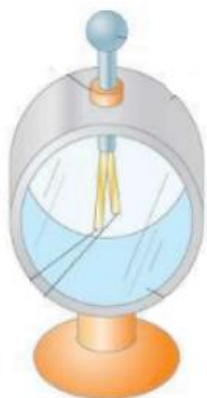
Bunda hosil bo'lgan zaryadlar induksiyalangan zaryadlar deb ataladi. Haqiqatda ham hech qanday ya'ni zaryadlar paydo bo'lmadi, faqat zaryadlar bo'lindi, umuman metall sterjen neytralligicha qoldi. Agar biz sterjenni o'rtasidan ikkiga bo'lib yuborsak, u holda biri musbat zaryadlangan, ikkinchisi manfiy zaryadlangan ikkita jismga ega bo'lamiz. Metall jismni yana zaryadlash mumkin, uni sim bilan yerga ulab yoki yerda qoqilgan vodoprovod trubasiga ulab qo'yib. Buni 16.8 rasmdan ko'rishimiz mumkin.



Rasm 16.8

(Bu yerga ulanganligini ko'rsatadigan belgi 16.8 a - rasmda ko'rsatilgan). Metall sterjen yerga ulangan. Shunday katta yer ham elektronlarni beradi, ham elektronlarni qabul qiladi. Agar metall sterjenga manfiy zaryadlangan jismni yaqinlashtirsak metall sterjendagi elektronlar qochib sim orqali kirib ketadi (rasm 16.8 b).

Natijada metall sterjen musbat zaryadlanib qoladi (rasm 16.8 s). Agar bu metall sterjenni yerdan uzsak, u holda sterjenda musbat zaryadlar qoladi. Agar manfiy zaryadlangan jismni metall sterjandan uzoqlashtirib, undan keyin yerdan uzsak, u holda barcha manfiy zaryadlar qaytib kelishga ulguradi va metall sterjen neytral holatda bo'ladi.



**Rasm 16.9**

Zaryadlangan jismlardagi zaryad miqdori elektronlarda aniqlanadi (rasm 16.9). Elektronlar metall korpusdan iborat bo‘lib, ikki tomoni shisha bilan chegaralangan. Metall sterjen ebonit probka orqali korpusdan ichkariga kiritilgan. Sterjenning uchiga metall yaproqchalar biriktirilgan. Bu yaproqchalar ko‘pincha tilladan yasaladi. Sterjenning tashqaridagi uchiga zaryadlangan jism tekkizilsa, yaproqchalar ochiladi (rasm 16.10).



**Rasm 16.10**

Yaproqchalarning ochilish kattaligiga qarab zaryadlangan jism zaryadining qanchalik ko‘p yoki kamligini bilish mumkin. Elektr o‘tkazuvchanlikdan foydalanib sterjenni to‘la ravishda zaryadlash mumkin (rasm 16.11).



**Rasm 16.11**

Shuni nazarda tutish kerakki zaryadlangan jismning zaryadini ishorasini bilib bo‘lmaydi. Chunki manfiy zaryad yaproqchalarni qanday masofaga ochgan bo‘lsa, unga teng musbat zaryad ham xuddi shunday masofaga ochadi. Lekin zaryadlangan jism zaryadi ishorasini quyidagicha bilib olsak bo‘ladi. Masalan: Birinchidan, sterjenga manfiy zaryad beramiz, u holda yaproqchalar ochiladi (rasm 16.12, a).





**Rasm 16.12**

Agar sterjenga manfiy zaryadlangan jism tekkizsak, yaproqchalar kattaroq ochiladi (rasm 16.12,b).



**Rasm 16.12**

Musbat zaryadlangan jism tekkizsak, yaproqchalar yopila boshlaydi (rasm 16.12,c).

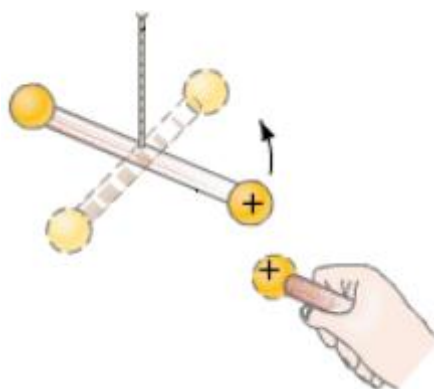


**Rasm 16.12**

### **Kulon qonuni**

Biz elektr zaryadi boshqa elektr zaryadi bilan o'zaro qandaydir bir kuch bilan tortishishi yoki o'zaro itarishishini guvohi bo'lamiz. Bu kuchning kattaligi nimalarga bog'liq? Bu savolga javobni fransuz fizigi Charlz Kulon (1736 - 1806) berdi. U 1780 yilda buralma torozi (rasm 16.13) yordamida tajriba qiladi.

Bunday buralma torozidan Kevendish gravitatsion doimiylikni aniqlashda foydalangan edi. Buralma torozi quyidagicha tuzilgan. Ingichka simga shisha shayin osib qo'yilgan. Shisha naychani bir uchiga metall sharcha mahkamlangan. Ikkinchi metall sharcha ham shisha tayoqchaga mahkamlangan.



**Rasm 16.13**

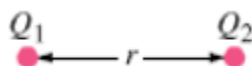
$m$  va  $n$  sharchalar zaryadlanganda zaryadlari bir xil ishorali bo'lsa, itariladi, har xil ishorali bo'lsa, tortiladi va natijada  $m$  sharchali naycha biror burchakka buriladi. Tarozi kallagini burash bilan  $m$  sharchani dastlabki vaziyatga keltirish mumkin. Bunda simning buralish momenti  $M$  sharchaga ta'sir qiluvchi elektr kuch momentiga teng bo'ladi. Agar ip darajalangan bo'lsa, kallakning buralish burchagiga ko'ra kuch momentini aniqlash, naychanning uzunligini bilgan holda esa sharchalar orasidagi o'zaro ta'sir kuchini topish mumkin bo'ladi.

$m$  va  $n$  sharchalarning zaryadlarini o'zgartirmagan holda ular orasidagi masofa o'zgartirilsa, o'zaro ta'sir kuchining zaryadlar orasidagi masofa kvadratiga teskari proporsionalligi ko'rilgan. Zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi zaryadlarning kattaligiga qanday bog'liq ekanligini qarab chiqaylik.

Agar zaryadlangan sharchani xuddi shunday kattalikdagi zaryadlanmagan sharchaga tekkizilsa, u holda birinchi sharchaning zaryadi ikkalasining o'rtasida teng taqsimlanadi, ya'ni zaryadlangan sharchaning zaryadi ikki baravar kamayadi. Xuddi shuningdek, 4,8 va hokazo marta kamaytirish mumkin. Shunday qilib, zaryad qiymatini bilmagan holda uni ma'lum marta kamaytirish mumkin. Mana shu yo'l bilan  $m$  sharcha zaryadi  $Q_1$  ni o'zgartirmagan holda  $n$  sharcha zaryadi  $Q_2$  ni o'zgartirib, bu sharchalar orasidagi  $F$  o'zaro ta'sir kuchi  $n$  sharchaning zaryadi  $Q_2$  ga proporsional ravishda o'zgarishini ko'ramiz. Xuddi shuningdek,  $Q_2$  ni va  $r$  ni o'zgarishsiz qoldirib,  $Q_1$  ni o'zgartirib,  $F$  o'zaro ta'sir kuchi  $Q_1$  ga to'g'ri proporsional ravishda o'zgarishini ko'ramiz. Bundan ko'rinib turibdiki,  $F$  o'zaro ta'sir kuchining kattaligi  $Q_1 Q_2$  ko'paytmaga proporsional ekan. Shunday qilib, Kulon qonuni to'la ravishda shunday ta'riflanadi: ikkita  $Q_1$  va  $Q_2$  nuqtaviy zaryad orasidagi  $F$  o'zaro ta'sir kuchi  $Q_1$  va  $Q_2$  zaryad kattaliklarining ko'paytmasiga to'g'ri proporsional hamda ular orasidagi  $r$  masofa kvadratiga teskari proporsionaldir:

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (16.1)$$

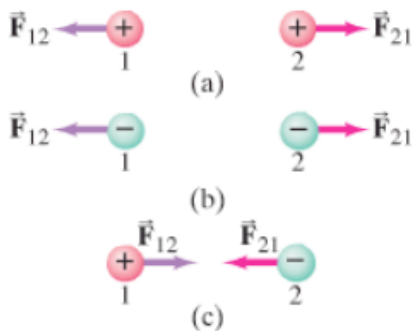
bunda  $k$  – proporsionallik koeffitsienti.  
(rasm 16.14) Kulon qonuni.



**Rasm 16.14**

16.1 formuladan  $Q_1$  va  $Q_2$  nuqtaviy zaryadlar orasidagi masofa  $r$  ga teng bo'lgandagi o'zaro ta'sir kuchi.

Tajribadan ko'rinadiki, zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi ularni birlashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'yicha yo'nalgan. Zaryadlar bir xil ishorali bo'lsa, bu kuch itarish kuchi, har xil ishorali bo'lsa, bu kuch tortilish kuchi bo'ladi (rasm 16.15).



**Rasm 16.15**

Nyutonning uchinchi qonuni bilan solishtirsak, bitta zaryad ikkinchi zaryadga qanday kuch bilan ta'sir qilsa, ikkinchi zaryad xuddi shunday kuch bilan qarama – qarshi yo'nalishda ta'sir qiladi.

Kulon qonunini vektor ko'rinishini Nyutonning butun dunyo tortishish qonuniga o'xshash yoza olamiz, ya'ni:

$$\vec{F}_{12} = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \vec{r}_{21}$$

bunda  $\vec{F}_{12}$  - kuch vektori  $q_2$  zaryad tomonidan  $Q_1$  zaryadga ta'sir qilayotgan  $\vec{r}_{21} - Q_2$  dan  $Q_1$  ga yo'nalgan birlik vektor.

16.1 formulani orasidagi masofa o'lchamlariga nisbatan ancha katta bo'lgan zaryadlangan jismlar uchun qo'llasa bo'ladi. Bunday zaryadlarni nuqtaviy zaryadlar deb ataladi.

Agar zaryadlar sistemasi berilgan zaryadga ta'sir qilayotgan bo'lsa, u holda zaryadlarning ta'sir kuchlarining vektor yig'indisining teng ta'sir etuvchisi olinadi.

Agar musbat zaryadlarni (+) ishora bilan, manfiy zaryadlarni (-) ishora bilan belgilasak, u holda (16.1) formuladan turli ishorali zaryadlar orasida tortishish kuchlari, bir xil ishorali zaryadlar orasida esa itarish kuchlari ta'sir qiladi, degan xulosa kelib chiqadi.

Elektr kattaliklarni o'lchash uchun ikkita o'lchov birliklari sistemasi qabul qilingan. 1. Xalqaro birliklar sistemasi (SI). 2. Absolyut elektrostatik birliklar sistemasi (SGSE).

1) SI sistemada:  $m$  – uzunlik o'lchov birligi;  $kg$  – massa;  
 $s$  – vaqt;  $A$  – tok kuchi.

Bu sistemada zaryad birligi qilib 1 kulon qabul qilingan. 1 kulon deb, kesim yuzida tok kuchi o'zgarmas bo'lib, 1 A ga teng bo'lganda o'tkazgichdan 1 sekundda oqib o'tadigan zaryad miqdoriga aytiladi:

$$1 C = 1 A \cdot 1 s.$$

SI sistemada

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

ga teng deb olinadi va SI sistemada Kulon qonuni (formula 16.1) dan quyidagi ko'rinishga keladi:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Kulon qonunining bu ko'rinishi va undan chiqadigan barcha elektrostatik qonunlar rasionallashgan qonunlar deb ataladi. Bunda  $\epsilon_0$  - elektr doimiylik deb ataladi.

2) SGSE sistemada:  $cm$  – uzunlik o'lchovi;  $g$  – massa;  $s$  – vaqt.

Bu sistemada  $k=1$  deb olinadi. U holda: (formula 16.1) dan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$F = \frac{q_1 q_2}{\epsilon \cdot r^2}$$

Agar o'zaro ta'sir qiluvchi zaryad bir – biriga teng ( $q_1 = q_2$ ) bo'lib, vakuumda joylashsa ( $\epsilon=1$ ), u holda:

$$F = \frac{q^2}{r^2}$$

Bu formuladan ko'rinadiki, SGSE sistemada zaryad birligi uchun shunday nuqtaviy zaryad olinganki, bu zaryadning o'zidan 1 sm masofada turgan o'ziga teng zaryad bilan o'zaro ta'sir kuchi bir dinaga teng bo'ladi.

$$1 \text{ ГСЭ}_q = \frac{1}{3 \cdot 10^9} \text{ Кл}$$

Elektr doimiysi  $\epsilon_0$  ning SI sistemadagi qiymatini aniqlash uchun vakuumda bir – biridan 1 m masofada joylashgan ikkita o'zaro teng  $q_1=q_2=1C$ , ya'ni har biri 1 Kulondan bo'lgan zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchini ko'raylik:

$$F = \frac{3 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^9}{100^2} = 9 \cdot 10^{14} \text{ дин} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н}$$

Natijada

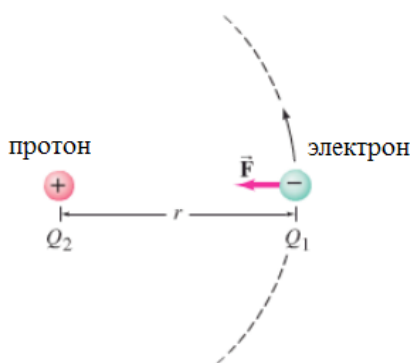
$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \quad \text{ёа} \quad \epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$$

bo'ladi.

**Masala yechish**

Kulon qonunidagi kattaliklardan foydalanib ta'sir kuchining yo'nalishini zaryadlarning ishorasiga bog'liqligini aniqlaymiz.

**16.1-masala. Elektron va proton orasidagi ta'sir kuchi.** Vodород atomining yadrosidagi yolg'iz proton ( $Q_2=+e$ )ga elektronning ta'sir kuchining kattaligi va yo'nalishi aniqlansin. Aylanayotgan elektron bilan proton orasidagi o'rtacha masofa  $r=0,53 \times 10^{-10} \text{ m}$  bo'lsin. Rasm 16.16



Rasm 16.16

**YECHISHGA YONDASHISH.** Biz Kulon qonunidan foydalanib ta'sir kuchining kattaligini aniqlaymiz.

$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$  (formula 16.1) bunda  $r=0,53 \times 10^{-10} \text{ m}$ . Elektron bilan protonning zaryadlarining kattaligi bir xil

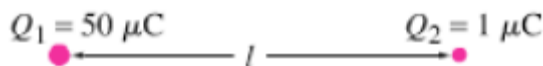
$$Q_1=Q_2=e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

**Yechish.** Kuchning kattaligi teng:

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = \frac{(9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2)(1,6 \times 10^{-19} \text{ C})(1,6 \times 10^{-19} \text{ C})}{(0,53 \times 10^{-10} \text{ m})^2} = 8,2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

Bu tortishish kuchi, chunki elektron bilan proton qarama – qarshi zaryadga ega.

**16.2-konseptual masala. Qaysi bir zaryad kattaroq kuch bilan.**  $Q_1=50 \mu\text{C}$  va  $Q_2=1 \mu\text{C}$  lar bir – biridan  $l$  masofada joylashgan (rasm 16.17).



Rasm 16.17

Ularning qaysi biri kattaroq kuch bilan ta'sir qiladi  $Q_1$  zaryad  $Q_2$  zaryadgami yoki  $Q_2$  zaryad  $Q_1$  zaryadgami?

**Javob:** Kulon qonuniga asosan  $Q_1$  zaryad  $Q_2$  zaryadga quyidagi kuch bilan ta'sir qiladi, ya'ni:

$$F_{21} = k \frac{Q_2 Q_1}{l^2}$$

Bunda ikkala kuch bir – biriga teng, lekin qarama – qarshi yo'nalgan.

Ma'lumki, Nyutonning uchinchi qonuni bu aks ta'sir qonuni. Ya'ni bir jism ikkinchi jismga qanday kuch bilan ta'sir qilsa, ikkinchi jism xuddi shunday kuch bilan qarama – qarshi yo'nalishda birinchi jismga

ta'sir qiladi, ya'ni, bu 16.2 masalada  $\vec{F}_{12} = \vec{F}_{21}$

Bu kuchlar o'zaro teng, lekin yo'nalishlari qarama – qarshi.

### Kulon qonuni va vektorlarga tegishli masalalar yechish

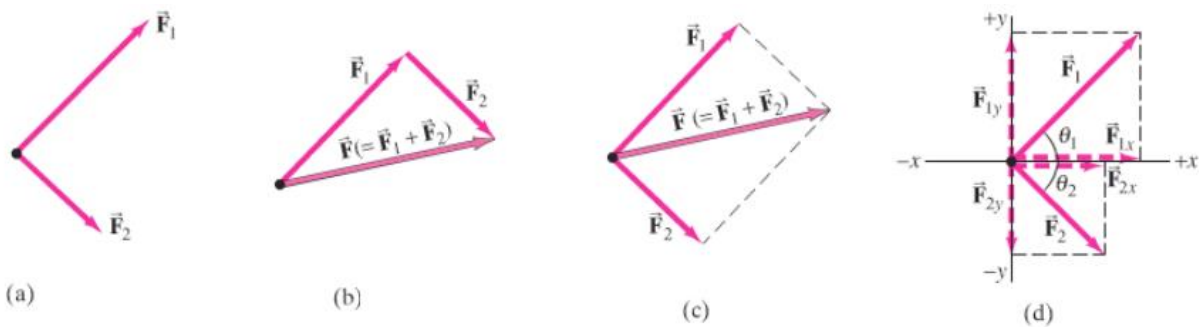
Ma'lumki, kuch vektor kattalik. Birorta jismga bir nechta kuch ta'sir qiladigan bo'lsa, bu kuchlarni vektorlar ustidagi amallarga rioya qilib natijaviy kuchni topsa bo'ladi. Masalan:  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$  va hokazo kuchlar birorta jismga ta'sir qilayapti.

U holda natijaviy kuch quyidagicha aniqlanadi:

$$\vec{F}_{\text{ham}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \dots$$

Yuqoridagidan ko'rinyaptiki, bu kuchlarni superpozitsiya prinsipi.

Buni quyidagi (Rasm 16.18 a,b,c,d) dan ko'ramiz:



a) ikkita kuch bitta jismga ta'sir qilayapti | b) yig'indi yoki natijaviy kuch  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$  | c)  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$  bu parallelogramm qoidasi bilan aniqlangan | d)  $\vec{F}_1$  va  $\vec{F}_2$  kuchlarni x va u tashkil etuvchiga ajratish

**Rasm 16.18**

Vektorlarni qo'shishni ko'ramiz

$\vec{F}_1$  va  $\vec{F}_2$  kuch vektorlari bitta jismga ta'sir qilayotgan bo'lsin (Rasm 16.18 a). Natijaviy ta'sir qiluvchi kuchni vektorlarni o'ziga parallel qilib ko'chirish yo'li bilan (Rasm 16.18 b) yoki vektorlarni parallelogramm qoidasiga asosan qo'shish (Rasm 16.18 s) yo'li bilan aniqlashimiz mumkin. Yana natijaviy ta'sir qiluvchi kuchni  $\vec{F}_1$  va  $\vec{F}_2$  vektorlarni tashkil etuvchilariga ajratish (Rasm 16.18 d) yo'li bilan aniqlash mumkin. Ya'ni:

$$F_{1x} = F_1 \cdot \cos Q_1 \quad F_{2x} = F_2 \cos Q_2$$

$$F_{1y} = F_1 \cdot \sin Q_1 \quad F_{2y} = F_2 \sin Q_2$$

Yuqoridagi kuchlarni qo'shamiz

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} = F_1 \cos Q_1 + F_2 \cos Q_2$$

$$F_y = F_{1y} + F_{2y} = F_1 \sin Q_1 + F_2 \sin Q_2$$

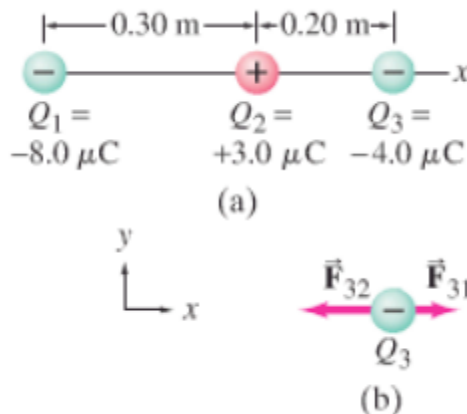
Natijaviy kuch  $\vec{F}$  quyidagiga teng bo'ladi:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$\vec{F}$  kuchning yo'nalishi Q burchak ya'ni  $\vec{F}$  kuchning x o'qi bilan hosil qilgan burchagi orqali aniqlanadi. Ya'ni:

$$\tan Q = \frac{F_y}{F_x}$$

**16.3-masala.** Uchta zaryad bir to'g'ri chiziqda joylashgan. Uchinchi zaryad  $Q_3$  ning qolgan ikkita zaryad  $Q_1$  va  $Q_2$  bilan ta'sir kuchini aniqlaymiz (Rasm 16.19 a).



**Rasm 16.19**

**YECHISHGA YONDASHISH.** Uchinchi zaryad  $Q_3$  bilan birinchi zaryad  $Q_1$ ning o‘zaro ta’sir kuchi  $\vec{F}_{31}$  uchinchi zaryadning ikkinchi zaryad bilan o‘zaro ta’sir kuchi  $\vec{F}_{32}$  natijaviy kuch  $\vec{F} = \vec{F}_{31} + \vec{F}_{32}$  ga teng

**Yechish.** Kulon qonuni 16.1 formulaga asosan quyidagi kattaliklarga ega bo‘lamiz:

$$F_{31} = k \frac{Q_3 Q_1}{r_{31}^2} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{H} \cdot \text{m}^2 / \text{K}^2)(4.0 \times 10^{-6} \text{K})(8.0 \times 10^{-6} \text{K})}{(0.50 \text{m})^2} = 1.2 \text{H}$$

Bu yerda  $r_{31} = 0,50 \text{ m}$ ,  $Q_3$  va  $Q_1$  orasidagi masofa.

Endi:

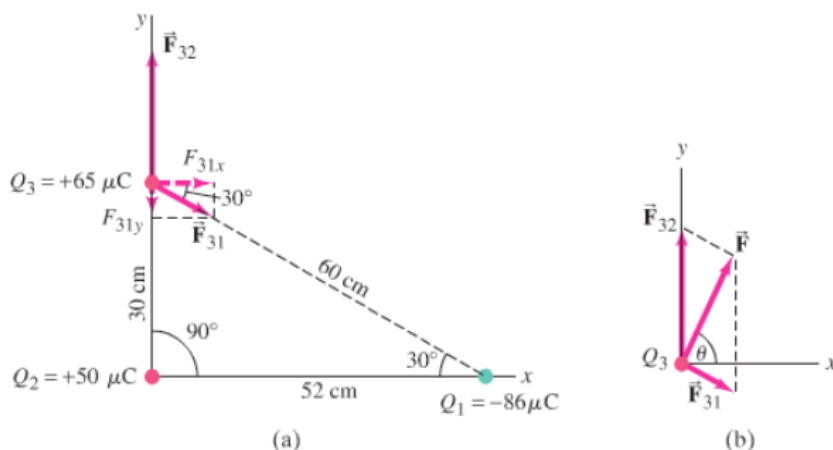
$$F_{32} = k \frac{Q_3 Q_2}{r_{32}^2} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{H} \cdot \text{m}^2 / \text{K}^2)(4.0 \times 10^{-6} \text{K})(3.0 \times 10^{-6} \text{K})}{(0.20 \text{m})^2} = 2.7 \text{N}$$

Bunda,  $\vec{F}_{31}$   $x$  ning musbat yo‘nalishi bo‘yicha yo‘nalgan va  $\vec{F}_{32}$   $x$  ning manfiy yo‘nalishi bo‘yicha yo‘nalgan (Rasm 16.19 b). Shuning uchun uchinchi zaryadga ta’sir qilayotgan natijaviy kuch quyidagiga teng bo‘ladi:

$$F = -F_{32} + F_{31} = -2.7 \text{H} + 1.2 \text{H} = -1.5 \text{H}.$$

**16.3-masala. Elektr kuchini vektor tashkil etuvchilarga ajratish.**  $Q_3$  zaryadning  $Q_1$  va  $Q_2$  zaryadlarga ko‘rsatgan ta’sir kuchini ko‘ramiz (rasm 16.20 a)

**YECHISHGA YONDASHISH.** Biz Kulon qonuniga asosan har bir kuchning kattaligini alohida alohida hisoblab olamiz. Bu kuchlar yo‘nalishga ega. Ya’ni to‘g‘ri chiziq bo‘ylab  $Q_3$  dan  $Q_1$  va  $Q_2$  larga yo‘nalgan  $\vec{F}_{31}$   $\vec{F}_{32}$  kuchlarning yo‘nalishi (Rasm 16.20 a) da ko‘rsatilgan.  $\vec{F}_{31}$  va  $\vec{F}_{32}$  lar bitta to‘g‘ri chiziqda yotmaydi. Biz  $\vec{F}_{31}$  va  $\vec{F}_{32}$  kuchlarni  $x$  va  $y$  bo‘yicha tashkil etuvchilarga ajratib, so‘ng natijaviy kuchni aniqlaymiz. Bunda  $\vec{F}_{31}$  kuch  $Q_3$  bilan  $Q_1$  larning o‘zaro ta’sir kuchi,  $\vec{F}_{32}$  esa  $Q_3$  bilan  $Q_2$  larning o‘zaro ta’sir kuchi.



Rasm 16.20

**Yechish.** Biz  $\vec{F}_{31}$  va  $\vec{F}_{32}$  kuchlarni (zaryadlarning ishorasini hisobga olmasdan ularning yo‘nalishini e’tiborga olgan holda) aniqlaymiz:

$$F_{31} = k \frac{Q_3 Q_1}{r_{31}^2} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{K}^2)(6.5 \times 10^{-5} \text{K})(8.6 \times 10^{-5} \text{K})}{(0.60 \text{m})^2} = 140 \text{H}$$

$$F_{32} = k \frac{Q_3 Q_2}{r_{32}^2} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{K}^2)(6.5 \times 10^{-5} \text{K})(5.0 \times 10^{-5} \text{K})}{(0.30 \text{m})^2} = 330 \text{H}$$

Biz  $\vec{F}_{31}$  kuchning  $x$  va  $y$  o‘qlari bo‘yicha tashkil etuvchilarini yozamiz (Rasm 16.20 a) ga asosan:

$$F_{31x} = F_{31} \cos 30^\circ = (140 \text{H}) \cos 30^\circ = 120 \text{H},$$

$$F_{31y} = -F_{31} \sin 30^\circ = -(140 \text{H}) \sin 30^\circ = -70 \text{H}.$$

Natijaviy kuchning tashkil etuvchilari kattaligi

$$F_x = F_{31x} = 120 \text{H},$$

$$F_y = F_{32} + F_{31y} = 330 \text{H} - 70 \text{H} = 260 \text{H}.$$

Natijaviy kuch quyidagicha:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(120H)^2 + (260H)^2} = 290H$$

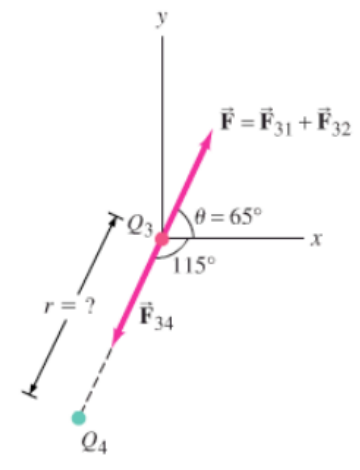
Bunda  $\theta$  quyidagiga teng (Rasm 16.20 b qarang):

$$\tan \theta = \frac{F_y}{F_x} = \frac{260H}{120H} = 2.2$$

$\theta = \arctg(2.2) = 65^\circ$  bo'ladi.

**16.5-konseptual masala.**  $Q_3$  zaryadga ta'sir kuchi nolga teng (Rasm 16.21). Bunda  $Q_4 = -50$  MC bo'lsin, u holda  $Q_3$  zaryadga ta'sir qilayotgan natijaviy kuch nolga teng bo'ladimi?

Rasm 16.21. Bunda  $Q_3$  ning  $Q_4$  ga ta'sir kuchi ( $\vec{F}_{34}$ ). Bunda  $Q_3$  zaryadga ta'sir qilayotgan natijaviy kuch nolga teng.



Rasm 16.21

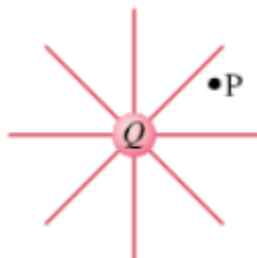
**Javob.** Superpozitsiya prinsipiga asosan biz natijaviy kuch  $\vec{F}$  ni Masal 16.4 da hisoblagan edik (Rasm 16.20 b). Bunda ham biz xuddi shunday hisoblab  $\vec{F}_{34}$  ni son qiymatini hisoblab chiqaramiz va u 290 N ga teng bo'ladi.

Ya'ni:  $\vec{F}_{34}$  va  $\vec{F} = \vec{F}_{31} + \vec{F}_{32}$  bir – biriga teng va qarama – qarshi yo'nalgan (Rasm 16.21).

### Elektr maydoni

Hayotda juda ko'p ta'sir kuchlarini bilamiz. Masalan: mashinangizda qo'lingizni rulga yoki tormozga yoki tennis raketkasining tekis koptokka ta'siri.

Lekin gravitatsiya va elektr kuchlari boshqacha kuchlardir. Bunda ikkita jism bir – biriga tegmasdan ma'lum bir masofada ta'sirlashadi. Haqiqatda, qanday qilib ikkita zaryad o'zaro bir – biriga tegmasdan turib ta'sirlashadi? Hatto butun dunyo tortilish qonunini yaratgan Nyutonga ham buni tushunish oson bo'lmadi. Bu qiyinchilikni ingliz olimi Maykl Faradey (1791-1867) tushuntirib berdi. U har bir zaryad o'z atrofida maydon hosil qiladi deb ko'rsatdi (Rasm 16.22).



Rasm 16.22

Biz zaryad yoki bir nechta zaryadlar atrofidagi maydonga juda kichik musbat sinov zaryadi kiritib, unga qanday kuch ta'sir qilishini tekshirib ko'ramiz. Masalan, musbat Q zaryad maydoniga q sinov zaryadi kiritamiz (Rasm 16.23).





**Rasm 16.23**

Sinash zaryadini a,b,c nuqtalarga dambadam o'rnatib, ta'sir kuchini kattaligini ko'ramiz. Q zaryad tomonidan ta'sir kuchi  $\vec{F}$  a nuqtada eng katta, chunki a nuqta Q zaryadga eng yaqin joylashgan (Kulon qonuni). Q zaryadning s nuqtada joylashgan sinash zaryadiga ta'sir kuchi eng kichik, chunki S nuqta eng uzoq masofada joylashgan.  $\vec{F}$  kuch zaryaddan tashqariga yo'nalgan radial chiziqlar bo'yicha yo'nalgan. Mana shu  $\vec{F}$  kuchni sinash zaryad kattaligiga bo'lsak elektr maydon kuchlanganligi  $\vec{E}$  kelib chiqadi.

Ya'ni:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (16.3)$$

Demak, elektr maydoni kuchlanganligi deganda kuchlanganlik aniqlanmagan nuqtaga o'rnatilgan birlik musbat zaryadga maydon hosil qilayotgan zaryad tomonidan ta'sir qiladigan kuch tushuniladi.

Maydon kuchlanganligining o'lchov birligini yozadigan bo'lsak:

$$[E] = \frac{[F]}{[q]} = \frac{H}{K\pi}$$

bo'ladi.

(16.3) formuladagi F ni Kulon qonuniga asosan yozsak:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{K \frac{q \cdot Q}{r^2}}{q}$$

$$E = K \frac{Q}{r^2} \quad (16.4 a)$$

bo'ladi, yoki  $\epsilon_0$  (16.2) formuladagi ifodasi  $\left(K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\right)$  dan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \quad (16.4b)$$

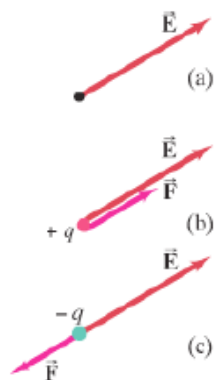
Shuni e'tiborga olish kerakki, E sinash zaryadining kattaligiga bog'liq bo'lmas ekan, maydon hosil qilayotgan Q zaryadning kattaligiga bog'liq bo'lar ekan.

Biz (16.3) formuladan:

$$\vec{F} = q\vec{E} \quad (16.5)$$

ni yoza olamiz.

Bundan agar q musbat bo'lsa,  $\vec{F}$  bilan  $\vec{E}$  bir xil yo'nalishga ega bo'lishini, agar q manfiy bo'lsa  $\vec{F}$  bilan  $\vec{E}$  qarama – qarshi yo'nalishda bo'lishi ko'rinadi. (Rasm 16.24)



Rasm 24

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Zaryadlar haqida nimalarni bilasiz?
2. Zaryadlar qanday paydo boladi?
3. Elektr zaryadi va uning saqlanish qonuni haqida malumot bering.
4. Kulon qonuni qanday fizik kattalik va u nimani ifodalaydi?
5. Elektr maydoni kuchlanganlik chiziqlari zaryadlangan zarralarda qanday tashkil topganligi va uning formulasi haqida malumot bering.
6. Elektr induksiya vektori va oqimi nima?

### 17-MA'RUZA.

### ELEKTROSTATIK MAYDON OQIMI.

#### REJA

1. Elektr maydonda zaryadni bajargan. Zaryadning energiyasi va potentsiali
2. Ekvopotensial sirtlar. Elektr siljishlar.

#### TAYANCH SŔZ VA IBORALAR

Elektr maydoni, zaryad, zaryadning energiyasi, zaryad potentsiali, ekvopotensial sirtlar, elektr siljishlar, dielektrlarda elektrostatik maydon, Gaus teoremasi, segnetoelektrlar

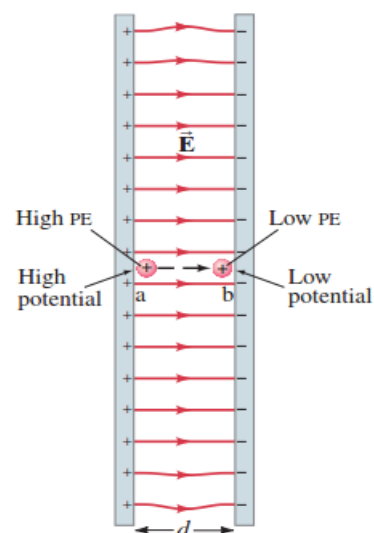
#### Elektr maydon potentsial energiyasi va potentsiallar farqi

##### Elektr maydon potentsial energiyasi

Energiya saqlanish qonunini tatbiq qilish uchun boshqa energiya turlarida b'lgani kabi elektr potentsial energiyaga ta'rif berishimiz kerak. 6-bobda b'lgani kabi, potentsial energiya konservativ (m'ytadil) kuch b'lgandagina tariflash mumkin. Jismni ixtiyoriy ikkita nuqta orasida kuchirishda konservativ kuch tamonidan bajarilgan ish trayektoriyaga b'liq emas. Gravitatsion kuchga y'xshab ixtiyoriy ikki nuqta orasidagi elektrostatik kuch (Teng. 16.1,  $F = kQ_1Q_2 / r^2$ ) ham konservativdir. Shunday qilib elektrostatik kuch uchun potentsial energiyani (PE) tariflashimiz mumkin.

Ixtiyoriy ikki nuqta a va b orasidagi potentsial energiya y'zgarishi jisimni a dan b nuqtaga konservativ kuch tamonidan bajarilgan manfiy ishga teng:  $\Delta PE = -W$ .

Shunday qilib, nuqtaviy zaryadni a dan b nuqtaga k'chirishdagi elektr potentsial energiya y'zgarishini  $PE_b - PE_a$  shu zaryadga tasir qilayotgan elektr kuchining bajarilgan manfiy ishga



17-1-rasm. Musbat zaryadni a nuqtadan b nuqtaga ko'chirishda  $\vec{E}$  elektr maydoni tamonidan bajarilgan ish.

teng. Misol uchun, har xil ishorali va bir xil miqdorda zaryadlangan yassi plastinalarni olaylik, Ras. 20-1. Ular orasidagi  $\vec{E}$  elektr maydoni brjinsli deb olish mumkin. Endi tasavur qiling, musbat zaryadlangan plastinaga yaqin joydagi “a” nuqtada juda kichkina nuqtaviy musbat zaryad bor va u  $\vec{E}$  maydonga tasir ytkazmaydi. Agar zaryad qyyib yuborilsa elektr kuchi zaryad ustida ish bajaradi va uni manfiy plastina tamon tezlantiradi. Zaryadni  $d$  masofaga kuchirishda  $E$  maydon tamonidan bajarilgan ish  $W$  (Teng. 16-5 dan foydalanib,  $F = qE$ ):

$$W = Fd = qEd \quad [\text{birjinsli } \vec{E}]$$

Elektr potensial energiya yzgarishi elektr kuchi tamonidan bajarilgan manfiy ishga teng:

$$PE_b - PE_a = -qEd \quad [\text{bir jinsli } \vec{E}] \quad (17.1)$$

Kyirilgan holatda, potensial energiya kamayadi ( $\Delta PE$  manfiydir) va uning kinetik energiyasi shuncha oshdi (chunki u a dan b nuqtaga tezlantirish bilan harakatlandi, 17.1-rasm). Energiya saqlanish qonuniga muvofiq, zaryadning potensial energiyasi kinetik energiyaga aylandi. Etibor qiling, musbat zaryad  $q$  ning potensial energiyasi a nuqtada yani musbat plastinaga yaqin joyda eng katta qiymatga ega. Manfiy zaryad esa manfiy plastinaga yaqin joyda katta potensial energiyaga ega byladi.

### Elektr maydon potensial va potentsiallar farqi

19-bobda biz bir birlik zaryadga mos keluvchu kuchni elektr maydoni kabi ta'riflash foydali bylishini kyrdik. Shunga yxshab, elektr potentsialini (yoki odiygina potensial) bir birlik zaryadga mos keluvchu elektr potensial energiya kabi ta'riflash foydali. Elektrik potensial energiya  $V$  yordamida belgilanadi. Birma bir a nuqtadagi elektr maydonda joylashgan musbat sinov  $q$  zaryadi  $PE_a$  potensial energiyaga ega (biron bir nyl potensial energiyaga nisbatan) bylsa, unda uning bu nuqtadagi elektr potentsiali

$$V_a = \frac{PE_a}{q} \quad (17.2a)$$

6-bobda muhokama qilganimizdek, potentsila energiya farqi tushinchasi fizik ma'noga ega. Shuning uchun, faqatgina potentsialdagi farq yoki potentsiallar farqini ylchash mumkin (17.1-rasmdagi kabi). Agar elektr maydoni zaryad ustida musbat ish bajarsa uning kinetik energiyasi ortadi va potensial energiyasi kamayadi. Shunday qilib, potentsiallar farqi  $V_{ba}$  deb zaryadni a dan b nuqtaga kychirishda elektr maydoni tomonidan bajarilgan manfiy ishga teng  $W_{ba}$  yani potensial energiya farqi:

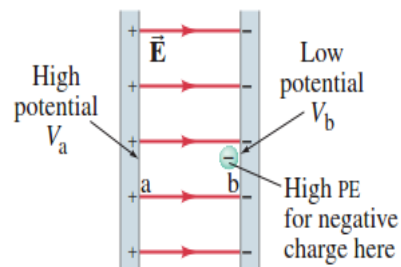
$$V_{ba} = V_b - V_a = \frac{PE_b - PE_a}{q} = -\frac{W_{ba}}{q} \quad (17.2b)$$

Etibor qiling, elektr maydoniga yxshab elektr potensial sinov zaryadiga boliq emas. Sinov zaryadga boliq bylmagan  $V$  maydoni yuzaga ketiruvchi zaryadga boliq byladi;  $q$  sinov zaryad  $V$  maydonda joylashgani sababli potensial energiyaga ega.

Ta'rifdan kelib chiqsak, 17.1-rasmdagi musbat plastika manfiy plastina bilan solishtirganda kattaroq potentsialga egadir. Shu sababli, musbat zaryadlangan jism yuqori potentsialdan pastroq potentsialga qarab harakatlanadi. Manfiy zaryadlangan jism teskarisini qiladi. Elektr potensial yoki potentsiallar farqi birligi sifatida Joule/Coulomb (J/C) olingan, yani **volt**. Bu elektr batareykasi kashfiyotchisi deb hisoblangan Alessandro Volta (1745-1827) nomidan olingan. Volt qisqacha V bilan belgilanadi, demak,  $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ .

Agar biz biror a nuqta  $V_a$  potentsialga ega desak uning qaysi nylinchi nuqtaga nisbat  $V_0 = 0$  aytilishini bilishimiz kerak. Faqatgina potentsiallar farqini ylchaganligimiz uchun, nylinchi nuqtani ixtiyoriy nuqtada olishimiz mumkin. Odatda yer nylinchi nuqta deb olinadi va potentsiallar shunga nisbatan qaraladi. Ba'zi hollarda esa, cheksizlikni nolnchi potentsial deb olishimiz mumkin.

**KONSEPTUAL MISOL 17.1- manfiy zaryad.** Aytaylik, elektronga yxshagan manfiy zaryad manfiy zaryadlangan plastikna yaqinidagi b nuqtada joylashgan (17.2-rasm). Agar elektron erkin harakatlana olsa, uning elektr potensial energiyasi ortadimi yoki kamayadimi? Elektr potentsiali qanday yzgaradi?



17-2-rasm. Manfiy nuqtaviy zaryad manfiy plastina yaqinidabi b nuqtada joylashgan.

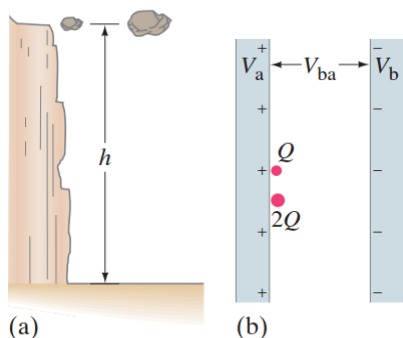
**JAVOB** b nuqtadan qʻyib yuborilgan elektron musbat plastinaga qarab intiladi. Bunda u tezlanish bilan harakatlanadi va uning kinetik energiyasi ortadi, shu sababli uning potentsial energiyasi kamayadi:  $PE_a < PE_b$  va  $\Delta PE = PE_a - PE_b < 0$ . Ammo, eʻtibor bering, elektron b nuqtadanyani kichkina potentsialdan yuqori potentsialdagi a nuqtaga tomon harakatlanmoqda:  $\Delta V = V_a - V_b > 0$ . ( $V_a$  va  $V_b$  potentsiallar plastika tamondan hosil qilinmoqda, elektron tamonidan emas.) Elektron zaryadi manfiy bʻlganligi uchun  $\Delta V$  va  $\Delta PE$  ishoralari qarama-qarshiligi bʻyladi.

**EʻTIBOR BERING!** Manfiy plastika yaqindagi b nuqtada joylashgan musbat zaryad joyidan qʻzalmasdi. Musbat zaryadlar yuqori potentsialdan past potentsialga tomon harakatlanadi.

Taʻrifdan kelib chiqib  $q$  zaryadni a dan b nuqtaga kʻchirishda uning potentsial energiya yʻzgarishi quyidagicha yoziladi:

$$\Delta PE = PE_a - PE_b = q(V_a - V_b) = qV_{ba} \quad (17.3)$$

Yaʻni agar  $q$  zaryadga ega bʻlgan jism potentsiallar farqi  $V_{ba}$  bolgan nuqtlar orasida harakatlanganda uning potentsial energiyasi  $qV_{ba}$  miqdorga yʻzgaradi. Misol uchun, 17.1-rasmdagi plastinalar orasidagi potentsila farqi 6V bʻylas unda +1C zaryadni b dan a nuqtaga kʻchirishda uning elektr potentsial energiyasi (1C)(6V)=6J ga ortadi. (Va agar u a dan b nuqtaga harakatlansa uning elektr potentsial energiyasi 6J ga kamayadi).



Shunga yʻxshab, +2C zaryad kʻchirilsa  $\Delta PE = (2C)(6V) = 12J$  ga ortadi. Shunday qilib, berilgan holatdagi elektr zaryadining qancha energiyasi borligini elektr potentsial farqi belgilab beradi. Va energiya bu ish bajara olish qobiliyati ekanligidan, elektr potentsiallar farqi berilgan zaryadning qancha ish bajara olishining yʻlchovidir. Ish yoki energiyaning aniq qiymati esa potentsiallar farqi va zaryadga boliq bʻyladi.

**20-3-rasm.** (a) Ikkita tosh bir xil balandlikda joylashgan. Massasi katta toshning potentsial energiyasi katta boladi. (b) Ikkita zaryad bir xil elektr potentsialiga ega.  $2Q$  zaryadning potentsial energiyasi kattadir.

Elektr potentsialni yaxshiroq tushinish uchun uni qiroq dan tushayotgan toshning gravitatsion potentsial energiyasi bilan solishtiraylik. Yerga nisbatan toshning balandligi qancha katta bʻylsa uning potentsial energiyasi ( $= mgh$ ) shuncha katta bʻyladi va tosh yerga yetganda uning kinetik energiyasi shuncha katta bʻyladi. Agar kichkina va katta toshlar bir xil balandlikda  $h$  (17.3a- rasm) joylashgan bʻylsa ularning “gravitatsion potentsiali” bir xil, ammo massasi katta bʻlgan toshning potentsial energiyasi katta bʻyladi. Elektr holati ham shunga yʻxshash (17.3b-rasm): potentsial energiya yʻzgarish potentsiallar farqi (qiroq balandligiga mos keladi) va zaryad (massaga mos keladi) ga boliq bʻyladi, Teng 17.3. Ammo, gravitatsiya va elektr orasidagi farq: elektr zaryadi + va - ishorali boladi, lekin massa hamisha + boladi.

Elektr energiyasi manbalari bʻylmish batareykalar va elektr generatorlari potentsial farqini yuzaga keltiradi. Bunday qurilmalarning qancha energiya bera olishi potentsiallar farqi bilangina emas, balki undan yʻtuvchi zaryadgaham bʻyliqdir. Misol uchun, mashina yoritkichlari 12V li batareykaga ulanganligini olaylik. Yoritgichga sarflangan energiya qancha zaryad oqib yʻtganiga, yaʻni yoritgich yonib turgan vaqtga tʻyri proporsional. Agar berilgan vaqtda yoritgich orqali 5C zaryad oqsa, sarflangan energiya (5.0C)(10.0V)=60.0J. Agar yoritgich ikki marta uzoq yonsa yani 10.0C zaryad oqsa, sarflangan energiya (10.0C)(10.0V)=120.0J bʻyladi. 17.1-jadvalda baʻzi bir kʻyp uchraydigan voltlar berilgan.

<b>Jadval 17.1. Baʻzi bir kʻyp uchraydigan kuchlanish qiymatlari (V)</b>	
Manba	Volt (yʻrtacha)
Chaqmoq	$10^8$ V
Mashina yʻt oldirgich	$10^4$ V
Mashina batareykasi	12 V
Fonar batareykasi	1.5 V

Teridagi potentsiallar farqi  $10^{-4} \text{ V}$

**MISOL 17.2** TV trubkasidagi elektron. Aytaylik, tinch turgan elektronni  $V_b - V_a = V_{ba} = +5000\text{V}$  potentsiallar farqi bilan tezlanish bilan harakatlantirildi (17.4-rasm).

(a) Elektronning elektrik potentsial energiyasi qanday ʻzgaradi?

(b) Elektronning kinetik energiyasi qanday ʻzgaradi?

(c) Elektronning ( $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ) tezligi qanday ʻzgaradi?

**YONDASHUV.** Musbat plastina tomon tezlanish bilan ketayotgan elektronning potentsial energiyasi  $\Delta PE = qV_{ba}$  (17.3-teng.) miqdorga ʻzgaradi. Potentsial energiyadagi yʻqotish kinetik energiya oshish miqdoriga teng (Energiyaning saqlanishi).

**YECHIM**(a) Elektronning zaryadi  $q = -e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ . Shunday qilib, potentsial energiya ʻzgarishi:

$$\Delta PE = qV_{ba} = (-1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(+5000\text{V}) = -8 \times 10^{-16} \text{ J}$$

Manfiy ishora potentsial energiyaning kamayishini bildiradi. Potentsiallar farqi  $V_{ba}$  musbat zaryadga ega, chunki oxirgi potentsial  $V_b$  boshlanich potentsial  $V_a$  dan katta. Manfiy zaryadlar (elektronlar) musbat elektrod (yoki plastina) tamon intiladi va manfiy elektroddan qochadi.

(b) Potentsial energiya yʻqotish kinetik energiyaga aylanadi. Yaʼni energiya saqlanish qonunidan (6-11a-teng.),  $\Delta PE + \Delta KE = 0$ , demak

$$\Delta PE = -\Delta KE$$

$$\frac{1}{2}mv^2 - 0 = -q(V_b - V_a) = -qV_{ba},$$

bu yerda elektron tinch holatdan harakatlana boshlaganligi uchun uning boshlanich kinetik energiyasi 0 ga teng. Demak, oxirgi kinetik energiya  $KE = -qV_{ba} = 8.0 \times 10^{-16} \text{ J}$ .

(c) Yuqoridagi tenglamani  $v$  uchun eshamiz:

$$v = \sqrt{-\frac{2qV_{ba}}{m}} = \sqrt{-\frac{2(-1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(5000\text{V})}{1.6 \times 10^{-31} \text{ kg}}} = 4.2 \times 10^7 \text{ m/s}$$

**EʻTIBOR QILING:** Elektrik potentsial energiya massaga boliq emas va zaryad hamda kuchlanishga boliq. Tezlik esa massa  $m$  ga boliq.

**MASHIQ A.** 17.2-misoldagi elektron ʻrniga proton ( $m = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ) deb olib uni  $V_{ba} = -5000\text{V}$  potentsiallar farqi bilan tinch holatdan harakatlantirildi. Protonning potentsial energiyasi (a) va oxirgi tezligi (b) qanday bʻyladi.

### Elektr maydon va Elektr maydon potentsiali orasidagi munosabat

Har qanday zaryad taqsimotining effekti elektr maydon hadlari yoki elektr maydon potentsiali hadlari bilan ifodalanishi mumkin. Elektr maydon potentsialidan foydalanish har doim oson, sababi u skalyar kattalik hisoblanadi. Elektr maydoni esa vektor kattaligidir. Elektr maydon potentsiali va elektr maydon bir-biri bilan ichki bolanishga ega. Keling, potentsiallar farqi  $V_{ba}$  bʻylgan va 17.1-rasmda keltirilgan parallel plastinalarni orasidagi singari bir jinsli elektr maydonini qaraylik. Musbat  $q$  zaryadni a nuqtadan b nuqtaga kʻchirishda elektr maydoni tomonidan bajarilgan ish potentsial energiya ʻzgarishining manfiy qiymatiga teng bʻyladi (17.2b tenglama), u holda

$$W = -q(V_b - V_a) = -qV_{ba}.$$

Bundan tashqari, bu yerda  $q$  zaryadga taʻsir qilish kuchi  $F=qE$ , u holda

$$W = Fd = qEd,$$

bu yerda  $d$  a va b nuqtalar orasidagi masofa (maydon chiziqclariga parallel). Endi  $W$  uchun ikkala tenglamani bir-biriga tenglaymiz va  $qV_{ba} = -qEd$  ni topamiz, yoki

$$V_{ba} = -Ed \quad [\text{bir jinsli } \vec{E}] \quad (17.4a)$$

Agar hosil bʻylgan tenglikni  $E$  ushuncha echsak, u holda biz quyidagiga ega bʻylamiz

$$E = -\frac{V_{ba}}{d} \quad [\text{bir jinsli } \vec{E}] \quad (17.4b)$$

17.4b tenglamadan elektr maydon uchun birlikni (V/m) kʻrinishida va (N/C,  $E=F/q$  dan) sifatida yozish mumkinligini va kʻrsak bʻyladi. Bular bir-biriga ekvivalent, chunki  $1N/C=1N\cdot m/C\cdot m=1J/C\cdot m=1V/m$ . 17.4b tenglikdagi manfiy ishorasi  $\vec{E}$  maydon yʻnalishi bʻyylab V potensial kamayishini kʻrsatadi.

**17.3-MISOL.** Kuchlanish orqali elektr maydonini topish. Ikkita zaryadlangan plastinalar 50V potentsiallar farqini hosil qiladi. Agar plastinalar orasidagi masofa 0.050 cm bʻylsa, plastinalar orasidagi bʻyshliqda elektr maydoni qiymatini hisoblang (17.5 tenglama).

**YONDASHUV.** E maydon qiymatini hisoblashda 17.4b tenglamani qʻllaymiz va E maydonni bir jinsli deb faraz qilamiz.

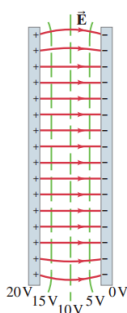
**YECHIM** Elektr maydon qiymati

$$E = \frac{V_{ba}}{d} = \left( \frac{50 \text{ V}}{0.050 \text{ cm}} \right) = 1000 \text{ V/m}$$

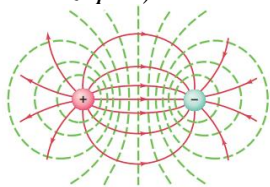
**EʻTIBOR QILING.** 20-4 tenglamalar faqatgina bir jinsli elektr maydonlari uchun qʻllaniladi.  $\vec{E}$  va V orasidagi asosiy munosabat bir muncha murakkab hisoblanadi.

### \* $\vec{E}$ va V orasidagi asosiy munosabat

Elektr maydon  $\vec{E}$  bir jinsli bʻylmagan sohada  $\vec{E}$  va V orasidagi bolanish 20-4 tenglamadan farqli bʻyladi. Umumiy holda, fazoda har qanday huqtadagi berilgan yʻnalishidagi elektr maydon ushbu yʻnalishda masofa ortishi bilan elektr potentsiali kamayishi tartibiga teng. Masalan, elektr maydonining x tashkil etuvchisi  $E_x = -\Delta V/\Delta x$  bʻyicha beriladi, bu erda  $\Delta V$  qisqa  $\Delta x$  masofada potentsial yʻzgarishi.



**20-6-rasm.** Ikkita zaryadlangan plastinalar orasidagi elektr maydoniga (qizil chiziqlar) perpendikulyar boʻlgan ekvipotensial sirtlar (yashil chiziqlar)



**20-7-rasm.** Ikkita bir xil va zaryadlari qarama-qarshi boʻlgan nuqtaviy zaryadlar (“elektr dipol”) hosil qiluvchi elektr maydoniga (qizil chiziqlar) har doim perpendikulyar yoʻnalgan ekvipotensial sirtlar (yashil chiziqlar) qarshi sirt bʻyylab zaryadni kʻchirishda ish bajarish talab etiladi va bu ekvipotensial sirt hisoblanuvchi oyani inkor etishi mumkin.

Elektr maydon chiziqlari va ekvipotensial sirtlarning yʻzaro perpendikulyarligi fakti elektr maydon chiziqlari maʼlum bʻylganda ekvipotensial sirtlarni joylashtirishda yordam beradi. Ikki yʻlchamli normal ifodalashda biz ekvipotensial sirtlar bilan kesishuvchi tasvirlash tekisligi hisoblangan ekvipotensial sirtlarni kʻramiz. 20-6 rasmda 20 V potentsialga ega ikkita parallel plastinalar orasidagi elektr maydoni (qizil

### Ionizatsiya kuchlanishi

Agar plastina plastinalariga yuqori kuchlanish berilsa, plastina orasidagi havo boshli elektr maydoniga asosan ionlashishi mumkin. Havoning  $O_2$  va  $N_2$  molekullaridan uzilgan elektronlar yetarlicha katta kinetik energiya ega bolʻishi va har qanday toq erkin elektronlar tezlanish bilan harakatlanishi mumkin. Havoning bunday ionlashishi elektr maydon  $3 \times 10^6 \text{ V/m}$  dan ortiq bʻylganda kuzatiladi. Elektronlar molekullar bilan rekombinatsiyalashganda yorulik nurlanishi vujudga keladi. Havoning ionlashishi, chaqmoq, mashina svechasi va barmoqlar orasidagi qisqa chaqmoq va sintetik gilam ustida yurganda keyingi chaqnash yoki mashina yʻrindiidagi (yetarlicha zaryadlarning yʻtishi natijasida) sirpanib harakatlanishda chiquvchi chaqnash yorulik manbai hisoblanadi.

### Ekvipotensial chiziqlar va sirtlar

Elektr maydon potentsialini ekvipotensial chiziqlarni yoki, uch yʻlchamli fazoda ekvipotensial sirtlarni chizish orqali ifodalash mumkin. Ekvipotensial sirtlar bu barcha nuqtalarda potentsiali bir xil bʻylgan nuqtalarni tutashtiruvchi sirt hisoblanadi. Bu sirtni har qanday ikkita nuqtasi orasidagi potentsiali nolga teng va sirt bʻyylab zaryadni bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga kʻchirishda ish bajarilmaydi. Har qanday nuqtada ekvipotensial sirt elektr mardoniga perpendikulyar bʻylishi lozim. Agar maydon perpendikulyar bʻylmasa, u holda  $\vec{E}$  maydonning sirtga parallel tashkil etuvchisi bʻyylab -  $\vec{E}$  maydon tashkil etuvchisiga



chiziqlar) uchun bir nechta ekvipotensial sirtlarni (yashil chiziq) tasvirlashimiz mumkin. Bu erda manfiy plastina nol kuchlanish va har bir potensial uchun ekvipotensial sirtlarni k rsatish uchun ixtiyoriy rashida tanlab olingan. Shuni ta'kidlash lozimki,  $\vec{E}$  maydon  $V$  kuchlanishning kichik qiymatlari tomonga y nalgan. Ikkita bir-biriga teng va qarama-qarshi zaryadli zarrachalar uchun ekvipotensial sirtlar 20- rasmda yashil chiziqlar bilan k rsatilgan. (Bir-biriga teng qarama-qarshi zaryadli ikkita zarrachalar "elektr dipoli" deb nomlanadi va bu bilan 19-8 b limda tanishgan edik, 19-32a tenglamaga qarang).

Elementar elektr zaryadidan boshlanib va boshqa elektr zaryadida tugaydigan turli elektr maydon chiziqlari, ekvipotensial chiziqlari va sirtlari har doim mavjud b lib hech qachon tugamaydi va 17.6, 17.7- rasmlarda keltirilgandek, yuqori chegaralargacha davom etadi. Ekvipotensial sirtlarga topografik haritani (halqa chiziqlari gravitatsional ekvipotensial chiziqlar hizoblanadi) misol qilib keltirish mumkin (17.8 rasm).

16-9 b limda statik holda y tkazgich ichida elektr maydoni mavjud emasligini va agarda mavjud b lganda erkin elektronlar kuch ta'siriga uchrashi va y tkazgich hajmi b yylab k chishi lozim b lishini k rgan edik. Haqiqatan, *statik holda bir xil potensialda y tkazgichning toliq hajmi statik holatda bir xil potensialda b lishi lozim.*

Shunday qilib, y tkazgich yuzasi ekvipotensial sirt hisoblanadi. (sirti b yylab erkin elektronlar k chmaydi, chunki erkin zaryadlarni k shiruvchi ikki nuqta orasida potenciallar farqi mavjud emas). Bu 16-9 b limdagi y tkazgich yuzasidagi elektr maydoni shu yuzaga perpendukulyar b lgan natijalar bilan t yliq mos keladi.

**20-8-rasm.** Dengiz sathidan balandda joylashgan har bir nuqta davomiy halqa chiziqlar topografik xaritada (Kaliforniyada Naveda to'g' tizmasining bir qismi) ko'rsatilgan. Ular orasida 25 m oraliq intervalga ega. Agar haqla chiqizlari bo'ylab yurilsa, u holda tekis harakatlaniladi. Agar halqalarga perpendikulyar yo'nalishda yurilsa odam o'zing gravitasion potensialini o'zgartiradi.



### **Elektron volt, energiya birligi**

Joul birligi elektronlar, atomlar va molekular energiyasini ifodalovchi keng foydalaniluvchi birlik hisoblanadi. Shu maqsadda electron volt birligidan foydalaniladi. Elektron volt zaryadi ( $q=e$ ) elektron zaryadiga teng zarrachani potenciallar farqi 1 V b lgan maydonda k shirishda talab qilinadigan energiyaga teng. Elektron zaryadining kattaligi  $1.6 \times 10^{-19}$  C va potensial energiya y zgarishi  $qV$  ga teng. Shunday qilib  $1 \text{ eV} (1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) \times (1.00 \text{ V}) = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$  ga teng:

**Elektron volt**  $1 \text{ eV} = 1.6022 \times 10^{-19} \approx 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$

Potensiallar farqi 1000V b lganda elektron tezlanish bilan harakatlanadi va 1000eV potensial energiyaga ega b ladi va bunda uning kinetik energiyasi 1000eV yoki 1 keV (kiloelektron volt) dan ortadi.

Boshqa tomondan, agar zarracha zaryadi ikki elektron zaryadiga teng b lsa ( $=2e=3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) va potenciallar farqi 1000V b lgan maydon orqali harakatlansa, uning kinetik energiyasi  $2000\text{eV}=2\text{keV}$  dan ortadi.

Elektron volt molekular va elementar zarrachalar holatlari energiyasini uchun qulay b lishiga qaramasdan SI birliklar sistemasi birligi hisoblanmaydi. Elektron voltni joulga aylantirishda berilgan almashtirish faktoridan foydalanib hisoblash mumkin. 17.2 misolda elektron  $8 \times 10^{-16} \text{ J}$  kinetik energiyaga ega b ldi. Biz bu energiyani 5000eV ( $8 \times 10^{-16} \text{ J} / 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) sifatida keltirishimiz mumkin, biroq SI birligida zarracha tezligini hisoblashda biz kinetik energiyani joularda (J) olishimiz kerak.

**MASHQ B.**  $\text{He}^{2+}$  ioni potenciallar farqi 2.5 kV b lgan maydon orqali y tganda qanday potensial energiyaga ega b ladi? (a) 2500eV, (b) 500, (c) 5000 eV, (d) 10,000 eV, (e) 250 eV



### Nuqtaviy zaryadlarga asoslangan elektr maydon potentsiali

Alohida  $Q$  zaryaddan  $r$  masofadagi elektr maydon potentsiali elektr maydoni (16-4 tenglama,  $E=kQ/r^2$ ) tenglamasidan olish mumkin. Bu holda potentsial masofa cheksiz ( $r=\infty$ ) b'lganda nol deb olinadi; bunda elektr maydoni ( $E=kQ/r^2$ ) ham nolga teng. Natijada

$$V = k \frac{Q}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r} \left[ \frac{\text{alohida nuqtaviy zaryad}}{r = \infty \text{ da } V = 0} \right] \quad 17 - 5$$

bu yerda  $k=8.99 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2 \approx 9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$  ga teng. Biz bu erda  $V$  ni  $Q$  zaryaddan  $r$  masofadagi mutloq potentsial deb y'ylashimiz, bu yerda  $r = \infty$  b'lganda  $V=0$ ; yoki  $r$  va cheksizlik orasidagi potentsiallar farqi deb y'ylashimiz mumkin. ( $\infty$  belgi cheksizlik belgisi hisoblanadi). Shuni ta'kidlash kerakki,  $V$  potentsial masofa ortishi bilan birinchi tartibli kamayadi, elektr maydon esa masofa ortishi bilan kvadratik tartib bilan kamayadi (19-4 tenglama). Musbat zaryad yaqinida potentsial katta va musbat va katta masofalarda nolga intilib kamayadi (17.9a rasm). Manfiy zaryad yaqinida manfiy va katta masofalarda nolga intilib ortib boradi (17.9b rasm). 17.5 tenglik ba'zan Kulon potentsiali deb nomlanadi.

**17.4-misol.** Musbat va manfiy zaryadlarga asoslangan potentsial. (a)  $+20 \mu\text{C}$  nuqtaviy zaryaddan, (b)  $-20 \mu\text{C}$  nuqtaviy zaryaddan  $0.50 \text{ m}$  masofadagi nuqtada potentsialni aniqlang

**YONDASHUV:** Nuqtaviy zaryadlarga asoslangan potentsial 17.5 tenglama orqali aniqlanadi,

$$V = k \frac{Q}{r}$$

**YECHIM.** (a)  $20 \mu\text{C}$  nuqtaviy zaryaddan  $0.50 \text{ m}$  masofadagi nuqtada potentsialni

$$V = k \frac{Q}{r} = \left( 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \right) \left( \frac{20 \times 10^{-6} \text{ C}}{0.50 \text{ m}} \right) = 3.6 \times 10^5 \text{ V}.$$

(b) manfiy zaryad uchun

$$V = k \frac{Q}{r} = \left( 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \right) \left( \frac{-20 \times 10^{-6} \text{ C}}{0.50 \text{ m}} \right) = -3.6 \times 10^5 \text{ V}$$

**E'TIBOR QILING.** Potentsial musbat yoki manfiy b'ylishi mumkin va biz har doim elektr maydon potentsialini aniqlaganda zaryad ishorasini hisobga olamiz.

**MISOL: 17.5**  $Q=20.0 \mu\text{C}$  zaryaddan  $0.500 \text{ m}$  nuqtaga uzoqda masofada ( $r=\infty$ ) joylashgan  $q=3.00 \mu\text{C}$  zaryadni k'ychirishda tashqi kuchlar bajargan minimal ish nimaga teng?

**YONDASHUV.** Bajarilgan ishni kuchning masofaga k'ypaytmasidan topish oson b'ylmasligi mumkin, chunki kuch  $1/r^2$  ga proporsional va doimiy qiymatga ega emas. Buning y'rniga biz potentsial energiya y'zgarishi tashqi kuchlar ish bajarishini talam qilishini y'rnatamiz va 17.3 tenglama:  $W_{\text{tashk}} = \Delta PE = q(V_b - V_a)$ .  $V_b$  va  $V_a$  potentsiallarni 17.5 tenglamadan foydalanib topamiz.

**YECHIM.** Talab qilinuvchi tashqi ish potentsial energiya y'zgarishiga teng:

$$W_{\text{tashk}} = \Delta PE = q(V_b - V_a) = q \left( \frac{kQ}{r_b} - \frac{kQ}{r_a} \right),$$

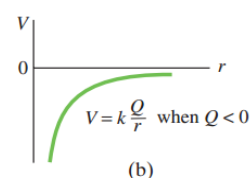
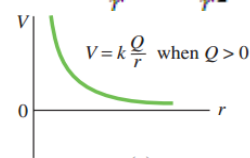
bu yerda,  $r_b = 0.500 \text{ m}$  va  $r_a = \infty$ . Tenglikning qavsi ishidagi y'ng hadi  $1/\infty=0$  ga teng, shunday qilib:

$$W_{\text{tashk}} = (3.00 \times 10^{-6} \text{ C}) \frac{(8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2})(2.00 \times 10^{-5} \text{ C})}{(0.500 \text{ m})} = 1.08 \text{ J}$$

### DIQQAT

Nuqtaviy zaryad uchun

$$V \propto \frac{1}{r}, E \propto \frac{1}{r^2}$$



**20-9-rasm.** Alohida  $Q$  zaryad potentsialining masofa  $r$  ga bog'lanishi: (a) musbat; (b) manfiy zaryad.

### MUAMMONING YECHIMI

*Elektr maydon potentsiali uchun zaryad ishorasiga e'tibor bering*

**E'TIBOR QILING.** Biz 17.4 tenglamani q'llay olmaymiz, chunki bu tenglik faqatgina bir jinsli maydon uchun q'llaniladi. Biroq, 17.3 tenglikdan foydalanish mumkin, chunki bu tenglikdan har doim foydalanish mumkin.

**MASHIQ: C.** Zaryadi  $q=3.00 \text{ nC}$  b'lgan zarrachani  $Q=20 \text{ } \mu\text{C}$  zaryadli zarrachadan 1.50 m masofada joylashgan haqiqiy holatidan shu zarrachga nisbatan 0.50 m gacha masofaga k'ysirishda qanday ish talab qilinadi?

Ikki yoki bir necha nuqtaviy zaryadlar sistemasi yaqinidagi nuqtada elektr maydonini aniqlashda har bir zaryad hosil qiluvchi elektr maydonini q'ysirish talab qilinadi. Elektr maydoni vektor kattalik b'lgani uchun bu vaqt talab qilishi mumkin. Nuqtaviy zaryadlar sistemasiga asoslangan nuqtadagi elektr potensialini topish oson emas, chunki elektr potensial skalyar kattalik va bundan kelib chiqadiki, potensialni hisoblashda faqatgina zaryadlar miqdori q'ysiriladi.

**17.6-MISOL.** Ikkidan ortiq zaryadlar potentsiali. 17.10-rasmda k'rsatilgan ikkita zaryadga asoslangan (a) A nuqtadagi va (b) B nuqtadagi elektr maydon potentsialini hisoblang. [Bu 19-9 va 19-10 misollariga y'xshash holat, 19-29 tenglama, bu yerda biz nuqtalardagi elektr maydonini hisoblaymiz].

**YONDASHUV.** A nuqtadagi umumiy potentsial ushbu nuqtadagi ikkita  $Q_1$  va  $Q_2$  zaryadlarning har biriga asoslangan potentsiallar algebraik yiindisi hisoblanadi. Bitta alohida zaryadga asoslangan potentsial 17.5 tenglama bilan beriladi. Biz maydon y'nalish haqida adashmasligimiz mumkin, chunki elektr maydon potentsiali skalyar kattalik hisoblanadi. Biroq biz zaryad ishoralarini e'tiborga olishimiz kerak.

**17.10-rasm.** 17.6-misol. (19-9 va 19-10-misollarga va 19-29-tenglamaga ham qarang)

**YECHIM.** (a) A nuqtadagi umumiy potentsial ushbu nuqtadagi ikkita  $Q_1$  va  $Q_2$  zaryadlarning har biriga asoslangan potentsiallarni q'yshamiz va har bir zaryad uchun 17.5 tenglikdan foydalanamiz:

$$V_A = V_{A2} + V_{A1} = k \frac{Q_2}{r_{2A}} + k \frac{Q_1}{r_{1A}}$$

bu yerda  $r_{1A} = 30 \text{ cm}$  va  $r_{2A} = 60 \text{ cm}$ . U holda

$$V_A = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2})(5 \times 10^{-5} \text{ C})}{0.30 \text{ m}} + \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2})(-5 \times 10^{-5} \text{ C})}{0.60 \text{ m}}$$

$$= 1.50 \times 10^6 \text{ V} - 0.75 \times 10^6 \text{ V} = 7.5 \times 10^5 \text{ V}.$$

(b) B nuqtada  $r_{1B} = r_{2B} = 0.40 \text{ cm}$ , u holda

$$V_B = V_{B2} + V_{B1} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2})(5 \times 10^{-5} \text{ C})}{0.40 \text{ m}} + \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2})(-5 \times 10^{-5} \text{ C})}{0.40 \text{ m}}$$

$$= 0 \text{ V}.$$

**E'TIBOR QILING.** (b) holda yiindida ikki had boshqa har qanday nuqtalar uchun  $Q_1$  va  $Q_2$  ( $r_{1B} = r_{2B}$ ) dan bir xil uzoqlikda joylashgan uchun nolga teng. Shunday qilib, ikkita qarama-qarshi ishorali zaryadlar orasida bir xil tekisliklarda barcha nuqtalarida potentsial nolga teng. Bu tekislik  $V=0$  li ekvipotentsial sirt hisoblanadi.

Bunga y'xshash sodda yiindilashni nuqtaviy zaryadlarning har qanday miqdori uchun bajarish mumkin.

**17.7-KONSEPTUAL MISOL.** Potentsial energiya. 17.11-rasmda zaryadlarning uchta juftligini qaraymiz. Zaryadlarni  $Q_1$  va  $Q_2$  deb nomlaymiz. (a) Qaysi juftlik musbat potentsial energiyaga ega? (b) Qaysi juftlik manfiy potentsial energiyaga ega? (c) Qaysi juftlik zaryadlarni cheksiz ajratish uchun ish bajarishni talab qiladi? Barcha zaryadlar kattaligi b'yyicha bir xil deb faraz qiling.

**JAVOB:** Potentsial energiya zaryadlarni katta masofalardan ( $\infty$ ) boshlab bir-biriga yaqin masofalarga k'ysirishda ish bajarish talab qilinadi. Chap tomondagi (+) $Q_1$  zaryadni shu yerda joylashgan deb faraz qilamiz. Ikkinchi  $Q_2$  zaryadni cheksizlikdan k'ysirishda tashqi ish talab qilinadi:

$$W_{tash} = Q_2V = k \frac{Q_1Q_2}{r}$$

bu yerda  $r$  ular orasidagi yakiniy masofa. Shunday qilib, ikkita zaryad potensial energiyasi

$$PE = k \frac{Q_1Q_2}{r} \text{ hisoblanadi.}$$

(a) (iii) juftlik musbat potensial energiyaga ega, chunki, ular bir xil ishorali zaryadlarga ega.

Birinchi (i) va ikkinchi (ii) juftliklar qarma-qarshi ishorali zaryadlarga ega va bu juftliklar manfiy potensial energiyalarga ega. Chunki, (i) juftliklar orasidagi masofa  $r$  juda kichik, (i) uchun PE bir muncha manfiyroq. (c) (i) juftlikni cheksiz uzoqlikka ajratish uchun bir muncha katta ish talab qilinadi. Zaryadlarni 17.9b rasmda keltirilgandek ajratish va PE  $r = \infty$  noldan farqli b'ylguncha bir-biriga yaqinlashtirish uchun manfiy potensial energiya, ish talab qilinadi.

**MASHIQ D.** 473 betdagi bob ochiq savollariga qayting va ularga qaytadan javob bering. Dastlabki javoblarda turlicha javob berganligingizni tushuntiring.

### Elektr Dipoliga Asoslangan Potensial; Dipol Momenti

Bir xil  $Q$  zaryadli ikkita qarama-qarshi ishorali bir-biridan  $l$  masofaga ajratilgan zaryadlar **elektr dipoli** deb nomlanadi. Dipol uchun elektr maydon chiziqlar va ekvipotensial sirtlar 17.7-rasmda k'yratilgan. Chunki, molekulyar biologiyaga y'xshash boshqa disiplinaryar singari fizikada elektr dipoli tez-tez r'yy beradi, u ularni diqqat bilan tekshirishda foydali hisoblanadi.

Dipolga asoslangan ixtiyoriy  $P$  nuqtadagi elektr potensial 17.12 tenglama ikkita zaryadlarning har biriga asoslangan potensiallar yiindisi hisoblanadi.

$$V = \frac{kQ}{r} + \frac{k(-Q)}{r} = kQ \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{r + \Delta r} \right) = kQ \frac{\Delta r}{r(r + \Delta r)}$$

bu yerda musbat zaryaddan  $r$  masofadagi va manfiy zaryaddan  $r + \Delta r$  masofada  $P$  nuqtada potensial. Bu tenglamani sodda holda zaryadlar orasidagi masofadan  $P$  nuqtagacha b'ylgan masofa  $r \gg l$  masofa ancha katta b'ylganda yozish mumkin. 17.12 tenglamadan  $\Delta r = l \cos \theta$  ;  $r \gg \Delta r = l \cos \theta$  b\ b'ylagani uchun  $\Delta r$  y'zgaruvchi  $r$  bilan taqqoslaganda juda kichik va uni hisobga olmasa ham b'yladi. U holda biz quyidagini olamiz:

$$V = \frac{kQl \cos \theta}{r^2} [\text{dipol}; r \gg l] \quad 17 - 6a$$

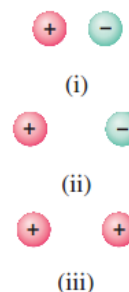
Dipoldan uzoqlashgan sari potensial kvadratik kamayib borishini, bu vaqtda alohida zaryaddan uzoqlashgan sari potensial birinchi tatribli kamayib borishini k'yrish mumkin (17.5-tenglama). Dipol uchun potensialning keskin kamayishi bu odatiy hol: agar siz dipoldan uzoqda joylashgan b'ylsangiz ikkita bir xil lekin qarama-qarshi ishorali zaryadlar bir-biri bilan tortishib neytrallashishga intiladi.

17.6a tenglamadagi  $Ql$  k'ypaytma  $p$  dipol momenti tegishli b'yladi. 17.6a tenglama dipol momenti hadi

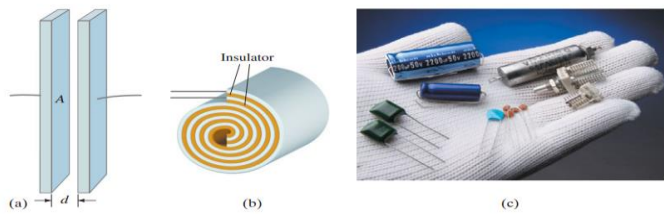
$$V \approx \frac{kpc \cos \theta}{r^2} [\text{dipol}; r \gg l] \quad 17 - 6a$$

Dipol momenti (C·m) birligiga ega, molekullar uchun kichik birlik debay deb ataladi va odatda 1 debay =  $3,33 \cdot 10^{-30}$  C·m dan foydalaniladi.

K'ypgina molekullar elektrik neytral hisoblanadi, elektronlar bir-biriga yaqin atomlar orasida uzatiladi va natijada zaryad ajralishi kuzatiladi. Dipol momentiga ega molekullar polyar molekullar deb nomlanadi. Biz oldingi b'ylimlarda suv molekulasini poyar molekula ekanligini k'yriganmiz va biologik molekullarni muhokama qilganimizda polyar molekullarga duch kelganmiz (19-10 b'ylim). 17.2-jadvalda bir qator molekullar uchun dipol momentlari berilgan. + va - ishoralar atomlarning qanday zaryadli ekanligini k'yratadi. Organik molekullarning oxirgi ikkitasi molekulyar biologiyada muhim ahamiyatga ega.



17-11-rasm. 17-7 misol.



17-13-rasm. Kondensatorlar:  
(a) yassi kondensator; (b) silindrik kondensator (o'ralgan vassi kondensator).

Siim bu elektr zaryadini saqlovchi qurilma hisoblanadi va odatda ikkita bir-biriga juda yaqin joylashtirilgan, lekin bi-biriga tegmaydigan ytkazgichlar (odatda plastinalar) iborat b'yladi. Siimlar elektr zanjirlarida keng foydalaniladi va ba'zan kodensatorlar deb nomlanadi. Siimlar zaryadlarni keyinchalik ishlatish uchun saqlaydi. Kondensatorlar elektr zanjirida zaryad va energiyalarning keskin yzgarishlaridan saqlaydi. Juda yupqa siimlar kompyuter va boshqa elektron qurilmalarning (17.35-rasmdagi singari) operativ hotiralarida (RAM) "bir" va "nol" binary kodi uchun xotira sifatida hizmat qiladi. Siimlar boshqa kypgina q'llanilishlarga ega va ulardan ba'zilarini muhokama qilib chiqamiz.

Oddiy siim yuzasi  $A$  va  $d$  masofaga ajratilgan ikkita parallel plastinalardan tashkil topgan (17.13a). Kyp hollarda bir-biridan qooz yoki boshqa izolyatorlar bilan ajratilgan ikkita plastinalar silindrik shakl k'yrinishida yraladi (17.13b); 17.13c-rasmda turli q'llanilish sohalarida foydalaniluvchi asosiy siimlar fotosuratlarini keltirilgan. Zanjirlarda ular quydagicha belgilanadi:

$$\text{||} \quad \text{yoki} \quad \text{||} \quad [\text{siim belgisi}]$$

Kuchlanish manbai hisoblanuvchi batareya quyidagicha belgilanadi:

$$\begin{array}{c} | \\ + \\ | \\ - \end{array} \quad [\text{batareya belgisi}]$$

Batareyaga ytkazgishlar bilan ulangan siim orqali ytuvchi kuchlanish shemasi 17.14 rasmda k'yratilgan, batareya zaryadi kondensator har bir plastinasini zaryadlaydi: bunda bitta plastina manfiy ikkinchisi esa shunga teng b'ylgan musbat zaryad bilan zaryadlanadi. Har bir batareya klemmalari va kondensator plastinalari bir xil potensialga ega b'yladi; bundan batareya t'lyiq kuchlanishi siim orqali yuzaga keladi. Berilgan kondensator uchun umumiy zaryad  $Q$  har bir plastinaga y'tadi va u plaastinkalar orasidagi potentsiallar farqiga t'yi poporsional b'yladi:

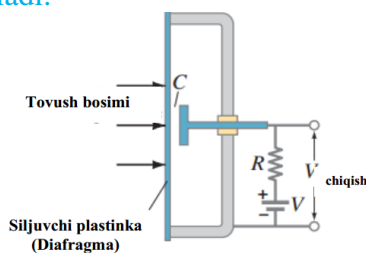
$$Q = CV \quad (17 - 7)$$

17.7 tenglamadagi proporsionallik doimiysi  $C$  kondensator siimi deb ataladi. Siim birligi (C/V) b'yladi va bu birlik farad (F) deb nomlanadi. Odatiy siimlar 1pF (pikofarada= $10^{-12}$  F) dan  $10^3\mu\text{F}$  (mirofarada= $10^{-6}$ F) gacha tartibda b'yladi. 17.7 tenglama 18 asr ohirlarida Volta tomonidan taklif etilgan.

17. tenglamada va bundan keyin batareya tomonidan hosil qilinuvchi potentsiallar farqini ifodalashda oddiy  $V$  dan foydalanamiz, oldingi b'ylimlarda  $V_{ba}$ ,  $\Delta V$  yoki  $V_b - V_a$  lardan foydalailgan edi.

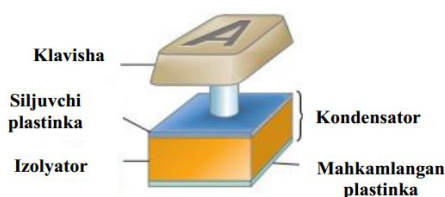
## FIZIKANING QO'LLANILISHI

Kondensatorlar zahira quvvati; mikrofon; va kompyuter klaviyaturasi sifatida ishlatiladi.



17.16-rasm. Mikrofon kondensatori diagrammasi.

17.17-rasm. Kompyuter klaviyaturasi klavishasi. Klavishani bosib, plastinalar orasidagi bo'shliq kamaytiriladi, natijada sig'im ortadi.



Bundan tashqari, kursiv harflar bilan berilgan  $V$  va  $C$  kuchlanish va siimni ifodalasa, kursiv b'ylmagan  $V$  va  $C$  kuchlanish va zaryad birliklarini ifodalashini unutmmang.

Siim  $C$  umumiy holda zaryad  $Q$  yoki kuchlanish  $V$  ga boliq emas. Uning qiymati kondensatorni tashkil etuvchi ytkazgichlar ylchamlariga, shakliga, plastinalarning nisbiy holatlariga va bundan tashqari ularni ajratib turivchi materialga boliq. Plastinalri yuzasi  $A$  va ular orasida  $d$  qatlamli havo b'ysligi (17.13a) bilan ajratilgan yassi parallel kondensator uchun siim quyidagicha beriladi:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} [\text{yassi kondensator}]$$

Bunda siimning  $C$  faqatgina kondensator geometrik ylchamlari  $A$  va  $d$  bolliqligini va  $Q$  va  $V$  larga boliq emasligini k'yrish mumkin. Biz bu foydali munosabatni ushbu b'ylim yakunidagi

ichki b'ylimda keltiramiz.  $\epsilon_0$  doimiy vakuumdagi elektr singdiruvchanligi b'ylib, 19-bobda k'yrilgan edi va ining

$$\text{kattaligi} \quad 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} \text{ ga teng.}$$

MASHIQ: E 17.15-rasmda uchta A, B C kondensatorlar uchun zaryadning kuchlanishga bolanish grafigi keltirilgan. Qaysi kondensatorning siimi katta?

**17.8-misol:** Siimni hisoblash. (a) Yuzasi  $20\text{ cm} \times 3.0\text{ cm}$  va orasi  $1.0\text{ mm}$  havo bilan ajratilgan yassi kondensator siimini hisoblang. (b) Agar palstinkalar  $12\text{ V}$  li batareyaga ulansa har bir plastina zaryadi nimaga teng? (c) Plastinalar orasidagi elektr maydoni nimaga teng? (d) Siimi  $1\text{ F}$  ga teng b'ylishi uchun orasidagi havo b'ylshlining  $d$  qalinligi  $100$  marta kichik yoki  $10$  mikron ( $1\text{ mikron} = 1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{ m}$ ) b'ylgandanda plastinalar yuzasi nimaga teng b'ylishi lozim?

**YONDASHUV.** Siimni 17.8 tenglama orqali topamiz,  $C = \epsilon_0 A/d$ . Har bir plastinalar zaryadi siim aniqlagandan keyin 17.7 tenglama orqali topiladi. Bir jinsli elektr maydoni kattaligi uchun 17.4b tenglamadan foydalaning:  $E = V/d$ . (d) shartda biz yana 17.8 tenglamadan foydalanamiz.

**YECHIM** (a) Yuza  $A = (20 \times 10^{-2}\text{ m})(3.0 \times 10^{-2}\text{ m}) = 6.0 \times 10^{-3}\text{ m}^2$ . U holda siim  $C$ :

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} = \left( 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} \right) \frac{6.0 \times 10^{-3}\text{ m}^2}{1.0 \times 10^{-3}\text{ m}} = 53\text{ pF}$$

(b) har bir plastinadagi zaryad

$$Q = CV = (53 \times 10^{-12}\text{ F})(12\text{ V}) = 6.4 \times 10^{-10}\text{ C}$$

(c) Bir jinsli elektr maydon uchun 17.4b tenglamadan elektr maydon kattaligini topamiz

$$E = \frac{V}{d} = \frac{12\text{ V}}{1.0 \times 10^{-3}\text{ m}} = 1.2 \times 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

(d) A uchun 17.8 tenglamaga  $C = 1\text{ F}$  va  $d = 1.0 \times 10^{-5}\text{ m}$  ni q'yib plastinalar yuzasini hisoblaymiz.

$$A = \frac{Cd}{\epsilon_0} = \frac{(1\text{ F})(1.0 \times 10^{-5}\text{ m})}{9 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}} = 10^6\text{ m}^2$$

**E'TIBOR QILING:** Tomoni  $1\text{ km}$  b'ylgan kvadrat yuzasi  $10^3\text{ m}^2$  ga teng. Bu judaham katta yuza hisoblanadi. Oddiy parallel plastinalar katta siimli kondensatorlar b'yla olmaydi.

Yaqin y'tmishda siimi bir necha mF b'ylgan kondensatorlar keng tarqalmagan. Bugungi kunda tomoni bir necha cm b'ylgan  $1$  yoki  $2\text{ F}$  siimli kondensatorlar mavjud. Bunday kondensatorlar zahira manbalari, masalan, mitti zaryad oqimi orqali vaqt va ma'lumotlarni saqlash mumkin b'ylgan elektron qurilmalarda va kompyuterlarda ishlatilib kelinmoqda. [Kondensatorlar qayta zaryadlanuvchi batareyalarga qaraganda ustunligi ularda degradasiz qayta zaryadlanish  $10^5$  martadan yuqoriligidadir]. Bunday katta siimga ega kondensatorlar juda yuqori poristlikka va katta yuzalarga ega faollashtirilgan uglerodlardan tayyorlanadi; bir necha y'n gramm faollashtirilgan uglerod  $100\text{ m}^2$  dan ortiq yuzaga ega b'ylishi mumkin. Bundan tashqari, qalinligi  $10^{-9}\text{ m}$  b'ylgan elektrik "ikkilangan qatlam" da teng va qarama-qarshi ishorali zaryadlar mavjud b'yladi. Shunday qilib, ichki yuzasi  $10^2\text{ m}^2$  b'ylgan  $0.1\text{ g}$  faollashtirilgan uglerod siimi siimi  $1\text{ F}$  b'ylgan yassi kondensator siimiga ekvivalent b'yladi.

17.8 tenglamadagi  $C \propto A/d$  proporsionallik 17.13b rasmdagi singari y'ralgan silindirik kondensator uchun ham y'rinli. Madomiki, agar izolyatsiya qatlami qoozdan iborat b'ylsa  $\epsilon_0$  doimiy almashtirilish lozim va bu keying b'ylimda muhokama etiladi. Havo qatlamining tovush t'ylqinlariga almashtirilishi kondensator plastinalarini orqaga va oldingi siljishiga sabab b'yladi. Tovush t'ylqinlarining birday chastotasida kondensator orqali y'tuvchi kuchlanish y'zgaradi.

Ba'zi kompyuter klaviaturasi siim b'yiycha ishlaydi. 17.17 rasmda k'yratilgandek, har bir klavisha kondensator plastinalari bilan bolangan. Qachonki, klavisha bosilganda yuqori plastina pastgi plastinaga tomon siljiydi va bunda plastinalar orasidagi masofaning kamayishi va siimning ortishi kuzatiladi (17.8 tenglama:  $d$  kichik b'ylganda  $C$  katta b'yladi). Sigi'm y'zgarishi natijasida elektr zanjirida elektr signal qayd qilinadi.

## 18-MA'RUZA ELEKTROSTATIK MAYDONDA DIELEKTRIKLAR.

### REJA:

1. Dielektriklar va ularning turlari.
2. Dielektriklarda elektrostatik maydon uchun Gaus teoremasi.
3. Pezoelektriklar.
4. Segnetoelektriklar.



## Dielektriklar

Kÿpgina kondensator plastinalari orasiga izolyatsiyalovchi material plastinasiga ega, qooz va plastik singari bu materiallar dielektriklar deb ataladi (18.18 rasm). Bular turli maqsadlarga xizmat qiladi. Birinchidan, dielektriklarda havo bÿshligiga qaraganda yengil proboy hosil qilinadi, bundan tashqari, qatlam orqali zaryadlarni tashimasdan yuqori kuchlanishlarni qÿllash mumkin. Bundan tashqari, dielektriklar plastinalarni bir-iriga tekkizmasdan juda kiviik masofalargacha yaqinlashtirish imkonini beradi, shunday qilib, 18.8 tenglamaga kÿra  $d$  kichik bÿlgani uchun kondensator siimi ortadi. Uchinchidan, agar ikkita ÷tkazgich orasidagi bÿshliq dielektriklar bilan tÿldirilsa, **dielektrik doimiy** deb nomlanuvchi  $K$  factor bÿyicha siim ortishi tajribalarda tekshirilgan.

Shunday qilib, yassi kondensator uchun

$$C = K\epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (17 - 9)$$

Buni quyidagicha yozish mumkin:

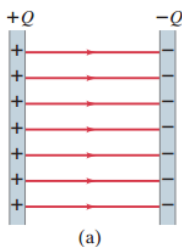
$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

bu yerda  $\epsilon = K\epsilon_0$  bÿlib materialning elektrik singdiruvchanligi deb ataladi.

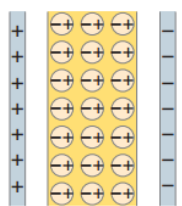
18.3 jadvalda turli materiallar uchun dielektrik doimiyning kattaliklari berilgan. Bundan tashqari, 18.3 jadvalda poroboy kuzatilish mumkin bÿlgan maksimal elektr maydoni, dielektrik mustahkamlik qiymatlari ham berilgan.

**KONSEPTUAL MISOL 18.9** Doimiy  $V$  ga dielektrikni kiritish. Havo bilan tÿldirilgan orasidagi masofa  $d$  bÿlgan ikkita parallel plastinadan tashkil topgan kondensator doimiy  $V$  kuchlanishli batareyaga ulandi va  $Q$  zaryad tÿpladi. Kondensator batareyaga ulanib turgan holatida uning ichiga  $K=3$  bÿlgan dielektrik material kiritildi.  $Q$  zaryad ortadimi, kamayadimi yoki qiymati ÷zgarmaydimi?

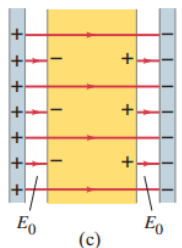
**JAVOB:** Kondensator manbaga ulangan holatda turganida uning kuchlanishi ÷zgarmaydi va u batareya kuchlanishiga teng bÿladi. Agar kondensator ishiga dielektrik material kiritilganda uning siimi 18.9 tenglamaga muvofiq ortadi, chunki  $K$  ning qiymati ortgan.  $Q=CV$  munosabatga kÿra, agar  $V$  doimiy bÿlsa va  $C$  ortsa  $Q$  ham ortishi lozim. Kondensator plastinalari orasiga dielektrik kiritilganda batareyadan kÿproq zaryadlar kondensatorga tortiladi va plastinalarga joshlashadi va natijada siim ortadi.



(a)



(b)



(c)

18.9-mashiq F: misoldagi plastinalar orasidagi bÿshliq dielektrik bilan tÿldirilsa, (a)siim va (b) har bir plastinadagi zaryad qanday factor bilan ÷zgaradi.

**KONTSEPTUAL MISOL 18.10** Izolyasiyatlangan kondensatorga dielektrik kiritish. 18.9 misoldagi havo bilan tÿldirilgan kondensator ( $Q$ ) gacha zaryadlanib keyin manbadan uzildi. Keyin plastinalari orasiga dielektrik kiritildi.  $Q$ ,  $C$  yoki  $V$  ÷zgaradimi?

**JAVOB:** Kondensatorning zaryadi  $Q$  ÷zgarmasdan qoladi, sababi tashqaridan zaryad oqimi tÿxtagan. Siimi plastinalar orasiga dielektrik kiritilganligi uchun ortadi (18.9). Kondensator plastinalari orasidagi kuchlanish ÷zgaradi – u kamayadi, chunki 18.7 tenglamaga kÿra  $Q=CV$ , bundan  $V=Q/C$ ; agar  $Q$  doimiy saqlansa va  $C$  ortsa, u holda  $V$  kamayadi.

### \* Dielektriklarning molekulyar ifodalanishi

Kondensator plastinalari orasiga dielektrik kiritilganda uning siimi katta bÿlishini molekulyar nuqtai nazardan tekshirib kÿramiz. Plastinalari  $+Q$  va  $-Q$  bilan zaryadlangan va orasi havo bilan tÿldirilgan  $C_0$  siimli kondensator berilgan (18.19a-rasm). Kondensator manbadan uzilgan va plastinalari orasida zaryad oqimi mavjud emas deb faraz qilamiz. Plastinalar orasida potensiallar farqi  $V_0$  18.7 tenglama bÿyicha berilgan:

$$Q=C_0 V_0$$

**19-19-rasm.** Dielektrikda effektning molekulyar ko'rinishi.

bu yerda pastki indekslar plastinalar orasi havo bilan tŷldirilganligini kŷrsatadi. Endi plastinalar orasiga dielektrik kiritamiz (18.19b-rasm). Kondensator plastinalari orasida elektr maydon mavjudligi tufayli dielektrik molekulalar 18.19b-rasmda kŷrsatilgandek orientatsiyalanishi mumkin. Agar dielektrik molekulalari polyar bŷlsa, u holda uning musbat tomoni kondensator manfiy tomoniga, manfiy tomoni esa kondensatorning musbat tomoniga tortiladi. Agar dielektrik molekula poyar bŷlmasa ularning elektronlari kondensator musbat plastinasi tomonga tortiladi va effekt oldingi holatdagidek bŷladi. Hosil bŷlgan dipollarning natijaviy effekti bŷlib 18.19c rasmda kŷrsatilgandek, dielektrik yuzaning tashqi qatlamidagi natijaviy manfiy zaryadlarning musbat plastina va musbat zaryadlar qarama-qarshi tomonga tortiladi.

Ba'zi elektr chiziqlari dielektrik orqali ŷtmaydi, biroq 18.19c rasmda kŷrsatilgandek yuzada vujudga kelgan zaryadlarda tugaydi. Shunday qilib, dielektrik ichida elektr maydon havoga nisbatan kichik bŷladi. Bu dielektrik bilan tŷldirilgan kondensator plastinalari orasidagi elektr maydon ba'zi bir  $K$  faktor bŷyicha kamayadi. Kondensator orqali ŷtuvchi kuchlanish ba'zi bir  $K$  faktor bŷyicha kamayadi, chunki  $V=Ed$  (18.4 tenglama), bundan, 18.7 tenglamaga muvofiq  $Q=CV$ , berilgan doimiy  $Q$  da siim  $C$  shunday  $K$  faktor bŷyicha ortadi.

### Elektr energiyasining saqlanishi

Zaryadlangan kondensator elektr energiyasini + va - zaryadlarga ajratgan holda saqlaydi. Kondensatorida saqlangan energiya zaryad bajarigan ishga teng bŷlishi mumkin. Kondensatorni zaryadlashdagi natijaviy effekt zaryadni bir plastinadan ikkinchi boshqa plastinaga kŷshirishi va qŷshishi hisoblanadi. Bu batareyani kondensatorga ulash baralishi hisoblanadi. Kondensator keskin zaryadlanib qolmaydi. Bu bir qancha vaqtni talab qiladi (19-6 bŷlim). Boshlanich bosqichda kondensator zaryadlanmagan, zaryadlarni kŷshirishda ish talab qilinmaydi. Kŷp miqdordagi zaryadni kŷchirishda kuchlanish  $V$  ni ortirish uchun zaryadni teskari kŷshirishda ish bajarishga muhtoj bŷladi. Potensiallar farqi  $V$  bŷlganda, bir qismi  $\Delta q$  zaryadni qŷshishda ish  $\Delta W=V\Delta q$  ga teng. Umumiy  $Q$  zaryadni kŷshirishda kerak bŷladigan tŷliq ish kŷchirish jarayonidagi ŷrtacha kuchlanishga teng bŷlgan kuchlanish orqali barcha  $Q$  zaryadlarni kŷchirishda kerakli ishga ekvivalent bŷladi. (Bu 6-4 bŷlimda, 148-betdagi prujinani chŷzishda bajarilgan ishni hizoblashga ŷshshaydi). ŷrtacha kuchlanish  $(V_f-0)/2=V_f/2$ , bu yerda  $V_f$  yakiniy kuchlanish; umumiy zaryadni kŷshirishda bajarilgan ish:

$$W = Q \frac{V_f}{2}.$$

Shunday qilib, kondensatorida saqlanuvchi elektrik potensial energiya quyidagicha bŷladi:

$$PE = \text{energiya} = \frac{1}{2} QV,$$

bu yerda  $V$  plastinalar orasidagi potensiallar farqi (indeks tashlab yuborilgan) va  $Q$  har bir plastinadagi zaryad.  $Q=CV$  dan tenglikni quyidagicha yozish mumkin:

$$PE = \text{energiya} = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}.$$

**18.11-misol.** Kondensatorida energiya saqlanishi.

Kamera lampasi kondensatori  $660 \mu F$  siimga va  $330V$  kuchlanishda energiyani saqlaydi (18.18.rasm). (a) Bunda qancha elektr energiyasi saqlanishi mumkin? (b) Agar barcha energiya  $1.0 \text{ ms}$  da sarflansa chiqish quvvati qanday?

**YONDASHUV** Biz 18.10 tenglamaning  $PE = \frac{1}{2} CV^2$  shaklidan foydalanamiz, chunki bu yerda  $C$  va  $V$  lar berilgan.

**YECHIM** (a) Saqlangan energiya

$$PE = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} (660 \times 10^{-6} F)(330V)^2 = 36 J.$$

ga teng bŷladi.

(b) Agar energiya  $1/1000 \text{ s}$  ichida sarflansa ( $=1.0 \text{ ms} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ s}$ ), chiqish quvvati

$$P = \frac{PE}{t} = \frac{36 J}{1.0 \times 10^{-3} s} = 36.000 W.$$

**MASHQ G:** Kondensator  $9.0 \text{ V}$  da  $0.50 \text{ J}$  energiyani saqlaydi. Uning simi nimaga teng?

**KONTSEPTUAL MISOL 18.12** Kondensator plastinalari orasidagi masofani ortirish. Yassi kondensator  $Q$  zaryad bilan zaryadlandi va batareyadan uzildi. Ikkita plastinalar dastlab  $d$  masofaga ajratilgan edi.



**20-20-rasm.** Kamera lampasi.  $660 \text{ mkF}$  dali qora kondansator .



Plastinalar orasidagi masofa  $2d$  ga oshirildi deb taxmin qilamiz. Kondensatorning ushbu ўzgarishidan keyin qancha energiya saqlanadi?

**JAVOB:** Agar plastinalar orasidagi masofa orttirilsa, 18.8 tenglamaga muvofiq siim 2 faktori b'yyicha kamayadi,  $C = \epsilon_0 A/d$ . Bunda  $Q$  zaryad ўzgarmaydi. 18.20 tenglama ga muvofiq  $PE = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{c}$  shaklni tanlab

olamiz, chunki bizga  $Q$  ўzgarmasligini va  $C$  2 marta kamayishini bilamiz.  $C$  ning kamayishi saqlangan  $PE$  ni 2 marta ortishiga olib keladi.

**E'TIBOR QILING.** Fizika nuqtai nazaridan saqlangan energiya ortishini k'yrishimiz mumkin: ikkita plastina teng va qarama-qarshi ishorli zaryadlar bilan zaryadlangan b'ylsa, u holda ular bir-biri bilan tortishadi. Agar biz ularni ajratsak, biz ish bajarishimiz lozim, bu holda biz potensial energiyani oshiramiz.

Kondensatorda energiya saqlanishi plastinalar orasida elektr maydonida saqlanishi sifatida qarash mumkin. Keling, misollarda yassi kondensatorda energiya saqlanishini elektr maydoning hadida hisoblaylik.

Biz ikkita yopiq parallel plastinalar orasidagi elektr maydoni  $\vec{E}$  bir jinsli hisoblanadi, va uning kattaligining potentsiallar farqiga nisbati b'yladi  $V = Ed$  (18.4 tenglama), bu yerda  $d$  plastinalar orasidagi masofa. Bundan tashqari, yassi kondensator uchun 18.8 tenglama bizga,  $c = \epsilon_0 A/d$  beradi. Shunday qilib,

$$PE = \frac{1}{2} \left( \epsilon_0 \frac{A}{d} \right) (E^2 d^2) = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 Ad.$$

Elektr maydon  $E$  mavjud b'ylganda  $Ad$  miqdor plastinalar orasidagi hajmga teng. Agar oxirgi tenglikning ikkala tomonini hajmga b'ylib yuborilsa, u holda birlik hajmga t'ry keluvchi energiya yoki energiya zichligi ifodasini olamiz:

$$\text{energiya zichligi} = \frac{PE}{\text{hajm}} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

*B'ylshliqning har qanday sohasida birlik hajmdagi saqlanuvchi elektr energiyasi shu soha elektr maydoni kvadratiga t'ry proporsional b'yladi.* Biz 18.11 tenglamani maxsus yassi kondensator holi uchun oldik. Biroq bu elektr maydon mavjud b'ylgan har qanday soha uchun t'ry b'ylishini k'yrishimiz mumkin. Haqiqatan, bu natijadan elektromagnit nurlinishni muhokama qilganimizda foydalanishimiz mumkin (22 Bob).

### Solik effekti

Katta siimda saqlanuvchi energiya insonni y'qib yuborishi yoki shok holatiga tushirishi mumkin. Inson elektr zanjirga yoki boshqa elektron qurilmaga tegmasligi kerakligi haqida ogohlantirilishining sababi shundaki, agar tashqi quvvati uzilgan holatda ham kondensatorda zaryad oqimi b'ylishi mumkin.

Boshqa tomondan, yurak defibrillyatorining asosi katta kuchlanish bilan zaryadlangan kondensator hisoblanadi. Yurak urishi yurakning tez-tez not'ry urishi bilan xarakterlanishi mumkin. Agar tana t'ry dam olganda yurak qonni haydamaydi va agar s'nggi uzoq muddatda uzluksiz urishdan t'xtasa natija y'lim hisoblanadi. T'ysatdan defibrillyatordan yurak orqali zaryadning qisqa saqrashi yurakning t'lyiq t'ytashiga sabab b'ylishi mumkin, ba'zan bu yurakning normal urishiga olib kelishi mumkin. Difibrillayator kondensatori bir necha ming voltli yuqori kuchlanishlarda zaryadlanadi va gavda ustudagi to kuchi tarqatuvchi lopatka keng kontaktlari juftligi orqali keskin razaryadlanish imkonini beradi (18.21 rasm).



20-21-rasm. Yurak defibrillyatori.

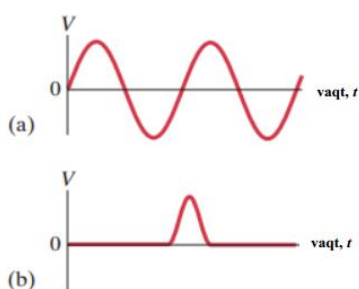
### Raqamli; ikkilik sanoq sistemasi sonlari; kuchlanish signali

Batareyalar va devordagi razetkalar doimiy kuchlanish manbai yorulik lampalari, elektr isitkichlar va boshqa elektr va elektron qurilmalarni quvvat bilan ta'minlaydi.

Kuchlanish signali bir tarafdan ta'sir k'yratuvchi kuchlanidan boshqa narsa emas. Kuchlanish signali vaqt b'yyicha ўzgaradi va bundan tashqari juda qisqa b'ylishi mumkin. Masalan, yuqori sifatli mikrofondan chiqish kuchlanish ham sinusoid b'ylishi va 11- va 12-boblarda toza ovoz sifatidagi tovush t'ylqinlari sinusoida b'ylishi mumkinligini va yuqori sifatli mikrofondan chiqish kuchlanish ham sinusoid b'ylishi mumkinligini muhokama qilgan edik (11-24 va 12-14 tengamalar). Kuchlanish signali kuchayib dinamikka etib keladi va tovush t'ylqinini hosil qiladi. Kuchlanish signali (18.22 rasmga qarang) ba'zan sodda impuls hisoblanadi va elektron qurilmalarning bir qator holatlariga tez-tez ta'sir qilib turadi.

Kuchlanish signallari mobil telefonlarga (“Men signalni oldim”), Internet otqali kompyuterlarga yoki tasvir va ovoz ma’lumotlari bilan televizorlar uzatiladi. Ancha uzoq b’ylmagan ytmishda kuchlanish signallari analog signaller b’ylgan – 18.22 rasmdagi singari kuchlanish davomiy yzgartirib turilgan.

Bugungi kunda televizor va kompyuter signallari ikkilik sanoq sistemasi sonlari k’yrinishidagi **raqamli** signallar hisoblanadi. 609 singari t’yri sonda on’ 0 dan 9 gacha b’ylgan raqamlardan tanlanadi va bu t’yri sonlar ynli sonlar deb ataladi. Ikkilik sonlarda har bir raqam yoki bit faqatgina ikkita 0 yoki 1 imkoniyatga ega (ba’zan “bor” yoki “y’yq” deb ifodalanadi). Ikkilik sonda 0001 “bir” 0010, 2, 0011, 3 1101ni anglatadi va ylik sanoq sistemasida  $8+4+0+1=13$  ni anglatadi. 18.4 jadvalga qarang va tartibli ynli sanoq singari sanoq yngdan boshlanishini eslab qoling (“bir” keying raqam, uzoq yngdagi, u holda chap tomondagi “yn” va “yuz”: 609 uchun “bir” 9, “yuz” 6 hisoblanadi). Har qanday kattalik 18.23 rasmda k’yratilgandek kuchlanish b’yyicha ifodalanishi mumkin.



20-22-rasm. Ikki xil kuchlanish signali. (a) sinusoidal; (b) impuls. Ikkalasi ham analog signal.

**20-4 jadval. Ikkilik va o’nli sanoq sistemalari sonlari**

Ikkilik	O’nli
00000000	0
00000001	1
00000010	2
00000011	3
00000100	4
00000111	7
00001000	8
00100101	37
11111111	255

“1” +5V singari musbat kuchlanish, “0” 0V b’yladi. Signal yorqinligi masalam, yupqa tasvirning milliontadan har biri yoki tekevizor va kompyuter ekranning “subpiksel”lar bitlardan tashkil topgan (18.11 b’ylim 18.31 tenglama). 1 bayt 8 bit b’yladi

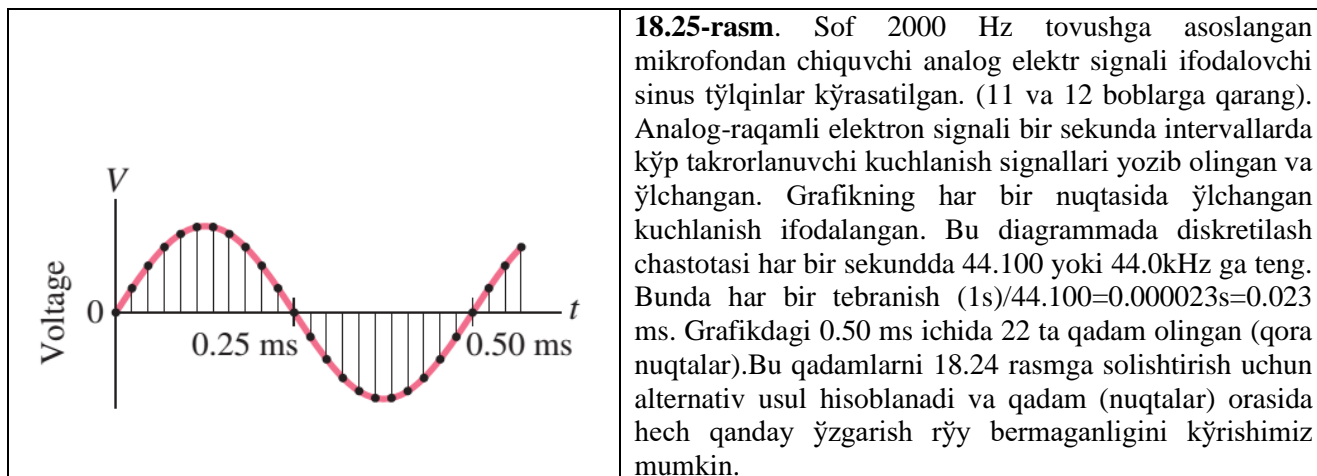
**Har bir bayt 8 bit  $2^8=256$  imkoniyatni anglayadi.** (bu 0 dan 255 gacha b’yladi) yoki 3 ta rang: qizil, yashil, k’yk uchun 256 chaqnash hisoblanadi. Har bir pikselning t’yliq ranglari (3 ta rangning subpiksel ranglari)  $(256)^3=17 \times 10^6$  ranglarga ega. Keyingi b’ylimda muhokama qilinadigan raqamli televideniya signallari sekundiga 19 Mb ma’lumotlarni uzatadi (19Mb/s). Shunday qilib,  $19 \times 10^6$  bit bir sekund yoki bir bit har 53 nanosekund ichida uzatiladi. Biz baytning bu hadini 2.4 MB/s sifatida yozishimiz mumkin, bu yerda bayt uchun B dan foydalanamiz.

18.22a-rasmda keltirilgan sinus qonuni b’yyicha yzgaruvchi analog signali raqamli signalga aylantiriladi (Analog signalni raqamli signalga aylantirish), bunda raqamli signal 18.24-rasmda k’yratilgan k’yk kvadratlar k’yrinishida b’yladi. Raqamli signallar diskret kattaliklarning chekli sonlariga ega. Haqiqiy davomiy analog signali va uning raqamli k’yrinishi orasidagi farq kvantlash hatosi yoki kvantlash y’qotishi deb nomlanadi. Y’qotishni minimal qilishda ikkita muhim faktor mavjud: (i) ajrata olish yoki bit chuqurligi bu bitlar soni yoki har bir chastotaning kuchlanishi uchun kattaliklar hisoblanadi; (ii) diskretlash chastotasi bu analog kuchlanish ylchanuvchi birlik vaqtdagi sonlar davri hisoblanadi. 100 Hz sinus

t’ylqini uchun raqamli k’yrinishni qaraylik: 18.24 rasmda (i) 0 dan 6 Vgacha 2 bit chuqurlik faqatgina 4 ta kuchlanish ylchangan (00,01,10,11 yoki ynlik sanoqda 0,1,2,3) va (ii) 900Hz yoki 900 ta tebranish/s bol’ganda (bir siklda 9 ta chastota yoki t’ylqin uzunlik)  $\times (100 \text{ sikl/s} = 100 \text{ Hz})$  diskretlash chastotasi k’yratilgan. Bu juda yomon sifat hisoblanadi. Yuqori sifatli qayta ishlab chiqarish uchun katta xotirani va k’yp ma’lumotlar uzatilishini talab qiluvchi yuqori bit chuqurligiga va yuqori diskretlash chastotasiga ega b’ylish lozim.

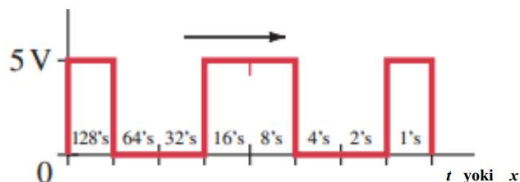
Audio CD uchun diskretlash chastotasi 44.1 kHz (sekundiga 44.100 ta tebranishlar) va 16 bitlik ajrata olish qobiliyati, 0 dan 5 V gacha kuchlanishning turli darajalari orasida har bir kuchlanish  $2^8 \times 2^8 = 2^{16} \approx 65.000$  tebranishga ega ekanligini anglatadi. Detallari uchun 18.25 rasmga qarang. Bugungi kunda audio yozuvda 96 kHz va 24 bit ( $2^{16} \approx 17 \times 10^6$  kuchlanish darajasi) lardan foydalanish haqiqiy analog signalga (super CD da yoki qattiq disk xotirasida) eng yahshi yaqinlashishni beradi, biroq uzatish jarayonida 44.1 kHz va 16 bit gacha pasaytirish lozim. (DVDda tovush uchun 192 kHz diskretlash chastotasi ishlatilishi mumkin). Biroq iPodlar va MP3 playerlar past diskretlash chastotasiga ega va k’ypgina tinglobchilar payqashi mumkin b’ylgan kam deyallarga ega.

18.25 rasmda 44.1 kHz da 2000Hz tovushning ba'zi detallari berilgan. Normal musiqa tovushi turli



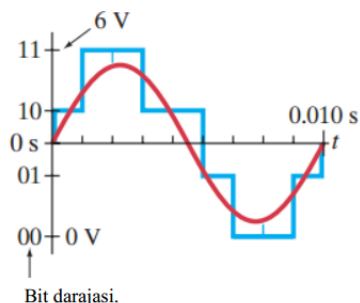
chastotali va amplitudali sinus t'ylqinlari yiindisi kompleksi hisoblanadi. 12-14 rasmda soda yiindilash berilgan. 18.26 rasmda boshqa bir misol k'yratilgan, bu yerda raqamli aylantirish b'yyicha yahshi detal olish mumkin b'ylganligini k'yrish mumkin. 18.25 rasimga qarang: agar 20.000 Hz (inson eshitish chegarasidan katta b'ylgan chastota) b'ylganda bu t'ylqin uzunligida faqatgina ikkita tebranish sodir b'ylar edi. Bu ikkala tebranish nol kuchlanishli – aniq butun t'ylqin shakli b'ylishi mumkin. K'ypgina yuqori t'ylqin uzunlikalari, oxir oqibat r'ylqin shaklini qayta hosil qilishi mumkin. Biroq k'yp tovushlar pianino notasiga dastlabki urilsh yoki gitara strunasi chalingandagi singari millisekundlardan kam b'yladi. K'ypgina audio tinglovchilar haqiqiy vinil yozuv va uning 44.1kHz da CD yozuvi orasida farqni eshitadilar.

**Kuchlanish**



**20-23-rasm.** Raqamli signal o'zgarishi. Kuchlanishning t yoki x dagi holati. Bu kuchlanish o'zgarishini 10011001 yoki 153 ( $=128+0+0+16+8+0+0+1$ ) deb raqamlash mumkin.

**20-24-rasm.** 100 Hz chastotada (1 to'lqin uzunligi 0.010 s davrga teng) sinus to'lqinli analog signal (qizil chiziq), 2-bitli raqamli signalga aylantirilgan (ko'k chiziq).



Raqamli audio signal dinamik orqali uzatishdan oldin analog signaliga (raqamli-analog aylantirgich) aylantirilishi lozim. Televizorda har bir raqamli signallar uzatilishdan oldin analog signalga aylantiriladi, bundan tashqari tasvirlarning ŷzi raqamli bŷlishi lozim.

Raqamli fotografiya tekis tasvirni hisol qilishi uchun million “piksellardan” tashkil topgan bŷladi. Bundan tashqari,

### Shovqin

Raqamli ma’lumotlarni uzatish boshqa boshqa bir ahamiyatga ega: shovqin deb nomlanuvchi har qanday buzilish yoki tashqaridan kiruvchi (tashqi) keraksiz elektr signallari analog signallarni buzilishiga olib kelishi mumkin: 18.27 rasmda vaqt bŷyicha ŷzgaruvchi analog signali kŷrsatilgan va 18.27b rasmda u bilan interferensiyalashuvchi tashqi shovqin kŷrsatilgan. Biroq raqamli signal shovqinlar signal biti yarimi tartibida katta bŷlsa ham qayta tiklanuvchan bŷladi (18.27c va d rasmlar).

#### 18.11 TV va kompyuter monitorlari: KNT, yassi ekranlar

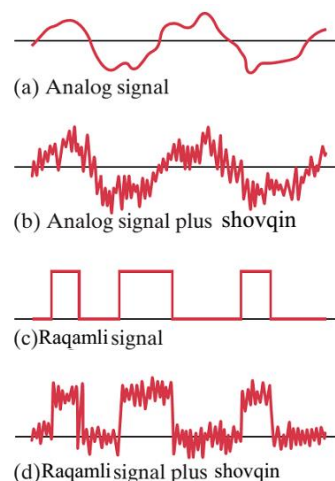
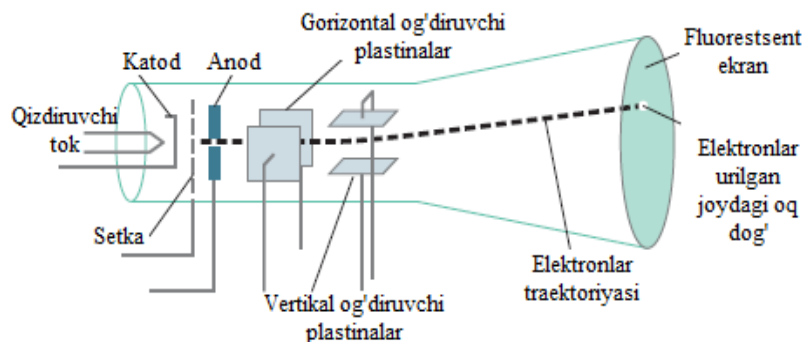
Birinchi televizion priyomniklarda **katod nurlı trubka (KNT)** ishlatilgan va ular yaqin 2008-yilda barcha yangi televizor sotuvlarining yarmini tashkil etgan. Ikki yildan keyin sotib olish uchun KNTli televizor topish qiyin bŷlgan. Yangi televizorlar yassi ekranli plazma yoki **suyuq kristalli displeylar (LCD)** bŷlsa ham, KNTning qanday ishlashini tushunish foydalidir.

#### KNT

KNTning ishlashi Tomas Edison (1847-1931) tomonidan kashf qilingan **termoelektron emissiya** hodisasi bilan bolıq. 18.28-rasmda kŷrsatilgandek, ichida vakuum hosil qilingan shisha „trubka“ ichidagi ikkita kichik elektrodga qŷyilgan kuchlanishni qaraylik: **katod** manfiy va **anod** musbat. Agar katod qizdirilsa (odatda elektr toki orqali) u issiq va otashin bŷladi, bunda manfiy zarralar katodni tark etib, musbat anodga tomon oqishi aniqlangan. Bu manfiy zaryadlar hozirda elektronlar deb ataladi, ammo daslab ular **katod nurlari** deb aytilgan, chunki ular katoddan kelayotganga ŷxshagan (27-1-bŷlimda elektron kashf qilinishi tŷrisida batafsil ma’lumot keltirilgan).

18.29 rasm KNTning soddalashtirilgan chizmasi bŷlib, u vakuumli shisha trubka ichiga joylashtirilgan. Qizdirilgan katoddan chiqqan elektronlar oqimi yuqori kuchlanishli anod tomonidan tezlatiladi va bu anoddagi kichik tirqish orqali ŷtadi. Trubka ŷng taraf devorining ichqi tomoni (ekran) elektron kelib tushganda chaqnaydigan flourestsent material bilan qoplangan. Gorizontaal va vertikal odiruvchi plastinalar orasiga kuchlanish qŷyilgan, 18.29-rasm va elektronlar oqimini ekranning turli nuqtalariga yŷnaltirish uchun ŷzgartirilishi mumkin.

**18.29 rasm.** Katod nurlı trubka. Magnit odiruvchi ŷramlar elektr odiruvchi plastinalar bilan birgalikda ishlatiladi. Elementlarning nisbiy joylashuvi tushunarli bŷlishi uchun kengaytirilgan.



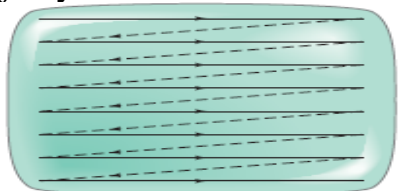
**18.27-rasm.** (a) haqiqiy analog signal va (b)ushbu signal tashqi signal (=shovqin) bo'yicha buzilishi. (c) Raqamli signal qayta tiklanuvchan (d) hatolarsiz agar shovqin katta bo'lmasa.

**18.28-rasm.** Agar vakuum hosil qilingan trubka ichidagi katod qizdirilib cho'g'latilsa (bu yerda ko'rsatilmagan elektr toki



### 18.30 rasm.

Elektron oqimi KNTli televizor ekrani bo'ylab ketma-ket gorizontal chiziqlar bo'yicha harakatlanadi. Har bir gorizontal chiziq gorizontal og'diruvchi plastinalardagi (20-29-rasm) kuchlanishni o'zgartirish orqali hosil qilinadi. Keyin vertikal og'diruvchi plastinalardagi kuchlanish o'zgartirilib, elektron nur pastga, qisqa masofaga siljiriladi va jarayon takrorlanadi.



Televizorlar va kompyuter monitorlarida KNTning elektron nuri odiruvchi plastinalarga (umumiy holda magnit odiruvchi halqalar orqali – 18.bob) ehtiyotkorlik bilan sinxronlashtirilgan kuchlanishlar q'yilishi orqali ekran b'ylab 18.30-rasmda k'rsatilgandek harakatlanadi. Elektron nurning har bir gorizontal harakati davomida, setka (18.29-rasm) harakatning har bir onida elektronlar oqimini cheklovchi signal kuchlanishini qabul qiladi; setka kuchlanishi qanchalik kattaroq manfiy kuchlanishga ega b'ylsa, elektronlar shunchalik qaytarilib, kamroq elektronlar y'tadi va ekrandagi do yorqinligi kamroq b'yladi. Shuning uchun setka kuchlanishining y'zgarishi ekrandagi har bir do yorqinligiga javobgar. Elektron oqimining har bir gorizontal harakati ohirida gorizontal odiruvchi kuchlanish keskin y'zgarib, oqimni orqaga, ya'ni ekranning qarama-qarshi tomoniga olib y'tadi, vertikal kuchlanish esa juda kam y'zgarib, oqimni oldingi chiziqdan sal pastroqdagi yangi gorizontal chiziqqa olib y'tadi. Ekrandagi dolar yorqinligining farqi „rasm“ni hosil qiladi. **Rangli ekranlar** qizil, yashil va k'k fosforlarga ega b'ylib, elektron oqimi tomonidan urilganida chaqnaydi. Q'yshni qizil, yashil va k'k fosforlarning (bir biriga shunchalik yaqinki, biz ularni ajrata olmaymiz) turli yorqinliklari deyarli barcha ranglarni hosil qiladi. AQShda analog televideniya 480 k'zga k'rinuvchi gorizontal chiziq'larga ega<sup>+</sup> b'ylib, har 1/30 s da t'yliq tasvirni hosil qiladi. Har soniyada 30 ta yangi kadr bilan (50-Hz kuchlanishli mamlakatlarda 25 kadr) televizor ekranida „harakatlanuvchi rasm“ k'rsatiladi. (Eslatma: lentadagi tijorat kinofilmlar soniyasiga 24 kadr ga ega.)

<sup>+</sup> jami 525 chiziq, ammo faqat 480 tasi tasvirni hosil qiladi, qolgan 45 chiziq sinxronizatsiya kabi boshqa ma'lumotlarni mujassam etadi. Chiziqlar **tutashgan** b'yladi: ya'ni har 1/60 s da

boshqa chiziq k'rsatiladi va keyingi 1/60 s da oraliq chiziqlar k'rsatiladi.

### Xulosa

Fazoning biror nuqtasidagi **elektr potensial** V birlik zaryadga t'yi keluvchi elektr potensial energiyasi sifatida aniqlanadi:

$$V_a = PE_a / q \quad (18.2a)$$

Ikki nuqta orasidagi **elektr potentsiallar farqi** y'sha ikki nuqta orasida 1 C elektr zaryadini k'ychirishda bajarilgan ish sifatida aniqlanadi. Potentsiallar farqi voltlarda y'lechanadi (1 V = 1 J/C) va k'ypincha **kuchlanish** deb ham yuritiladi.

q zaryad  $V_{ba}$  potentsiallar farqidan y'tganda potensial energiyaning y'zgarishi

$$\Delta PE = q V_{ba} \quad (18.2)$$

E bir jinsli elektr maydon mavjud b'ylgan joyda ikkita a va b nuqtalar orasidagi  $V_{ba}$  potentsiallar farqi

$$V_{ba} = -E \quad (18.4a)$$

orqali beriladi, bunda d – ikki nuqta orasidagi masofa.

**Ekvipotensial chiziq** yoki **sirtning** hamma nuqtalari bir xil potensialga ega va barcha nuqtada elektr maydoniga perpendikulyardir.

Yakka nuqtaviy Q zaryad tomonidan hosil qilingan P nuqtadagi potensial, cheksizlikdagi nolga teng b'ylgan potensialga nisbatan

$$V = kQ/r \quad (18.5)$$

orqali berilgan, bunda r Q zaryaddan p nuqtagacha b'ylgan masofa va  $k = 1/(4\pi)$ .

[ **Elektr dipol** tomonidan hosil qilingan potensial sifatida kamayadi. **Dipol momenti**  $p = Ql$  ga teng, bu yerda l bir xil ammo qarama qarshi ishorali Q zaryadlar orasidagi masofa.]

**Kondensator** zaryadni (elektr energiyasini) saqlash uchun ishlatiladigan qurilmadir va ikkita bir biriga tegmaydigan y'tkazgichdan iborat. Ikkita y'tkazgich bir xil, ammo qarama qarshi ishorali Q qiymatli zaryadga ega. Bu Q zaryadning y'tkazgichlar orasidagi V potentsiallar farqiga nisbati **siim** C deyiladi:

$$C = Q/V, \text{ yoki } Q = CV. \quad (18.7)$$

Parallel plastinali kondensatorning siimi har bir plastina yuzasi  $A$  ga t̄yri proporsional va ular orasidagi masofa  $d$  ga teskari proporsional:

$$C = \epsilon_0 A / d \quad (18.8)$$

Ikkita ŷtkazgich orasidagi fazo havo, qooz yoki plastik kabi tok ŷtkazmaydigan materialdan iborat. Bu materiallar **dielektriklar** deb yuritiladi va siim dielektriklarning **dielektrik singdiruvchanligi**  $K$  (havo uchun 1 ga teng) deb ataluvchi xossasiga proporsional.

Zaryadlangan kondensator quyidagicha elektr energiyasini saqlaydi

$$PE = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}. \quad (18.10)$$

Bu energiya plastinalar orasidagi elektr maydonda jamlangan deb faraz qilsa b̄yladi.

Biror  $E$  elektr maydonda jamlangan energiyaning zichligi

$$\frac{\text{electric PE}}{\text{volume}} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2. \quad (18.11)$$

Raqamli elektronika analog **signal kuchlanishini ikkilik kodga asoslangan** taxminiy raqamli kuchlanishga aylantiradi: har bir bit ikkita qiymatga ega, 1 yoki 0 (ya'ni "yoniq" yoki "ŷchik"). 1101 ikkilik soni 13 ga teng. **Bayt** bu 8 bitga teng va kuchlanish darajalarini bera oladi. **Nusxalash tezligi** bu analog signalda bir soniyadagi kuchlanish ŷlchashlarining soni. **Bit chuqurligi** bu har bir nusxalashdagi bor b̄ylgan raqamli kuchlanish satxlarining soni. CD lar 44,1 kHz, 16-bit.

[Televizor va kompyuter monitorlarda odatda elektronlarni yuqori kuchlanish yordamida tezlatib, ularni magnit ŷramlar yoki elektrik odiruvchi plastinalar yordamida ekran b̄yylab harakatlantiradigan **katod nurli trubka (KNT)** ishlatiladi. **LCD yassi ekranlar** millionta **piksellardan** iborat, ularning har biri qizil, yashil va k̄yk **ostpiksellardan** iborat va ularning yorqinligi har 1/60 s da gorizonta va vertikal simlar yordamida **raqamli (ikkilik)** kod yordamida adreslanadi.]

[**Elektrokardiogramma (EKG)** hujayralar depolyarizatsiyasi va repolyarizatsiyasida har yurak urishida potensial ŷzgarishini yozib boradi.]

### Dielektriklar uchun Gauss teoremasi tatbiklari

Dielektrikning qutblanganlik darajasini xarakterlash uchun **qutblanish vektori** deb ataladigan kattalik kullaniladi. *Qutblanish vektori ( $P$ ) deganda dielektrikning birlik hajmidagi barcha dipollar elektr momentlarining vektor yiindisi tushuniladi.* Dielektrikning qutblanishi bir jinsli b̄ylmagan hollarda dielektrikning istalgan biror nuqtasidagi qutblanish vektori t̄yrisida fikr yuritish mumkin. Buning uchun shu nuqta atrofida hayolan elementar hajm  $\Delta V$  ni ajratib olaylik. Bu hajm ichidagi barcha dipollar elektr momentlarining vektor yiindisini  $\Delta V$  hajmga nisbati, ya'ni

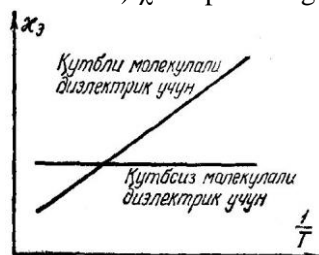
$$P = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\sum \vec{p}_i}{\Delta V} \quad (18.1)$$

dielektrikning ayni nuqtasidagi qutblanish vektorini ifodalaydi. (18.1) dagi  $p_i$  –  $i$ - dipolning elektr momenti.

Tajribalarning k̄yrsatishicha, izotrop dielektriklarda qutblanish vektori bilan maydon kuchlanganligi orasida quyidagi munosabat urinli ekan:

$$P = \chi \epsilon_0 E. \quad (18.2)$$

Bu ifodada  $\chi$  – **dielektrik qabul kiluvchanlik**. U maydon kuchlanganligi  $E$  ga borliq emas. Qutbsiz molekullardan iborat dielektrik uchun (18.1–rasm)  $\chi$  temperaturaga boliq emas.



20.1–rasm

Lekin dielektrik qutbli molekullardan iborat b̄ylganda temperatura ortishi bilan (rasmda  $1/T$  ning



kamayuviga mos keladi) issiklik harakati molekullarni elektr maydon b'ylab y'nalishiga tuskinlik kiladi. Shuning uchun bu holda  $\chi$  ning qiymati  $T$  ga teskari proporsional ekan.  $\chi$  ning y'lvoh birligi t'yrisida ahborot olish uchun (18.2) ifodaning chap tomonidagi  $P$  ning va uning tomonidagi  $\epsilon_0 E$  ning y'lvoh birliklarini solishtirasak,  $\chi$  – y'lvohsiz kattalik, degan hulosa kelamiz.

### Dielektrikdagi elektr maydon. Elektr induksiya vektori

Dielektrikdagi elektr maydon erkin va boglangan zaryadlar tufayli vujudga keladi. Lekin boglangan zaryadlar vujudga kelishi uchun erkin zaryadlar tufayli mavjud b'yladigan elektr maydon b'ylishi shart. Shuning uchun dielektrikdagi elektr maydonning birlamchi manbai erkin zaryadlardir.

Erkin zaryadlar tufayli vujudga keladigan elektr maydon kuchlanganligini  $E_0$  bilan, boglangan zaryadlar tufayli vujudga keladigan elektr maydon kuchlanganligini  $E'$  bilan belgilasak, dielektrikdagi natijaviy elektr maydon kuchlanganligi:

$$E = E_0 + E'. \quad (18.3)$$

Dielektrikdagi elektr maydon kuchlanganlik vektori uchun Gauss teoremasini kullayotganda ixtiyoriy  $S$  berk sirt ichidagi erkin va boglangan zaryadlarning algebraik y'indisini olish kerak, ya'ni:

$$F_E = \oint_S E_n dS = (\Sigma q + \Sigma q') / \epsilon_0 \quad (18.4)$$

yoki bu ifodani quyidagicha ham yozish mumkin:

$$\epsilon_0 F_E = \oint_S (\epsilon_0 \vec{E})_n dS = \Sigma q + \Sigma q'. \quad (18.5)$$

Bu ifodani

$$F_P = \oint_S P_n dS = -\Sigma q'$$

ifodaga hadma-had kushaylik:

$$\epsilon_0 F_E + F_P = \oint_S (\epsilon_0 \vec{E} + \vec{P})_n dS = \Sigma q + \Sigma q' - \Sigma q' = \Sigma q. \quad (18.6)$$

(5.6) da quyidagi belgilash kiritaylik:

$$\epsilon_0 E + P = D. \quad (18.7)$$

$D$  elektr induksiya (elektr siljish) vektori deb ataladi. Izotrop muhitlarda  $D$  ning y'nalishi  $E$  va  $P$  larning y'nalishi bilan bir xil. (18.7) asosida  $D$  ning y'lvoh birligi haqida hulosa kelish mumkin:

$$[D] = \text{Kl/m}^2.$$

Elektr maydonni grafik tasvirlashda elektr induksiya chiziqlaridan foydalaniladi. Bu chiziqlarni ham kuchlanganlik chiziqlarini y'tkazishda foydalanilgan shartlar asosida y'tkaziladi. Yuqoridagi belgilashdan foydalanib, (5.6) ifodani quyidagi k'yirinishda yozish mumkin:

$$F_D = \oint_S D_n dS = \Sigma q. \quad (18.8)$$

Bu ifoda elektr induksiya vektori uchun Gauss teoremasi b'ylib, quyidagicha ta'riflanadi: *elektr induksiya vektorining ixtiyoriy yopiq sirt orqali oqimi shu sirt ichida joylashgan erkin zaryadlarning algebraik y'indisiga teng*. Demak, elektr induksiya fakat erkin zaryadlar tufayli vujudga keladigan elektr maydonni ifodalaydi. Elektr induksiya oqimining y'lvoh birligi – kulon (Kl).

(18.2) ni hisobga olib, (18.7) ifodani y'zgartirib yozamiz:

$$D = \epsilon_0 E_0 + \chi \epsilon_0 E = \epsilon_0 (1 + \chi) E = \epsilon_0 \epsilon E. \quad (18.9)$$

Bu ifodada  $1 + \chi = \epsilon$  belgilash kiritdik.  $\epsilon$  ni muhitning *dielektrik singdiruvchanligi* deb ataladi.  $\chi$  kabi  $\epsilon$  ham y'lvohsiz kattalik.  $\epsilon$  ning qiymati turlicha, lekin birdan katta. Fakat vakuumda  $\epsilon = 1$ , chunki vakuumda  $\chi = 0$ . Natijada vakuum uchun (18.9) ifoda

$$D = \epsilon_0 E_0 + \chi \epsilon_0 E = \epsilon_0 (1 + \chi) E = \epsilon_0 \epsilon E \quad (18.10)$$

k'yirinishga keladi. Bu ifodani (18.9) ga b'ylsak,

$$1 = E_0 / (\epsilon E) \text{ yoki } \epsilon = E_0 / E.$$

Demak, muhitning dielektrik singdiruvchanligi  $\varepsilon$  elektr maydonga kiritilgan dielektrikdagi maydon vakuumdagi maydon kuchlanganligiga nisbatan necha marta susayishini ifodalaydi. Shuning uchun dielektrik singdiruvchanligi  $\varepsilon$  b'ylgan muhitdagi nuqtaviy  $q$  zaryad maydonining bu zaryaddan  $r$  uzoqlikdagi nuqtasida kuchlanganlik vektori

$$E = E_0/\varepsilon = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon} \frac{q}{r^2} \vec{r} \quad (18.11)$$

b'yladi. Shuningdek, dielektrik singdiruvchanligi  $\varepsilon$  b'ylgan muhitda bir- biridan  $|r_{12}|=r$  masofada joylashgan  $q_1$  va  $q_2$  zaryadlar  $\check{z}$ zaro

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon} \frac{q_1 q_2}{r^2} \frac{\vec{r}_{12}}{r} \quad (18.12)$$

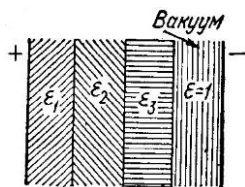
kuch bilan, ya'ni vakuumdagiga nisbatan  $\varepsilon$  marta kichik kuch bilan ta'sirlashadi.

Dielektrikdagi elektr maydonning susayishini sifat jihatdan quyidagicha tushuntirish mumkin: elektr maydon ta'sirida dielektrikning qutblanishi tufayli boglangan zaryadlar vujudga keladi. Boglangan zaryadlarning elektr maydoni tashqi qutblovchi maydonga qarshi y'ynalgan. Shuning uchun boglangan zaryadlarning elektr maydoni tashqi maydonni susaytiradi, lekin uni butunlay y'yoqotolmaydi.

Shunday qilib, elektr maydonni xarakterlashda kuchlanganlik vektori  $E$  yohud induksiya (siljish) vektori  $D$  dan foydalaniladi.

Elektr induksiya vektoridan foydalanishning boisi nimada?

Bu savolga javob berish uchun quyidagi misol bilan tanishaylik: ikki qarama-qarshi ishorali, lekin miqdor jihatidan teng zaryadlar bilan zaryadlangan  $\check{z}$ zaro parallel tekisliklar orasida vujudga kelgan bir jinsli elektr maydonga dielektrik singdiruvchanligi  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots$  b'ylgan dielektriklarni parallel qatlamlar shaklida joylashtiraylik (18.2–rasimga karang).



18.2–rasm

Bu rasmdagi qatlamlardan biri vakuumdan iborat. Vakuumdagi elektr maydon kuchlanganligi  $E_0$  b'ylsin. Dielektrik qatlamlarda esa elektr maydon susayadi. Shuning uchun bu qatlamlarda elektr maydon kuchlanganligi mos ravishda

$$E_1 = E_0/\varepsilon_1, \quad E_2 = E_0/\varepsilon_2, \quad E_3 = E_0/\varepsilon_3, \dots$$

qiymatlarga ega b'yladi. Bu dielektrik qatlamlaridagi elektr induksiyasi esa, (18.9) ga asosan, mos ravishda

$$D_1 = \varepsilon_0 \varepsilon_1 E_1 = \varepsilon_0 E_0,$$

$$D_2 = \varepsilon_0 \varepsilon_2 E_2 = \varepsilon_0 E_0,$$

$$D_3 = \varepsilon_0 \varepsilon_3 E_3 = \varepsilon_0 E_0$$

larga teng b'yladi. Demak, elektr maydon kuchlanganligi turli dielektriklarda turlicha qiymatlarga ega b'ylsa, elektr induksiya esa turli dielektriklarda ham, vakuumda ham bir xil qiymatga ega. Shuning uchun elektr maydonni grafik usulda tasvirlaganda dielektrik singdiruvchanliklari turlicha b'ylgan muhitlar chegaralarida kuchlanganlik chiziqlarining zichligi  $\check{z}$ zgaradi, induksiya chiziqlarining zichligi esa  $\check{z}$ zgarmaydi. Demak, elektr induksiya vektori vakuumdagi elektr maydon kuchlanganlik vektori  $E_0$  dan  $\varepsilon_0$  marta katta b'ylib, undan foydalanish turli muhitdagi elektr maydonlarni hisoblashda qulaylik tugdiradi. Xususan, nuqtaviy  $q$  zaryad maydonining zaryaddan  $r$  uzoqlikdagi nuqtasidagi elektr induksiya vektori

$$D = \frac{1}{4\pi} \frac{q}{r^2} \vec{r} \quad (18.13)$$

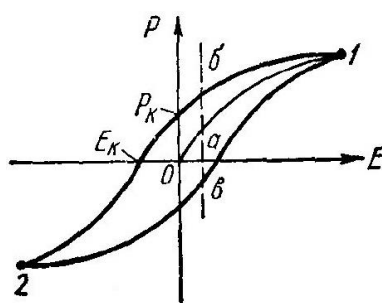
b'yladi.

### Segnetoelektriklar

Yuqorida dielektriklarning qutblanishiga oid mulohazalar yuritganimizda, hatto qutbli molekulalardan iborat b'lgan dielektrikda ham dipollar tartibsiz joylashganligi tufayli tashqi elektr maydon ta'sir etmaguncha qutblanish vektori nolga teng b'yladi, degan edik. Aksariyat dielektriklar uchun urinli b'lgan bu hol *segnetoelektriklar* deb ataluvchi moddalar gruppasi uchun istisnodir. Bu gruppaning birinchi vakili – segnet tuzidir, shuning uchun ham bu gramma moddalarini segnetoelektriklar deb atalgan.

Segnetoelektriklar uchun xarakterli b'lgan xususiyatlar quyidagilardan iborat:

1. Segnetoelektriklarning dielektrik singdiruvchanligi nihoyatda katta qiymatlarga ega b'yladi. Masalan, segnet tuzi uchun  $\epsilon=10000$ , bariy titanati uchun  $\epsilon=7000$ .
2. Segnetoelektriklarning dielektrik singdiruvchanligi tashqi maydon kuchlanganligiga boliq. Shuning uchun qutblanish vektori  $P$  ning  $E$  ga bolliqligi chiziqli emas (5.3–rasmdagi 01 qismi).
3. Segnetoelektriklarning qutblanish vektori  $P$  ning qiymati bu segnetoelektrik dastlab qanday sharoitda b'lganligiga ham boliq. Masalan, 5.3–rasmda  $E$  ning bir xil qiymatiga  $R$  ning uch xil qiymati t'ryi kelyapti.



18.3–rasm

Segnetoelektriklarning bu xarakterli xususiyatlari ularda *domenlar* deb ataluvchi spontan (y'z-uzidan) qutblanish sohalari mavjudligi bilan tushuntiriladi. Tashqi elektr maydon ta'sir etmaganda ham domenlar tarkibidagi barcha dipollar bir tomonga y'nalgan b'yladi. Lekin turli domenlarning elektr momentlari tartibsiz y'nalganligi (orientatsiyalanganligi) uchun bir-birini kompensatsiyalaydi. Shuning uchun segnetoelektrik parchasi qutblanmagan b'yladi. Tashqi elektr maydon ta'sirida har bir domendagi barcha dipollar huddi yahlit dipoldek maydon y'nalishiga mos ravishda joylashadi. Tashqi elektr maydonning biror qiymatida barcha domenlar maydon y'nalishiga moslashadi, natijada qutblanish vektorining tuyinishi sodir b'yladi. Agar elektr maydonni kamaytirib borsak,  $P$  ning kamayishi  $1b^2$  egri chiziq b'yyicha ruy beradi.  $E = 0$  da segnetoelektrikda qutblanish  $P_k$  ga teng b'yladi. Bu qiymat *goldiq qutblanish* deb ataladi. Koldik qutblanishni butunlay y'qotish uchun segnetoelektrikka teskari y'nalishdagi  $E_k$  maydon ta'sir etishi kerak. Maydonning bu qiymati ( $E_k$ ) *koertsitiv kuch* deb ataladi.  $E$  ni davriy ravishda y'zgartirsak, segnetoelektrikdagi  $P$  ning y'zgarish grafigi *gisterezis sirtmogi* ( $1b21$ ) deb ataladigan berk egri chiziqdan iborat b'yladi ("gisterezis" grekcha suz b'ylib, "kechikish" degan ma'noni anglatadi).

Segnetoelektriklarning bu ajoyib xususiyatlari fakat har bir segnetoelektrik uchun hos b'lgan temperaturalar oraliida namoyon b'yladi. Bu temperaturalarni *Kyuri nuqtalari* deyiladi. Masalan, segnet tuzining Kyuri nuqtalari 258 K va 298 K.

Boshqacha qilib aytganda segnet tuzining 258 K dan 298 K gacha b'lgan temperaturalar oraliidagina segnetoelektriklarga hos xususiyatlari sodir b'yladi.

### Elektrostatik maydon energiyasi

Zaryadi  $q$ , siimi  $C$ , potentsiali  $\varphi$  b'lgan ytkazgich sirtiga cheksizlikdan  $dq$  zaryadni k'yichirish uchun mazkur zaryadlangan ytkazgich atrofidagi fazo sohasida mavjud b'lgan elektr maydon kuchlariga qarshi

$$dA = \varphi dq \quad (18.1)$$

ish bajarish lozim. Agar  $q = C\varphi$  tenglikni e'tiborga olsak, (6.1) ni quyidagicha y'zgartirib yoza olamiz:

$$dA = \varphi d(C\varphi) = C\varphi d\varphi. \quad (18.2)$$

Bu ifoda ytkazgich potentsialini  $d\varphi$  qadar orttirish uchun bajarilishi lozim b'lgan ishni ifodalaydi.

Zaryadlanmagan (ya'ni potentsiali nol бўлган) ўtkazgich potentsialini  $\varphi$  ga yetkazish uchun bajarilishi kerak бўladigan ishni esa quyidagi integrallash yordamida aniqlaymiz:

$$A = \int_0^{\varphi} C \varphi d\varphi = C\varphi^2/2. \quad (18.3)$$

Zaryadlangan ўtkazgich energiyasi shu ўtkazgichni zaryadlash uchun bajariladigan ish bilan aniqlanadi. Zero, zaryadlangan ўtkazgich energiyasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$W = C\varphi^2/2 = q^2/2C = q\varphi/2. \quad (18.4)$$

Zaryadlangan kondensator energiyasini topish uchun quyidagicha mulohaza yuritimiz. Kondensatorni zaryadlash deganda uning bir qoplamasidan  $q$  zaryadni ikkinchi qoplamasiga kўchirish tushuniladi. Natijada erkin elektronlarini yўqotgan qoplama musbat zaryadlanib qoladi. Ikkinchi qoplama esa erkin elektronlar ortiqcha, shuning uchun u manfiy zaryadlangan бўladi. Zaryadlangan kondensator qoplamalari orasida  $U$  kuchlanish mavjud бўlgan holda bir qoplamadan ikkinchi qoplamaga  $dq$  zaryadni kўchirishda bajarilgan ish

$$dA = Udq \quad (18.5)$$

yoki kondensatoridagi kuchlanish, zaryad va elektr siim orasidagi munosabat ( $q = CU$ ) dan foydalansak:

$$dA = Ud(CU) = CUdU. \quad (18.6)$$

Mazkur ifodani integrallasak, zaryadlanmagan (ya'ni  $U=0$  бўlgan) kondensatorni zaryadlash (ya'ni uning qoplamalari orasida  $U$  kuchlanishni vujudga keltirish) uchun bajariladigan ishni (ya'ni zaryadlangan kondensator energiyasini) topgan bulamiz:

$$W = A = \int_0^U CUdU = CU^2/2 = q^2/2C = qU/2. \quad (18.7)$$

(18.4) va (18.7) ifodalar bilan aniqlanuvchi zaryadlangan ўtkazgich va zaryadlangan kondensator energiyasi ўtkazgichdagi yoki kondensator qoplamalaridagi zaryadlar energiyasimi yohud mazkur zaryadlar tufayli vujudga kelgan elektrostatik maydon energiyasimi? Avvalo, shuni qayd kilaylikki, elektrostatik maydon va uning manbai – kuzgalmas elektr zaryadlar bir-biri bilan uzviy boliq. Boshqacha aytganda, kuzgalmas elektr zaryad atrofidagi fazo sohasida elektrostatik maydon vujudga keladi yoki elektrostatik maydon mavjud бўlsa, uni vujudga keltirgan kuzgalmas elektr zaryad ham mavjuddir. Shunday ekan, kuzgalmas elektr zaryad va elektrostatik maydonni bir-biridan ajralgan holda tasavvur etib бўlmaydi. Shuning uchun elektrostatikaga oid bilimimizga tayangan holda yuqoridagi savolga uzil-kesil javob bera olmaymiz. Keyinchalik, elektromagnit maydon bilan tanishamiz. Elektromagnit maydonning fazoda elektromagnit tўlqinlar tarzida tarqalishi va bu tўlqinlar bilan birgalikda energiyaning kuchishi elektromagnit maydonning energiyaga egaligini kўrsatadi. Zero, yuqorida qayd qilingan energiyalar elektrostatik maydonlar energiyasidir, deb hisoblashimiz mumkin.

Yassi kondensatorning elektr siimi  $C = \epsilon_0 \epsilon S/d$  va uning qoplamalari orasidagi kuchlanish  $U = Ed$  ekanligidan foydalanib yassi kondensator qoplamalari orasida mujassamlashgan elektrostatik maydon energiyasi ( $W_e$ ) ni aniqlovchi (18.7) ifodani quyidagicha yoza olamiz:

$$W_e = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{2d} E^2 d^2 = \epsilon_0 \epsilon E^2 Sd/2. \quad (18.8)$$

Qoplamalar orasidagi hajm  $V = Sd$ . Shuning uchun (6.8) ifoda  $V$  hajmdagi elektr maydon energiyasini xarakterlaydi. Agar (18.8) ifodani  $V$  ga бўlsak, birlik hajmga tўri keluvchi elektr maydon energiyasini topamiz. Bu kattalik **elektr maydon energiyasining zichligi** deyiladi:

$$\omega_e = W_e/V = \epsilon_0 \epsilon E^2/2. \quad (18.9)$$

Agar elektr induksiyasi  $D = \epsilon_0 \epsilon E$  ekanligini hisobga olsak:

$$\omega_e = ED/2 \quad (18.10)$$

бўladi. Elektr induksiya ( $D$ ) va qutblanish ( $P$ ) vektorlari orasida  $D = \epsilon_0 E + P$  boglanish mavjud edi. Shuning uchun

$$\omega_e = E(\epsilon_0 E + P)/2 = \epsilon_0 E^2/2 + EP/2. \quad (18.11)$$

Bu ifodadagi  $\epsilon_0 E^2/2$  had elektrostatik maydonning vakuumdagi energiya zichligini,  $EP/2$  had esa dielektrik muhitning birlik hajmini qutblash uchun sarflanadigan energiyani xarakterlaydi.

Kondensator plastinkalari orasidagi maydon bir jinslidir. Shuning uchun bu maydon energiyasining zichligi ham maydonning turli sohalarida doimiy qiymatga ega. Elektrostatik maydon zaryadlangan ўtkazgich tufayli vujudga kelgan holda esa maydonning turli sohalarida energiya zichligi ham turlicha, chunki zaryaddan uzoq бўlgan sohalarda maydon kuchsizroq, yaqinroq бўlgan sohalarda esa maydon

kuchliroq-da.

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Agar ikkita nuqta bir xil potensialga ega бўлса, sinov zaryadini bu bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga kўchirganda tўliq ish bajarilmasligini bildiradimi? Bu kuch ta'sir qilmasligini bildiradimi? Tushuntiring.

2. Agar manfiy zaryad elektr maydonda dastlab tinch turgan бўлса, u yuqoriroq potensial tomon harakatga keladimi yoki kamroq potensial tomonigami? Musbat zaryad-chi? Har bir lahzada zaryadning potensial energiyasi qanday ўzgaradi? Tushuntiring.

3. (a) Elektr potensial va elektr maydon kuchlanganligi, (b) elektr potensial va elektr potensial energiyalar orasidagi farqni aniq tushuntiring.

4. Elektron tinch holatdan 0,20 V potensiallar farqi tomonidan tezlashtirildi. Agar u 4 barobar katta kuchlanishda tezlatilsa, uning oxirgi tezligi necha barobar katta бўлади? Tushuntiring.

5. Ikkita bir xil musbat zaryadlarni tutashtiruvchi chiziqda elektr maydon nolga teng бўladigan nuqta bormi? Elektr potensial qayerda nolga teng? Tushuntiring.

6. Zarracha kichik elektr potensialga ega sohadan katta potensialga ega sohaga ўtganida elektr potensial energiyasi ortishi mumkinmi? Tushuntiring.

7. Agar, fazodagi nuqtada  $V=0$  бўлса,  $\vec{E} = \mathbf{0}$  бўлиши shartmi? Agar biror nuqtada  $\vec{E} = \mathbf{0}$  бўлса, shu nuqtada  $V=0$  бўлиши shartmi? Tushuntiring. Har biriga misol keltiring.

8. Ikkita ekvipotensial chiziqlar kesishishi mumkinmi? Tushuntiring.

9. 16-32b va c rasmlarda bir necha ekvipotensial chiziqlarni chizing.

10. Batareyka kondensatorga ulanganida nima uchun ikkala plastinada bir xil qiymatli zaryad tўplanadi? Agar ikkala plastina turli shakl va ўlchamga ega бўлса ham bu ўrinli бўladimi?

11. Ўtkazuvchi sfera  $Q$  zaryadga ega va ikkinchi xuddi shunday sfera neytral. Dastlab ular izolyatsiyalangan edi, keyin ular bir biriga tekkizildi. (a) Ular bir-biriga tekkizilganida potensial haqida nima deya olasiz? (b) Zaryad ularning biridan ikkinchisiga ўtadimi? Agar shunday бўлса, qancha zaryad ўtadi?

12. Izolyatsiyalangan kondensatorning parallel plastinalari qarama-qarshi  $Q$  zaryadga ega. Agar plastinalar orasidagi masofa oshirilsa, buni bajarish uchun kuch talab qilinadimi? Potensiallar farqi ўzgaradimi? Tortish jarayonida bajarilgan ish qanday бўлади?

13. Agar  $\vec{E}$  elektr maydon biror sohada bir jinsli бўлса, elektr potensial  $V$  tўrisida nima deya olasiz?

Agar  $V$  fazoning biror sohasida bir jinsli бўлса  $\vec{E}$  haqida nima deya olasiz?

12. Ikkita izolyatsiyalangan har xil ishorali zaryadlarning potensial energiyasi musbatmi yoki manfiymi? Ikkita bir xil ishorali zaryadlarning-chi? Har bir holda zaryadlar ishorasining ahamiyati qanday?

15. Agar mahkamlangan kondensator kuchlanishi ikki barobar oshirilsa, undagi energiya miqdori (a) ikki barobar oshadi, (b) ikki barobar kamayadi, (c) tўrt barobar oshadi, (d) ўzgarmaydi, (e) bularning hech biri. Tushuntiring.

16. Kondensatorga dielektrik kiritilayotganda undagi energiya qanday ўzgaradi, agar (a) kondensator izolyatsiyalangan бўлса, ya'ni undagi  $Q$  zaryad ўzgarmasa; (b) kondensator batareyaga ulanib, undagi  $V$  oz'garmasa? Tushuntiring.

20. Batareyaga ulanib turgan kondensator dan dielektrik tortib chiqarildi. (a) Siim, (b) plastinalardagi zaryad, (c) potensiallar farqi, (d) kondensator dagi energiya va (e) elektr maydon qanday ўzgaradi? Javoblaringizni tushuntiring.

18. Bir kondensatorning  $C$  siimi ikkita ўtkazgich ўlchamiga va ularning joylashuviga, hamda  $K$  dielektrik singdiruvchanlikka boligligini kўrdik. 18.7 tenglamada biz  $C$  ўzgarmas deganimizda nimani nazarda tutgan edik?

## 19- MA'RUZA

### O'ZGARMAS TOK QONUNLARI

#### REJA:

1. Tok manbalari. Elektr batareyalari.
2. Elektr toki. Tok kuchi va uning zichligi
3. Tashqi kuchlar. Elektr yurituvchi kuch va kuchlanish
4. Om qonuni va uning integral hamda differentsial ko'rinishidagi ifodasi. O'tkazgichlar qarshiligi
5. Tokning ishi va quvvati. Joule-Lens qonuni
6. Zanjirning bir jinsli bo'lmagan qismi uchun Om qonuni
7. O'ta o'tkazuvchanlik hodisasi
8. Zanjirning tarmoqlangan qismi uchun Kirxgof qoidolari

#### TAYANCH SO'Z VA IBORALAR

Tok manbalari, elektr batareyalari, elektr toki, tok kuchi, tok zichligi, elektr yurituvchi kuch va kuchlanish, Om qonuni, o'tkazgichlar qarshiligi, tokning ishi va quvvati. Joule-Lens qonuni, Zanjirning bir jinsli bo'lmagan qismi uchun Om qonuni, o'ta o'tkazuvchanlik hodisasi, zanjirning tarmoqlangan qismi uchun Kirxgof qoidolari

#### Tok manbalari. Elektr batareyalari.

Elektr batareyalarini yaratishda, ikki ingliz olimlari Volta va Galvani orasidagi ilmiy bahslar sabab bo'ldi deb hisoblasha bo'ladi. Boloniya universiteti professori Galvani 1780-yilda, elektr mashinasi yordamida olingan elektr toki yordamida qurbaqa mushaklarining qisqarishi bo'yicha ko'pgina tajribalar o'tkazdi. Galvani mushaklar qisqarishi, qurbaqani metalga tekkizganda ham sodir bo'lishini kuzatdi. Paviya universitetida ishlaydigan Volta ham shunga o'hshagan tajribalar o'tkazdi. Volta elektr tokini ikki metall bir-biriga tekizganda hosil bo'ladi degan xulosaga keldi. Qurbaqa mushaklarining qisqarishi, elektr tokining kuchlanishini aniqlaydigan nozik element bo'lib xizmat qilishini tushundi. Keyinchalik bu mulohazalar asosida elektrometrlar yaratildi.

O'tkazilgan tajribalar asosida Volta, metallar bir-biriga tekkizilganda elektr yurituvchi kuch hosil bo'lishini taxmin qildi. Keyinchalik Volta kumush va rux disklari orasiga tuz eritmasi yoki kislota eritmasidan shimdirilgan qog'oz qo'yib, bu elementlarni bir nechtasini ustma-ust qo'yib, ustunlar(batareya)lar hosil qildi. Ustunlar uchlariga sim ulab, bu simlar bir-biriga tekkizilganda uchqunlar hosil bo'lishini aniqladi. Shunday qilib Volta birinchi marta elektr toki manbalarini yasadi (19.1-rasm)



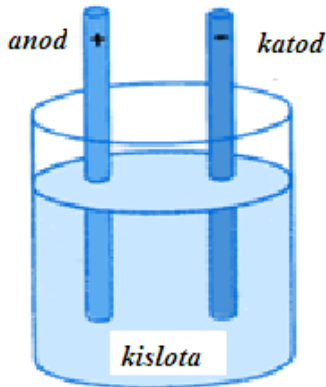
Bu ixtiro 1800-yilda e'lon qilindi. Keyinchalik Volta ustun(batareya)lari asosida quvvatli tok manbalari yaratildi.

Keyinchalik aniqlanishicha, Volta ixtiro qilgan batareyalarda, kimyoviy energiya elektr energiyasiga aylanar ekan.

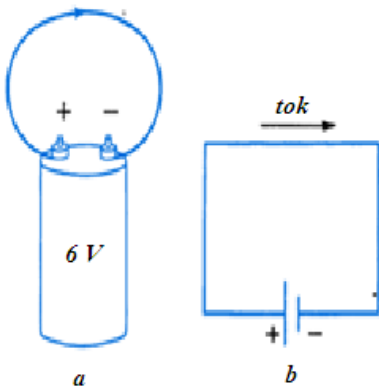
Hozirgi vaqtda har xil elektr elementlari yoki batareyalari kashf qilingan. Eng sodda batareya bu galvanik elementdir. Bunda elementning elektrodleri har xil metallardan qilingan ikkita sterjendan (ko'pincha ulardan biri ko'mirdan qilinadi) iborat bo'ladi. Elektrodlar elektrolitga tushirilgan bo'ladi. Suyultirilgan kislota elektrolit vazifasini bajaradi. Quruq elementlarda elektrolit quyuk ishqorlardan qilingan bo'ladi. Elektrolitda kimyoviy reaksiyalar asosida musbat va manfiy ionlar hosil bo'ladi. Bu ionlar elektrodlerga o'tirib, musbat va manfiy zaryadlangan qutblarni hosil qiladi. Musbat elektrod anod deb, manfiy elektrod katod deb yuritiladi. Qutblar orasida potentsiallar ayirmasi yoki kuchlanish saqlanib turadi. Batareya qutblarida hosil bo'lgan potentsiallar farqi, tashqi zanjirga ulanmaganda elektr yurituvchi kuch(EYuK) deb ataladi va  $\epsilon$  harfi bilan belgilanadi.



Batareya tipidagi har qanday qurilma potentsiallar farqini hosil qilsa va tashqi zanjir bo'ylab zaryadlar oqimini yuzaga keltirsa, bunday qurilma eYuK manbai deb ataladi. Element va batareyalardan tashqari, elektr toki generatorlari, fotoelementlar, termoparalar va boshqalar ham eYuK manbalari bo'lib xizmat qiladi.



12.2 - rasm



12.3 - rasm

### 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 sohaları 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 jismlarning siljishi tufayli hosil bo'lsa, uni **konvektsiya toki** deb yuritimiz.

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;
- Yarim o'tkazgichlarda elektronlar va tirqishlar;

*Tokning yo'nalishi sifatida shartli ravishda musbat zaryadlarning harakat yo'nalishi qabul qilingan.*

Batareya qutblarini o'tkazgich sim bilan birlashtirsak elektr

zanjiri hosil bo'ladi. Elektr zanjirlarida batareyalarni  simvolik ko'rinishda belgilanadi. Bunda uzun chiziqcha musbat qutb, qisqa

chiziqcha esa manfiy qutb deb qabul qilinadi. Bu zanjir orqali elektr zaryadi bir qutbdan ikkinchi qutbga ko'chishi mumkin. Bu zaryadlarning oqimi elektr toki deb ataladi.

Elektr tokini miqdoriy jihatdan xarakterlash uchun **tok kuchi** degan skalyar fizik kattalik kiritiladi. Vaqt birligi ichida o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan 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.

$I = dQ/dt$  agar  $I = const$  bo'lsa,  $I = Q/t$

Tok kuchining o'lchov birligi  $[I] = A(\text{amper})$

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 qiymatini ko'rsatuvchi vektor fizik kattalikni **tok zichligi** deyiladi:

$$j = \frac{dI}{dS_{\perp}}, \quad I = \frac{dQ}{dt} = ne \langle \varrho \rangle S$$



19.2 rasm

Shunda, tok zichligi:

$$\vec{j} = ne \langle \vec{\mathcal{G}} \rangle$$

Bunda  $\langle \mathcal{G} \rangle$  - o'tkazgichdagi zaryadlar tartibli harakatining o'rtacha arifmetik tezligi,  $n$  - tok tashuvchi zarrachalar konsentratsiyasi;  $e$ -elementar zaryad.

Tok zichligining o'lchov birligi:  $[j]qAG'm^2$ .

Istalgan  $S$  sirt orqali o'tuvchi tok kuchi  $j$  vektorning oqimi sifatida aniqlanadi:

$$I = \int_s j dS$$

bunda  $\vec{dS} = \vec{n} dS$  ( $\vec{n}$  -  $dS$  yuzaga o'tkazilgan birlik normal vektor)

Agar  $S$  berk sirt bo'ylab,  $\vec{dS}$  vektor hamma joyda tashqi  $\vec{n}$  normal bo'yicha o'tkazilgan bo'lsa;

unda:  $dQ = -Idt$  .  $\oint \vec{j} \vec{dS} = -\frac{dQ}{dt}$

Bu tenglamani **uzilmaslik tenglamasi** deyiladi. Agar tok o'zgarmas bo'lsa, zaryad  $Q_{const}$  va  $\oint \vec{j} \vec{dS} = 0$  shart bajariladi.

### Tashqi kuchlar. Elektr yurituvchi kuch va kuchlanish

O'zgarmas elektr toki mavjud bo'lishi uchun zanjirda, noElektr 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 noElektr tabiatli kuchlarni esa **tashqi kuchlar** deyiladi. Tashqi kuchlarning tabiati turlicha bo'lishi mumkin:

- O'zgarmas tok generatorida bu kuchlar magnit maydon va yakorning aylanish mexanik energiyalari hisobiga hosil bo'ladi;
- Akkumulyator va galvanik elementda ximiyaviy reaksiyalar 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:

$$\varepsilon_{12} = \int_1^2 \vec{E}_T d\vec{l}$$

$Q_0$  zaryadga tashqi kuchlardan tashqari elektrostatik maydon kuchlari ham ta'sir qiladi.

$$\vec{F}_e = Q_0 \vec{E}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_T + \vec{F}_e = Q_0 \left( \vec{E}_m + \vec{E} \right)_2$$

yoki

$$A_{12} = Q_0 \int_1^2 \vec{E}_m d\vec{l} + Q_0 \int_1^2 \vec{E}_m d\vec{l}$$

Bundan esa quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$A_{12} = Q_0 \varepsilon_{12} + Q_0 (\varphi_1 - \varphi_2)$$

Berk zanjirda elektrostatik kuchlarning bajargan ishi nolga teng. Shu sababli:

$$A_{12} = Q_0 \varepsilon_{12}$$

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.

### Om qonuni va uning integral hamda differentsial ko'rinishlardagi ifodasi. O'tkazgichlar qarshiligi

Zanjirning bir jinsli (ya'ni E.Yu.K mavjud bo'lmagan) qismidan o'tuvchi tok shu qismdagi  $U$  kuchlanishga to'g'ri, uning  $R$  qarshiligiga esa teskari proporsional bo'ladi:

$$I = U / R$$

Bu tenglama zanjirning bir qismi uchun Om qonunining integral ko'rinishini ifodalaydi. Qarshilikka teskari bo'lgan kattalikni o'tkazgichning **elektr o'tkazuvchanligi** deb ataladi.

$$G = 1 / R \quad [R] = \text{Om}, \quad [G] = \text{Cm} \text{ (сумеч)}$$

Bir jinsli, chiziqli o'tkazgichning  $R$  qarshiligi uning  $l$  uzunligiga to'g'ri,  $S$  ko'ndalang kesim yuzasiga esa teskari proporsional bo'ladi:

$$R = \rho l / S$$

bunda  $\rho$  **solishtirma elektr qarshiligi** bo'lib, u o'tkazgichning materialini xarakterlaydi.

Solishtirma elektr qarshiligining o'lchov birligi:

$$[\rho] = \text{Om}\cdot\text{m}$$

Kumush ( $1,6 \cdot 10^{-8} \text{ Om}\cdot\text{m}$ ) va mis ( $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Om}\cdot\text{m}$ ) eng kichik solishtirma qarshiligiga ega. Amaliyotda esa ko'proq alyuminiy o'tkazgichlar ishlatiladi. Garchi alyuminiy ( $2,6 \cdot 10^{-8} \text{ Om}\cdot\text{m}$ ) ning solishtirma qarshiligi katta bo'lsada, uning zichligi kumushnikidan ancha kichik bo'lganligi bunga sabab bo'ladi.

Yuqoridagilarga asoslanib, Om qonunini, quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{I}{S} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{U}{l}$$

bunda  $1G \cdot \rho$  q  $\gamma$  **o'tkazgich materiali (moddasi)ning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi** deb yuritiladi.  $[\gamma]$  q  $\text{SmG}\cdot\text{m}$ .

$U/l = E$  – o'tkazgichdagi elektr maydon kuchlanganligi va  $I/S = j$  tok zichligi ekanligini e'tiborga olsak:

$$j = \gamma E \quad \text{yoki} \quad \vec{j} = \gamma \vec{E}$$

Bu ifoda **Om qonunining differentsial ko'rinishidir**. U o'tkazgich ichidagi istalgan nuqtada tok zichligi bilan maydon kuchlanganligini bog'laydi.

### Tokning ishi va quvvati. Joule-Lents qonuni

Uchlariga Ukuchlanish qo'yilgan bir jinsli o'tkazgichdan  $dt$  vaqt ichida  $dQqU dt$  miqdorda zaryad o'tib, unda  $dA$  miqdorda ish bajariladi.

## $dA$ q $UdQ$ q $IUdt$

Agar o'tkazgichning qarshiligi  $R$  bo'lsa, Om qonunini qo'llab quyidagini hosil qilamiz:

$$dA = I^2 R dt = \frac{U^2}{R} dt.$$

Tokning quvvati esa:

$$p = \frac{dA}{dt} = UI = I^2 R = U^2 / R$$

Agar tok qo'zg'almas metall o'tkazgichdan o'tayotgan bo'lsa, unda bajarilgan ish uning qizishiga sarflanadi:

$dQ$  q  $dA$

Yuqoridagilarni jamlab, xulosalaymiz:

$$dQ = IUdt = I^2 R dt = \frac{U^2}{R} dt$$

Bu ifoda **Joul – Lents qonunini** ifodalaydi.

O'tkazgichda  $V$  q  $dS$  elementar silindrik hajmni ajratamiz, uning qarshiligi  $R = \rho \frac{dl}{dS}$  bo'lishini e'tiborga olsak:

$$dQ = I^2 R dt = \frac{\rho dl}{dS} (j dS)^2 dt = \rho j^2 dV dt$$

Birlik hajmda, birlik vaqt ichida ajraladigan issiqlik miqdorini **solishtirma issiqlik quvvati** deyiladi.

$$\omega = \rho j^2 = jE = \gamma E^2$$

Bu formula **Joul – Lents qonunining differentsial ifodasi**dir. U barcha o'tkazgichlar uchun o'rinli [11].

## Zanjirning bir jinslimas qismi uchun Om qonuni

Agar tok qo'zg'almas o'tkazgichning bir jinslimas qismi orqali o'tayotgan bo'lsa, unda zaryadni shu qismda ko'chirish uchun bajariladigan ish va o'tkazgichning shu qismidan ajralib chiqadigan issiqlik miqdori energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra o'zaro teng bo'ladi:

$$A_{12} = Q_0 E_{12} + Q_0 (\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$Q = I^2 R t = IR(It) = IRQ_0$$

$$\text{ëku } I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}}{R}$$

Bu formulani zanjirning bir jinslimas qismi uchun **Om qonunining integral ifodasi** bo'ladi. U **umumlashgan Om qonuni** hisoblanadi.

Uning xususiy hollardagi tadbiqu bilan tanishamiz.

- Agar mazkur qismda tok manbai mavjud bo'lmasa  $\varepsilon_{12} = 0$ , unda bir jinsli zanjir uchun Om qonuni hosil bo'ladi.

$$I = (\varphi_1 - \varphi_2) / R = U / R$$

- Agar elektr zanjiri berk bo'lsa, unda berk zanjir uchun Om qonuni kelib chiqadi.

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

bunda  $r$  - manbaning ichki qarshiligi.

- Agar elektr zanjiri ochiq bo'lsa, unda  $Uq0$ .

$$\varepsilon_{12} = \varphi_2 - \varphi_1$$

ya'ni, ochiq zanjirda EYuK, o'tkazgich uchlaridagi potentsiallar farqiga teng bo'ladi. Shu sababli, tok manbaining EYuK ini topish uchun zanjirning uzilgan holatida, tok manbai klemmalaridagi potentsiallar farqi o'lchanishi kerak bo'ladi.

Odatdagi sharoitlar uchun qarshilik temperaturaga chiziqli bog'liq holda o'zgaradi:

$$\rho = \rho(1 + \alpha t)$$

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

bunda  $\rho$  va  $\rho_0$ ,  $R$  va  $R_0$  - mos holda o'tkazgichning  $t$  va  $\theta^0 S$  dagi solishtirma qarshiligi va to'la qarshiligi.  $\alpha$ -**qarshilikning temperaturaviy koeffitsienti** bo'lib, u toza metallar uchun (juda past bo'lmagan temperaturalarda)  $1G'273 K^{-1}$  ga yaqin qiymatni qabul qiladi. Demak, qarshilikning temperaturaga bog'liqligini quyidagicha ifodalash mumkin:  $R = \alpha R_0 T$  bunda  $T$  - termodinamik temperatura. Lekin, tajribalar ko'pgina metall (Al, Pb, Zn ...) va qotishmalarning elektr qarshiligi **kritik temperatura** deb nomlanuvchi, juda past (0,14-20K) temperaturalarda, to'satdan nolga aylanib absolyut o'tkazuvchi bo'lib qolishini ko'rsatdi. Bu hodisani **o'ta o'tkazuvchanlik hodisasi** deb yuritiladi.

Uni 1911-yilda G. Kamerling - Onness simob bilan o'tkazilgan tajribalar paytida aniqladi. Bu hodisa kvant nazariyasi asosida talqin etiladi.

O'ta o'tkazuvchan materiallardan amalda foydalanishga ularning kritik temperaturalarining juda pastligi to'sqinlik qiladi. Lekin hozirgi kunda 100 K va undan yuqori temperaturalarda ham o'ta o'tkazuvchanlik xususiyatiga ega bo'luvchi keramik materiallar borligi aniqlangan.

**Qarshiliklar termometri** deb ataluvchi asbobning ta'siri, metallar elektr qarshiligining temperaturaga bog'liqligiga asoslanadi. Bu o'lchov asbobida uning qarshilik va temperatura orasidagi gradiurovkaga bog'liq tarzda 0,003 K aniqlikda temperaturani o'lchash imkoniyatini beradi. Ishchi modda sifatida maxsus texnologiya bo'yicha tayyorlangan yarim o'tkazgich asosida ishlaydigan termistorlar temperaturasining  $10^{-6} K$  miqdoridagi o'zgarishlarini ham qayd qila oladi.

### Zanjirning tarmoqlangan qismi uchun Kirxgof qoidalari

Zanjirning uch va undan ortiq tokli o'tkazgichlari uchrashadigan nuqtasi **tugun** deb ataladi. Shartli ravishda tugunga keluvchi tokni musbat va undan chiquvchi tokni esa manfiy ishorali deb hisoblaymiz.

#### Kirxgofning birinchi qoidasi:

Tugunda uchrashuvchi toklarning algebraik yig'indisi nolga teng.

$$I = \sum_k I_k = I_1 + I_2 + \dots + I_k = 0, \quad \kappa = 3, 4, \dots$$

Masalan. 1- rasmdagi hol uchun Kirxgof qoidasi quyidagicha yoziladi:

$$I_1 - I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

Kirxgofning birinchi qoidasi elektr zaryadlarining saqlanish qonunidan kelib chiqadi.

Kirxgofning ikkinchi qoidasi esa tarmoqlangan zanjir uchun umumlashgan Om qonunidan kelab chiqadi.

Uch qismdan iborat konturni ko'rib chiqamiz. Ixtiyoriy ravishda, soat milining aylanish yo'nalishini musbat deb olamiz. Tok manbalari beradigan toklarning yo'nalishiga qarab, ularning ishoralarini belgilab olamiz. Zanjirning mos qismlariga Om qonunini qo'llab, quyidagini hosil qilamiz:

$$\begin{cases} I_1 R_1 = \varphi_A - \varphi_B + \varepsilon_1 \\ -I_2 R_2 = \varphi_B - \varphi_C - \varepsilon_2 \\ I_3 R_3 = \varphi_C - \varphi_D + \varepsilon_3 \\ I_4 R_4 = \varphi_D - \varphi_A \end{cases}$$

bunda esa:

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_4 R_4 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3$$

Bu tenglik **Kirxgofning ikkinchi qoidasini** ifodalaydi:

**Tarmoqlangan elektr zanjirining tanlangan har qanday berk konturida mos qismlardagi tok kuchi va qarshiliklar ko'paytmalarining algebraik yig'indisi shu qismlarda uchraydigan mos E.Yu.K larning algebraik yig'indisiga teng:**

$$\sum_i I_i R_i = \sum_k \varepsilon_k$$

o'zgarmas tokning murakkab elektr zanjirlari uchun Kirxgof qoidalaridan foydalanib hisoblashlar o'tkazilayotganda quyidagicha ish tutiladi.

- Zanjirning barcha qismlari uchun yagona, ixtiyoriy yo'nalish tanlab olinadi. Toklarning haqiqiy yo'nalishi esa masala hal qilingandan so'ng ma'lum bo'ladi.

Agar aniqlangan tokning ishorasi musbat chiqsa, demak, yo'nalish to'g'ri belgilangan, manfiy bo'lsa uning yo'nalishi teskari deb, qaraladi.

- 2. Konturni aylanib chiqish yo'nalishi ixtiyoriy tanlanadi va unga qat'iy amal qilinadi. Agar tokning yo'nalishi shu qismdagi aylanib chiqish yo'nalishiga mos tushsa,  $IR$  musbat ishora bilan olinadi. EYuKlarning ishorasi ham xuddi shunday prinsipda aniqlanadi.

#### NAZORAT SAVOLLARI

1. Om qonunining differentsial ko'rinishini keltirib chiqaring.
2. Joul-Lents qonunining differentsial shaklni hosil qiling.
3. Tokning solishtirma issiqlik quvvati qanday fizik ma'noni anglatadi?
4. Umumlashgan Om qonunini tahlil qilib bering.
5. Tugun tushunchasini 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  $\mathcal{E}$  E.Yu.K.li manbalar o'zaro ketma-ket ulansa natijaviy  $\mathcal{E}_n$  nimaga teng bo'ladi?
9. Agar zanjirga  $n$ -dona  $\mathcal{E}$  E.Yu.K. parallel tarzda ulasak  $\mathcal{E}_n$  qanday bo'ladi?
10. Kirxgof qoidalarini ifodalovchi tenglamalar qanday tuziladi?



## 20-MA'RUZA TURLI MUHITLARDA ELEKTR TOKI REJA

1. Gazlardagi elektr toki. Gaz ionizatsiyasi.
2. Mustaqilva nomustaqli gaz razryadlari. Plazma.
3. Suyuqliklarda elektr toki. Elektrolit uchun Faradey qonunlari. Vakuumda elektr toki
4. Yarim o'tkazgichlarda elektr toki. Yarim o'tkazgichli asboblar. Integral sxemalar.

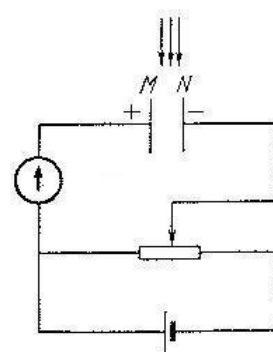
### TAYANCH SO'Z VA IBORALAR:

Nomustakil razryad, mustakil razryad, tuyinish toki, toj razryad, uchkunli razryad, yoy razryad, yolkina razryad.

Gazlardagi elektr toki. Ionlanish va rekombinatsiya jarayonlari. Zaif ionlashgan gazlarning o'tkazuvchanligi

Gazlar orqali elektr tokning o'tishini tekshirish uchun 1-rasmda tasvirlangan sxema asosida elektr zanjir to'zaylik. Bu zanjirning bir qismi, ya'ni M va N plastinalar (elektrodlar) orasidagi qismi biror gazdan iborat bo'lsin. Sxemadagi galvanometr zanjir buylab elektr tok okmayotganligini ko'rsatadi, chunki oddiy sharoitlarda gazda zaryad tashuvchilar bo'lmaydi. Demak, zanjir M va N elektrodlar orasida o'zilgan bo'ladi. SHuning uchun zanjir orqali elektr tok okishini ta'minlamokchi bo'lsak, elektrodlar oralig'iga zaryad tashuvchilar kiritish yoki biror usul bilan elektrodlar orasidagi gazda zaryad tashuvchilar vujudga keltirish kerak. Gazda zaryad tashuvchilar vujudga keltirishning barcha usullarini ikki gruppaga ajratish mumkin:

- a) gazdagi zaryad tashuvchilar tashqi faktorlar tufayli vujudga kelishi natijasida kuzatiladigan elektr tokni nomustakil gaz razryad deyiladi;
- b) M va N elektrodlar orasidagi elektr maydon ta'sirida vujudga kelgan zaryad tashuvchilar tufayli kuzatiladigan elektr tokni mustakil gaz razryad deyiladi.



20-1-rasm

### Nomustakil gaz razryad

Agar M va N elektrodlar orasidagi gazni qizdirsak yoki  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , rentgen, ultrabinafsha nurlar bilan nurlantirsak, gaz molekularining ionlashuvi sodir bo'ladi. Ionlashuv protsessining moxiyati quyidagidan iborat. Tashqi faktorlardan olgan energiya tufayli gaz molekulasidagi bir yoki bir necha elektron molekuladan ajralib chiqadi. Natijada molekula musbat zaryadlangan ionga aylanib koladi. Ajralib chiqqan elektronlarning bir qismi neytral molekular bilan birlashib manfiy zaryadlangan ionlarni vujudga keltiradi. SHuning uchun xam gazdagi (ionlashish protsessiga sababchi bo'lgan tashqi faktorni ionizator (ionlashtiruvchi) deb ataladi.

Ionlanish protsessi bilan bir katorda gazda rekombinatsiya protsessi xam sodir bo'ladi. Rekombinatsiya ionlanishga teskari protsess bo'lib, bunda musbat va manfiy ionlarning yoki elektron va musbat ionning tuknashuvi natijasida neytral molekular xosil bo'ladi.

SHunday qilib, gazlarda ionlanish protsessida manfiy zaryad tashuvchilar (elektronlar va manfiy ionlar) xamda musbat zaryad tashuvchilar (musbat ionlar) teng miqdorda xosil bo'ladi, rekombinatsiya protsessida esa teng miqdorda yo'qoladi.

Ionizator ta'sirida gazning birlik xajmida birlik vaktida  $n+$  dona musbat va  $n-$  dona manfiy zaryad tashuvchilar vujudga kelayotgan bo'lsin. Odatda  $n+=n-$  bo'lganligi uchun, oddiygina qilib,  $n$  juft zaryad tashuvchilar vujudga kelyapti, deylik.

Rekombinatsiya protsessi tufayli  $\Delta n'$  juft ion kamayayotgan bo'lsin. Elektr maydon tufayli musbat zaryad tashuvchilar manfiy zaryadlangan N elektrodga, manfiy zaryad tashuvchilar esa musbat zaryadlangan M elektrodga tortiladi va ularda neytrallanadi. Buning natijasida  $\Delta n''$  juft ionlar kamayotgan bo'lsin. U xolda gazning birlik xajmida birlik vaktida kamayayotgan ionlarning umumiy soni

$$\Delta n = \Delta n' + \Delta n'' \quad (20.1)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Bu ifodadagi qo'shiluvchilarning xissalari elektr maydonga bog'ligi. Ikki chegaraviy xolni ko'raylik.

1. Elektrodlarga berilgan kuchlanishning ancha kichiq qiymatlarida, ya'ni kuchsiz elektr maydonlarda ionlar asosan rekombinatsiya tufayli kamayadi ( $\Delta n' \gg \Delta n''$ ). Lekin bir qism ionlar elektr maydon tufayli karama-karshi zaryadlangan elektrodlarga etib boradi va kuchsiz elektr tokni vujudga kelishiga sababchi bo'ladi.

Elektr maydon ta'sirida musbat va manfiy zaryad tashuvchilar mos ravishda quyidagi tezliklar bilan xarakat qiladi:

$$v_+ = u + E,$$

$$v_- = u - E, \quad (20.2)$$

bu ifodalarda  $E$  – elektr maydon kuchlanganligi,  $u_+$  va  $u_-$  – lar esa mos ravishda musbat va manfiy zaryad tashuvchilarning xarakatchanliklari. Ionning xarakatchanligi – kuchlanganligi  $1 \text{ V}$  bo'lgan elektr maydon ta'sirida ion erishgan tezlik bilan xarakterlanib, turli gazlar uchun turlicha qiymatlarga ega bo'ladi.

(20.2) ifoda bilan aniqlanuvchi tezliklar bilan tartibli xarakat kiluvchi ionlar  $\Delta t$  vakt ichida plastinalarga quyidagi zaryadlarni etkazadi:

$$\begin{aligned} Q_+ &= qn_+ v_+ S \Delta t = qn_+ (u_+ + E) S \Delta t, \\ Q_- &= qn_- v_- S \Delta t = qn_- (u_- - E) S \Delta t, \end{aligned} \quad (20.3)$$

Bunda  $Q_+$  va  $Q_-$  – mos ravishda manfiy va musbat zaryadlangan elektrodga ionlar tashib etkazayotgan zaryad miqdorlari,  $q$  – ionning zaryadi,  $S$  – elektrodning yuzi. Elektr maydon tomonidan kuchirilgan umumiy zaryad miqdori

$$Q = |Q_+| + |Q_-| = qn(u_+ + u_-) S \Delta t \quad (20.4)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Birlik yuz orqali birlik vaktida kuchirilgan zaryad tok zichligi  $j$  ni ifodalaydi.

SHuning uchun

$$j = \frac{Q}{S \Delta t} = qn(u_+ + u_-) E, \quad (20.5)$$

bu ifodadagi  $q$ ,  $u_+$ ,  $u_-$  – lar ayni tajriba sharoiti uchun doimiy kattaliklardir.  $n$  esa unchalik katta bo'lmagan elektr maydonlar uchun o'zgarishsiz xisoblanadi. Demak, kuchsiz elektr maydonlarda (20.5) ifodadagi  $qn(u_+ + u_-) = \sigma$  Ko'paytuvchini o'zgarishsiz kattalik deb xisoblash mumkin. U xolda (20.5) ifoda gazlar orqali o'tuvchi elektr tok uchun Ohm qonunini ifodalaydi:

$$j = \sigma E. \quad (20.6)$$

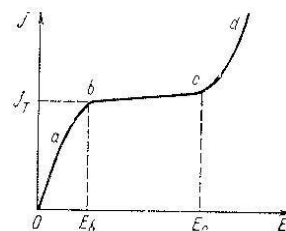
2. Endi  $M$  va  $N$  elektrodga berilgan kuchlanish etarlicha katta bo'lgan xolni ko'raylik. Bu xolda elektr maydon ta'sirida ionlar ancha katta tezliklarga erishadi. SHuning uchun ionizator ta'sirida vujudga kelayotgan ionlarning deyarli xammasi rekombinatsiyalashishga ulgurmasdanok elektrodga etib oladi. Ionizator ta'sirida gazning birlik xajmida birlik vaktida  $n$  juft ion vujudga keladi, deb xisoblangan edi. U xolda bir-biridan  $l$  uzoqlikda joylashgan  $S$  yuzli ikki elektrod orasidagi xajm  $S \cdot l$  ga teng bo'lganligi uchun, bu ikki elektrod oralig'ida  $\Delta t$  vakt ichida umumiy zaryadi

$$Q = qn S l \Delta t \quad (20.7)$$

bo'lgan ionlar vujudga keladi. Bu ionlarning xammasi tok tashishda katnashayotganligi uchun gaz orqali o'tayotgan elektr tokning qiymati tuyinish toki deyiladi va bu tuyinish tokining zichligi uchun quyidagi ifoda urinlidir:

$$j_{\text{tuy}} = \frac{Q}{S \Delta t} = qn l. \quad (8)$$

2–rasm da nomustakil gaz razryadida elektr maydon kuchlanganligi qiymatiga bog'lik ravishda tok zichligining o'zgarishini tasvirlovchi grafik chizilgan. Grafikning  $Oa$  qismi kuchsiz elektr maydonga mos keladi. Bunday maydonlarda zaryad tashuvchilar kichiq tezliklar bilan xarakatlanib, Ko'pincha elektrodga etib bormasdanok, rekombinatsiyalashadi. Lekin elektr maydon kuchaygan sari ionlar tezligi ortib ularning rekombinatsiyalashuv extimolligi kamayib boradi. Bu esa tokning ortishiga sabab bo'ladi. Bu soxada  $j$  va  $E$  orasidagi bog'lanish Ohm qonuniga buysonadi,  $ab$  qismda esa  $j$  ning  $E$  ga chiziqli bog'likligi bo'ziladi. Grafikning bu qismini oralik soxa yoki utish soxasi deyiladi.  $bc$  qismi tuyinish tokiga mos keladi. Maydon kuchlanganligi  $E_b \leq E \leq E_c$  bo'lganda ionizator ta'sirida vujudga kelgan ionlarning xammasi tok tashishda katnashadi. Lekin maydon kuchlanganligi  $E_c$  dan ortqanda zarbdan ionlanish tufayli tok keskin ortib ketadi (rasmdagi  $cd$  qism).



20-2–rasm

Mustakil gaz razryad

Tashqi ionizator ta'sir kilmasa xam, nixoyat kuchli elektr maydonlar ta'sirida zaryad tashuvchilar vujudga kelishi mumkin. Zaryad tashuvchilarning vujudga kelishini ta'minlovchi asosiy protsesslar quyidagilardan iborat.

1. Zarbdan ionlanish. Oddiy sharoitlardagi gazda turli sabablar tufayli vujudga kelgan elektronlar va ionlar mavjud. Lekin ularning soni nixoyat darajada kam bo'lganligi uchun oddiy sharoitlardagi gaz amalda elektr

tokni o'tkazmaydi, deyish mumkin. Kuchlanganligi  $E$  bo'lgan elektr maydonga  $q$  zaryadli tok tashuvchi (ion yoki elektron) ga  $qE$  kuch ta'sir etadi. Bu kuch ta'sirida tok tashuvchi ikki ketma-ket tuknashuv orasida erkin bosib utilgan 1 yulda

$$W_k = qEl \quad (20.9)$$

kinetik energiyaga erishadi. Agar bu energiya gaz molekulasining ionlanishi uchun bajarilishi lozim bo'lgan  $A_i$  ishdan katta bo'lsa, ya'ni

$$W_k \geq A_i \quad (20.10)$$

shart bajarilsa, tok tashuvchining neytral molekula bilan to'qnashishi natijasida molekula ikki qismga – erkin elektronga va musbat zaryadlangan ionga ajraladi. Bu protsessni zarbdan ionlanish deyiladi. Yangi vujudga kelgan tok tashuvchilar xam o'z navbatida elektr maydon tomonidan tezlatiladi. SHuning uchun ular yana ionlanishiga sababchi bo'lishi mumkin. SHu tarika gazda ionlanish nixoyat katta qiymatlarga erishadi. Bu xodisa toglardagi kor kuchkisini eslatadi. Ma'lumki, kor kuchkisining vujudga kelishiga bir sikimgina kor sababchi bo'la oladi. SHuning uchun yuqorida bayon etilgan protsess ionlar kuchkisi (kuyuni) deyiladi.

2. Ikkilamchi elektron emissiya. Gazdagi musbat zaryadli ionlar elektr maydon ta'sirida ancha katta energiyalarga erishgach, manfiy elektrodga urilishi natijasida elektrodan elektronlar ajralib chiqadi. Bu xodisani ikkilamchi elektron emissiya deyiladi.

3. Avtoelektron emissiya. Bu xodisa nixoyat kuchli elektr maydonlarda ( $E \sim 10^8$  V/m) sodir bo'ladi. Bunda nixoyat kuchli elektr maydon metallardan elektronlarni yulib (tortib) oladi, deyish mumkin.

4. Fotoiionlanish. Zarbdan ionlanish natijasida vujudga kelgan ion uyg'otilgan xolatda bo'lishi mumkin (uyg'otilgan xolatdagi sistemaning energiyasi asosiy xolatdagiga karaganda kattaroq bo'ladi). Bu ion uyg'otilgan xolatdan asosiy xolatga o'tayotganda kiska to'lqin o'zunlikli nur chiqaradi. Bunday nur energiyasi molekulaning ionlanishiga etarli bo'lib kolganda fotoionlanish xodisasi ruy beradi.

5. Termoelektron emissiya. Manfiy elektrod temperaturasi etarlicha yuqori bo'lgan xollarda termoelektron emissiya tufayli anchagina elektronlar vujudga keladi.

Mustakil gaz razryadlarning ba'zi turlari bilan tanishaylik. Oldin oddiy atmosfera bosimlaridagi gazlarda ruy beradigan razryadlarni tekshiramiz.

1. Toj razryad. Razryadning bu turi vujudga kelganda elektrodlar yaqinida xuddi kuyosh tojiga uxshagan nurlanish kuzatiladi. Toj razryad vujudga kelishi uchun nixoyat kuchli notekis elektr maydon mavjud bo'lishi shart. Masalan, katta kuchlanishli elektr toklarni o'tkazuvchi simlarni ko'raylik. Sim va erni kondensatorning ikki qoplamasi deb qarash mumkin. Bu kondensatordagi elektr maydon notekis bo'lib, maydon kuchlanganligi sim yaqinida juda katta qiymatga erishadi. Bu soxadagi gaz elektr maydon ta'sirida nixoyat intensiv ravishda ionlashadi. SHuning uchun bu soxada simni kar tomondan o'rab olgan nurlanish, ya'ni mustakil gaz razryad kuzatiladi. Bu esa elektr energiyaning isrof bo'lishiga sabab bo'ladi. Toj razryad faqat simlar atrofida emas, balki kuchli va notekis elektr maydon vujudga kelgan elektrodlar atrofida xam vujudga keladi. Masalan, elektrodning biror qismi egrilik radiusi kichiq bo'lgan uchlikka ega bo'lsa, bu soxada (uchlikda) elektr zaryadning konsentratsiyasi juda ortib ketadi. SHuning uchun bu uchlik atrofida nurlanish kuzatiladi. Toj razryad kema machталarining, daraxtlarning uchlarida xam kuzatiladi. Bladim vaktlarda bu xodisalarni «avliyo Elma chiroklari» deb atashgan.

2. Uchkunli razryad (uchkun). Kondensator qoplamalari yoki induksion galtak chulgaming ikki uchi orasidagi kuchlanish nixoyat katta ( $3 \cdot 10^6$  V/m) bo'lganda gazning turtki ravishda zarbdan ionlanishi natijasida kiska vaktli razryad – uchkun vujudga keladi. Eng ulkan uchkun razryad – yashindir. YAshin bo'lutlar orasida yoki bo'lut bilan Er oralig'ida katta poteptsiallar farqi vujudga kelishi natijasida paydo bo'ladi. Uchkun yaqinidagi gaz yuqori temperaturalarigacha kiziydi va keskin kengayadi. Bu esa o'z navbatida tovush to'lqinlarining vujudga kelishiga sababchi bo'ladi. YAshinning o'zunligi 50 kilometr gacha, tok kuchi 20000 A gacha etadi. SHuning uchun xam yashin tufayli vujudga keladigan tovush, ya'ni momakaldirok juda kuchli bo'ladi.

3. Ey razryad (elektr yoyi). Agar 20.3–rasmda tasvirlangan elektrodلarni bir-biriga tegizsak va elektr tok o'tkazsak, elektrodلarning bir-biriga tegib turgan uchlari kiziydi. So'ng ularni bir-biridan bir oz uzoqlashtiraylik. Katod. bo'lib xizmat kiluvchi elektrod juda Ko'p termoelektronlar chiqaradi. Bu termoelektronlar elektrodلar oralig'idagi gazni ionlashtiradi. Natijada elektrodلar orasida yoy shaklidagi kuchli (ko'zni kamashtiradigan darajada yorug) shu'la paydo bo'ladi. Buni elektr yoyi yoki Petrov yoyi deyiladi. Elektr yoyi uchkundan farqli ularok, o'zluksiz davom etadi. Tajribalar asosida yoy razryad unchalik katta bo'lmagan kuchlanishlarda ( $\sim 40$  V) sodir bo'lishi aniqlandi. Lekin tok kuchi katta ( $\sim 3000$  A) bo'lishi mumkin. Elektrodلarning temperaturalari ( $2500 \div 4000$ )°S gacha kutariladi. Temperaturaning bu

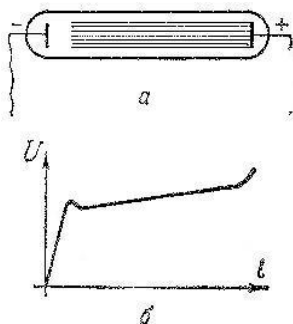


20-3–rasm

kadar kutarilishi metallarni elektr payvandlashda, kuchli yoruglik tarkatilishi esa yoy lampalarda foydalaniladi.

Endi siyraklashtirilgan gazlarda kuzatiladigan razryad bilan tanishaylik. a–rasmda tasvirlangan shisha naychani ikki tomoniga metall elektrodlar kavsharlangan. Bu naycha ichidagi gaz bosimi 0,1 mm simob ustuniga, elektrodga berilgan kuchlanish bir necha yuz voltga teng bo'lganda naychadagi gazda mustakil razryad kuzatiladi. Razryad tuzilishining mayda tafsilotlari bilan kizikmay, uni ikki qismdan iborat deb ko'rishimiz mumkin. Katodga yaqin joylashgan nurlanish sodir bo'lmayotgan soxani katod korongi fazosi deyiladi. Razryadning kolgan (anodgacha davom etgan) qismida miltillagan nurlanish kuzatiladi.

Razryadning bu qismini nurlanuvchi anod ustuni deyiladi. YOlkini razryad deb nomlangan bu razryadda katod xamma vakt sovukligicha koladi. U xolda ionlar qanday vujudga keladi? Bu savolga javob berish uchun katod bilan anod oralig'idagi nuqtalarda potentsialning o'zgarishi bilan tanishaylik. 4b–rasmda katod va naycha ichidagi tekshirilayotgan nuqta orasidagi kuchlanish  $U$  ni katoddan ushbu nuqtagacha bo'lgan masofa  $l$  ga bog'liklik grafigi tasvirlangan. Bu grafikdan ko'rinishicha, potentsialning asosiy tushuvi katod korongi fazosiga to'g'ri keladi. SHuning uchun xam uni katod potentsial tushuvi deb ataladi. Katod tomon tortilayotgan musbat ionlar bu soxada katta energiyalarga erishadi va katodga urilgach, undan bir necha



20-4–rasm

elektron ajralib chiqishiga sababchi bo'ladi. Bu elektronlar o'z navbatida katod potentsiali ta'sirida tezlashib gaz molekullari bilan tuknashganda zarbdan ionlanishni vujudga keltiradi. Vujudga kelgan yangi ionlar yana katod tomon intiladi, katod potentsiali ta'sirida yana tezlashadi, katoddan elektronlarni urib chiqaradi va xokazo. Demak, elektrodlar oralig'ida kuchlanish mavjud bo'lsa, razryad o'zluksiz davom etaveradi. SHuni xam qayd qilib utaylikki, fanda elektronlar bilan birinchi tanishuv yuqorida bayon etilgan tajribadagi katoddan ajralib chiqayotgan elektronlar Oqimni tekshirish natijasida ruy bergan. SHuning uchun bu elektronlar oqimi katod nurlari deb atalgan. Katoddan elektronlarni urib chiqarayotgan musbat ionlar esa anod nurlari deb atalgan.

Naychadagi gazni o'zgartirganda nurlanishning rangi kam o'zgaradi. Masalan, neon – kizil, argon – kukish, geliy – sarik rangdagi nurlanish beradi. YOlkini

razryadning bu xususiyatlaridan kundo'zgi yoruglik lampalarida, vitrinalarni yoritish, bezash maqsadlarida foydalaniladi.

### Plazma va uning xossalari

Yuqori darajada ionlashgan, lekin kichiq makroskopik xajmda elektroneytral bo'lgan gaz plazma deb ataladi. Agar gazning barcha molekullari ionlashgan bo'lsa, ya'ni ionlashganlik darajasi birga teng bo'lsa, to'liq ionlashgan plazma deyiladi. Boshqa xollarda qisman ionlashgan plazma bilan ish ko'rilayotgan bo'ladi.

Plazmani ikki usul bilan xosil qilish mumkin:

1. O'ta yuqori temperaturalargacha kizdirilgan gaz molekullari o'zaro tuknashuvi tufayli ionlanish sodir bo'ladi. Masalan,  $T \geq 10000$  K da xar qanday jism plazma xolatida bo'ladi. Barcha yuldo'zlar, xususan Bluyosh xam, ana shunday yuqori temperaturali plazmadan iboratdir.

2. Gazdan elektr tok o'tishi (elektr razryad) jarayonida xam plazma xosil bo'ladi. Gaz razryadli plazma elektronlar va ionlar gaz razryadni vujudga keltirayotgan elektr tok manбайдan doimo energiya olib turadi. Natijada ioilar va elektronlarning temperaturalari keskin farq qiladi, chunki elektronlar elektr maydonda Ko'prok tezlashadi. Masalan, yolkin razryadda elektronlar temperaturasi  $\sim 10000$  K bo'lsa, ionlar temperaturasi  $\sim 2000$  K dan ortmaydi.

Erning ionosferasidagi plazma Quyosh nurlanishi tufayli atmosferadagi gaz molekullarining fotoionlashuvi natijasida vujudga keladi. Shuning uchun plazmaning bu turi gaz razryadli plazmadan farq qiladi.

Plazma zarralari, xuddi oddiy gaz molekullariga uxshash betartib xarakterda bo'ladi. Lekin neytral molekullardan tashqil topgan oddiy gazdan farqli ravishda plazma radioto'lqinlarni kaytaradi. Buning sababi plazmaning elektromagnit maydon bilan ta'sirlashuvidir.

Plazmaning eng asosiy xususiyati – uning kvazineytralligidir. Kvazineytrallik tushunchasi bilan elektronlar na bir xil ionlardan iborat bo'lgan plazma misolida tanishaylik. Bunday plazmada elektronlarning issiklik xarakter tezliklari ionlarnikidan kattaroq bo'ladi. SHuning uchun elektronlar plazmadan tezrok chiqib ketishi va natijada plazmada ionlar miqdorining ortib ketishi tufayli elektr maydon vujudga kelishi lozim edi. Lekin plazmada katta elektr maydonlar vujudga kelmas ekan. Buning sababi quyidagida: plazmaning biror qismida ionlarning tuplanib kolishi natijasida vujudga kelgan elektr maydon chiqib ketayotgan elektronlarga

tormozlovchi ta'sir ko'rsatadi, so'ng ularni orkasiga kaytaradi. SHu tarzda elektronlarning tebranma xarakati vujudga keladi. Bu tebranishlarning chastotasi va amplitudasini topaylik. Zichligi ne bo'lgan elektronlarning x masofaga siljishi natijasida vujudga kelgan elektr maydon (bu maydonni birinchi yaqinlashuvda yassi kondensator plastinkalari oralig'idagi elektr maydonga uxshatsa bo'ladi) kuchlanganligi

$$E = \frac{en_e x}{\epsilon_0} \quad (20.11)$$

ga teng bo'ladi. Bu maydonda elektronga

$$F = eE = \frac{e^2 n_e x}{\epsilon_0} \quad (20.12)$$

kuch ta'sir etadi. Bu kuch miqdoran siljishga proporsional va siljish yunalishiga karama-karshi yunalgan. U garmonik tebranishlarni vujudga keltiruvchi kvazielastik kuch ( $F = -kx$ ) ga uxshashdir. SHuning uchun bu kuch ta'sirida elektron oldinga va orkaga

$$\omega_{pl} = \sqrt{\frac{e^2 n_e}{\epsilon_0 m_e}} \quad (20.13)$$

chastota bilan xarakat qiladi. Bu xarakatni plazma tebranishlari,  $\omega_{pl}$  ni esa plazma chastotasi yoki lengmyur chastotasi deyiladi. Albatta, elektronlar bilan ionlar tuknashuvi natijasida elektronlarning tebranma xarakati sunadi.

Plazma tebranishlari sodir bo'ladigan masofani quyidagi muloxazalar asosida topamiz: elektr maydonda x masofaga siljigan elektron

$$A = F \cdot x = \frac{e^2 n_e x^2}{\epsilon_0} \quad (20.14)$$

ish bajaradi. Bu ish shu elektron kinetik energiyasining urtacha o'zgarishi (taxminan  $kT_e$  ga teng) xisobiga bajariladi. SHuning uchun

$$\frac{e^2 n_e x^2}{\epsilon_0} = kT_e.$$

Bundan

$$x^2 = \frac{\epsilon_0 kT_e}{e^2 n_e} \quad (20.15)$$

Bu ifoda issiklik xarakati tufayli plazmada zaryadlar fazoviy ajraladigan masofaning maksimal qiymatini aniqlaydi. Odatda, uni debay radiusi ( $\lambda_D$ ) deb ataladi:

$$\lambda_D = \sqrt{\frac{\epsilon_0 kT_e}{e^2 n_e}} \quad (20.16)$$

SHunday qilib, debay radiusi zaryadlarning fazoviy ajralash masshtabini, plazma chastotasi esa zaryadlarning ajralmagan xolatga kaytish davrini, ya'ni plazmaning zaryad jixatdan neytralligini tiklash davrini xarakterlaydi. Bu ikki kattalik plazmaning asosiy xarakteristikalarini xisoblanadi.

xulosa qilib aytganda, elektronlar va ionlardan iborat gazni, bu gaz egallagan xajmning chiziqli o'lchamlari debay radiusidan katta bo'lgandagina (faqat shu xoldagina kvazineytrallik sharti bajariladi) plazma deb atash mumkin.

xozirgi vaktida plazmadan ikki yunalishda foydalanish muljallanyapti: 1) boshqariluvchi termoyadro reaksiyalarida; 2) magnitogidrodinamik generatorlarda (MGDG).

## SINOV SAVOLLARI

Vakuumba elektr toki. Termoelektron emissiya hodisasi.

Elektronlarning metallardan chiqish ishi. Metall vakuum chegarasidagi kontakt potentsiallar ayirmasi.

Ikki elektrodli lampaning ishlash printsipini tushintiring.

Ikki elektrodli lampaning voltamper xarakteristikasini tushintiring.

Boguslavskiy-Lengmyur qonuni voltamper egri chizig'ini qaysi qismiga to'g'ri kelishini ko'rsating.

## 21–MA’RUZA

### VAKUUMDA MAGNIT MAYDONI VA TOKLI O’TKAZGICH VA ELEKTR ZARYADLARIGA TA’SIRI.

#### REJA:

1. Magnit maydon va uning xarakteristilasi.
2. Bio-Savar-Laplas qonuni.

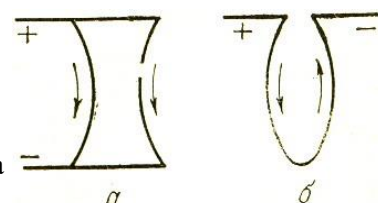
#### TAYANCH SO’Z VA IBORALAR:

Magnit maydoni, magnit induktsiyasi, tokli o’tkazgich, konturning magnit momenti, aylanma moment, tsirkulyatsiyasi, solenoid, toroid, Gauss teoremasi, magnit oqimi, Amper kuchi va Lorents kuchi, xoll effekti, tezlatkichlar, konturning magnit momenti, tok zichligi, xoll potentsiali.

Magnit maydon induktsiya vektori. Bio-Savar-Laplas qonuni

Oddiy magnit xodisalar bizning eramizdan ilgari xam ma’lum bo’lgan. Lekin elektr tok va magnit xodisalar orasida bog’lanish borligi to’g’risidagi faktlar XVIII asrga talluklidir. Frantsuz fizigi Arago «Momakaldirok va yashin» deb nomlangan kitobda yashin urgan kema-dagi magnit kompaslarning ishdan chiqqanligini, ya’ni bu kompaslardan ikkitasi shimol o’rniga janubni, bittasi esa garbni ko’rsatadigan bo’lib kolganligini yozadi. SHu kitobda yashin urgan uydagi pulatdan yasalgan pichok, vilka kabi buyumlarning magnitlanib kolganligi to’g’risida xam axborotlar bor. xozirgi vakt-da urta maktab fizika ko’rsi xajmida ma’lumoti bo’lgan xar bir odam Aragoning kitobida bayon etilgan bu xodisalarni oddiygina tushuntira oladi: yashin – gaz orqali o’tuvchi elektr tok, yuqorida bayon etilgan xodisalar esa elektr tokning magnit ta’siridir.

Lekin elektr tokning bu xususiyati faqat 1820 yilda daniyalik fizik Ersted tomonidan aniqlandi va urganildi. Erstedning bu kashfiyoti fizika fanining rivojlanishida katta turtkilardan biri bo’ldi. Natijada Amper, Bio, Savar, Laplas, Faradey kabi olimlar elektromagnetizm xodisalarini urganib, muxim kashfiyotlar kildilar. Biz elektromagnetizm xodisalarini o’rganishni birinchi marta Amper tomonidan aniqlangan parallel toklarning o’zaro ta’siridan boshlaymiz. Agar ikki parallel o’zun o’tkazgichlardan o’tuvchi toklarning yunalishlari bir xil bo’lsa (21.1a–rasm), bu o’tkazgichlar bir-biri tomon tortiladi. Aksincha, o’tkazgichlardagi toklarning yunalishlari karama-karshi bo’lsa (21.1b–rasm), bu tokli o’tkazgichlar bir-biridan kochadi. Toklarning o’zaro ta’siriga sabab – toklar atrofida-gi fazoda aloxida tabiatli magnit maydonning paydo bo’lishidir. Boshqacha aytganda, toklarning xar biri o’z atrofida-gi fazoda magnit maydon xosil qiladi va bu maydon ikkinchi tokka ta’sir ko’rsatadi.



21.1–rasm

Ikkinchi tomondan, xar qanday elektr tok elektr zaryadlarning tartibli xarakati deb karalmogi lozim. Shuning uchun elektr tokning barcha turlari, ya’ni o’tkazgich orqali elektr tok, elektrolit va gazlardagi elektr tok, vakuumdagi elektr tok, konveksion toklar atrofida-gi fazoda magnit maydon vujudga keladi. xakikatan, 1901 yilda Eyxenvald o’z tajribasida zaryadlangan jismlarning xarakati tufayli sodir bo’ladigan konveksion tokning magnit ta’siri o’tkazgich orqali o’tuvchi elektr tokning magnit ta’siriga ekvivalent ekanligini tasdikladi. 1911 yilda Ioffe vakuumda xarakatlanayotgan elektronlar oqimi ustida tajriba o’tkazib, elektronlar oqimi va o’tkazgich orqali o’tuvchi elektr tokning magnit ta’siri bir xil ekanligini tasdikladi. Magnit maydon, shuningdek, doimiy magnitlar tufayli xam vujudga keladi.

Magnit maydon, xuddi elektr maydon kabi, fazoning qandaydir modda yoki maydon ishgol etgan qismlarida xam mavjud bo’laveradi. Oldin xavosiz bushlik – vakuumdagi magnit maydon bilan shugullanaylik. Elektrostatik maydonni tekshirganimizda, maydonning biror tekshirilishi lozim bo’lgan nuqtasiga kiritilgan nuqtaviy «sinov zaryad» dan foydalangan edik. Bu zaryadga maydon tomonidan ta’sir etuvchi kuch maydonning ushbu nuqtasining xarakteristikasi sifatida qabul kilingan edi. Magnit maydonni tekshirishda sinovchilik vazifasini magnit strelka (strelka shaklidagi kichkina doimiy magnit) yoki «sinov kontur» deb ataladigan tokli berk kontur (21.2–rasm) bajaradi. Sinov konturning o’lchamlari mumkin kadar kichiq bo’lishi, undan o’tayotgan tok kuchi xam etarlicha zaif bo’lishi kerak, chunki sinov kontur tekshirilayotgan magnit maydon xususiyatlarini sezilarli darajada o’zgartirmasligi lozim. Sinov konturning fazodagi vaziyati uning sirtiga o’tkazilgan normal bilan aniqlanadi. Normalning musbat yunalishi tarzida konturdagi tok yunalishi bilan O’ng vint qoidasi asosida bog’langan yunalish qabul qilinadi. Buning uchun kontur sirtiga o’tkazilgan normal buylab o’ng vintni joylashtirish va uni konturdagi tok yunalishida burash kerak. Vintning ilgari lanma xarakati musbat normal yunalishini ko’rsatadi.



Konturning xarakteristikasi sifatida (xuddi sinov zaryadning xarakteristikasi – uning zaryad miqdori  $q$  kabi) konturdan o'tuvchi tok kuchi  $I$  bilan kontur yuzi  $S$  Ko'paytmasiga miqdoran teng bo'lgan va konturning musbat normali buylab yunalgan

$$p_m = I \cdot S \cdot n \quad (21.1)$$

vektordan foydalaniladi.  $p_m$  ni konturning magnit momenti deb ataladi. (21.1) dagi  $n$  – musbat normal yunalishidagi birlik vektor.

Magnit maydon, masalan, doimiy magnit qutblari orasida mavjud bo'lgan magnit maydon (3–rasm) biror nuqtasini tanlaylik. Bu nuqdaga magnit momentlari turlicha bo'lgan sinov konturlarni navbatma-navbat kiritib o'tkazilgan ko'zatuvarlar asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. sinov kontur magnit maydonda shunday muvozanat vaziyatni egallaydiki, bunda uning musbat normalining yunalishi magnit maydonga kiritilgan magnit strelka yunalishiga mos bo'ladi. Bu yunalishni magnit maydonning tekshirilayotgan nuqtagi yunalishi deb qabul qilinadi;
2. muvozanat vaziyatidan chiqarilgan sinov konturga magnit maydon tomonidan aylantiruvchi moment  $M$  ta'sir etadiki, natijada kontur muvozanat vaziyatiga kaytadi. Maydon yunalishi va konturning musbat normali orasidagi burchak  $\pi/2$  ga teng bo'lgan vaziyatdagi konturga magnit maydon tomonidan ta'sir etuvchi aylanma moment moduli maksimal qiymat  $|M|_{\text{maks}}$  ga erishadi;
3. magnit maydonning ixtiyoriy tanlab olingan nuqtasiga magnit momentlarining qiymatlari  $|p_m|$  turlicha bo'lgan sinov konturlarni navbatma-navbat kiritsak, ularga ta'sir etadigan aylantiruvchi momentlarning maksimal qiymatlari  $|M|_{\text{maks}}$  ham turlicha bo'ladi. Lekin, xar bir sinov konturga ta'sir etuvchi  $|M|_{\text{maks}}$  ning  $|p_m|$  ga nisbati magnit maydonning ayni nuqtasi uchun o'zgarmas kattalik bo'ladi. Magnit maydonning miqdoriy xarakteristikasi vazifasini bajaradigan bu nisbat magnit induksiyasi  $B$  deb ataladigan vektor kattalikning qiymatidir:

$$|B| = |M|_{\text{maks}} \times |p_m| \quad (21.2)$$

Magnit induksiya vektori  $B$  ning yunalishi esa  $M$  va  $p_m$  yunalishlari bilan quyidagicha bog'langan:

$$M = [p_m B] \quad (21.3)$$

Demak, magnit induksiya vektor kattalik bo'lib, uning yunalishi maydonning tekshirilayotgan nuqtasiga kiritilgan sinov konturning muvozanat vaziyatidagi musbat normalining yunalishi bilan, qiymati esa sinov konturga magnit maydon tomonidan ta'sir etadigan aylantiruvchi moment maksimal qiymatini sinov kontur magnit momentining qiymatiga nisbati bilan aniqlanadi.

XBS da kontur magnit momentining birligi – amper-metr kvadrat ( $A \cdot m^2$ ), aylanma moment birligi esa nyuton-metr ( $N \cdot m$ ). Shuning uchun, (21.2) ga asosan, magnit induksiya birligi sifatida magnit maydon shunday nuqtasining magnit induksiyasi qabul kilinishi kerakki, bu nuqtaga kiritilgan magnit momenti 1  $A \cdot m^2$  bo'lgan yassi konturga magnit maydon tomonidan ta'sir etadigan aylantiruvchi momentning maksimal qiymati 1  $N \cdot m$  ga teng bo'lishi lozim. Bu birlik tesla ( $T$ ) deb ataladi:

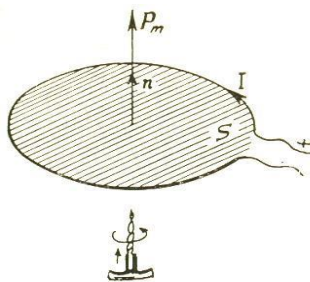
$$1 T = 1 N / (A \cdot m).$$

Magnit maydonni grafik usulda tasvirlash

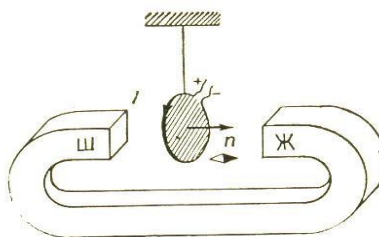
Magnit maydonni grafik usulda tasvirlash uchun magnit induksiya chiziqlaridan foydalaniladi. Magnit induksiya chiziqlarini o'tkazishda quyidagi ikki shart bajarilishi kerak:

1. Magnit induksiya chizig'ining xar bir nuqtasiga o'tkazilgan urinma shu nuqtagi magnit induksiya vektorining yunalishi bilan ustma-ust tushishi lozim;
2. Magnit induksiya chiziqlarining zichligi (magnit induksiya vektoriga normal bo'lgan sirtning birlik yuzi orqali o'tuvchi magnit induksiya chiziqlarining soni) maydonning ushbu soxasidagi magnit induksiya vektorining qiymatiga proporsional bo'lishi lozim.

To'g'ri o'tkazgichdan o'tayotgan tok (bundan keyin bu tokni oddiygina qilib to'g'ri tok deb ataymiz) tufayli vujudga kelayotgan magnit maydonning grafik tasvirini quyidagi tajribada ko'zatisish mumkin. Gorizontalk tekislik shaklidagi kartondan vertikal o'tkazgich o'tkazaylik (21.4–rasm) va kartonga yupka katlam qilib

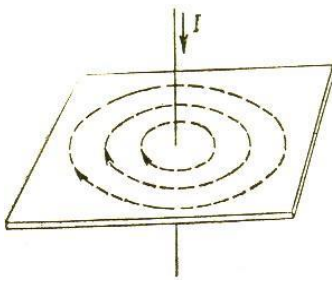


21.2–rasm



21.3–rasm



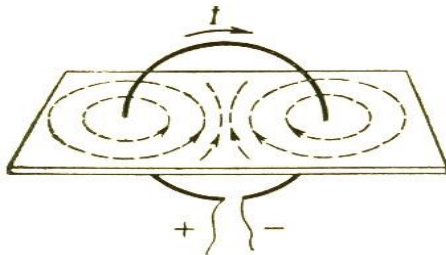


21.4–rasm

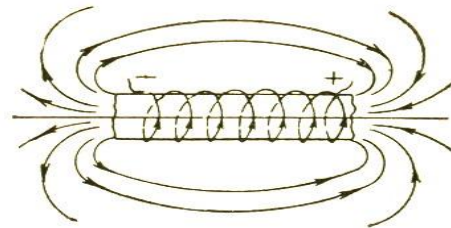
temir kipiklarini sepaylik. Agar o'tkazgichdan elektr tok o'tkazsak, kartondagi temir kipiklari o'tkazgich atrofidagi berk chiziqlar buylab joylashadi. Agar kartonni yuqoriga yoki pastga siljitsak, magnit induksiya chiziqlarining shakli o'zgarmaydi. Magnit induksiya Chiziqlaridan birini tanlab olaylik va bu chiziqning turli nuqtalarida sinov konturning muvozanat vaziyatini ko'zatsak, ixtiyoriy nuqta konturning musbat normal magnit induksiya chizig'iga o'tkazilgan urinma bilan ustma-ust tushadi. SHunday qilib, to'g'ri tokning magnit induksiya chiziqlari markazlari o'tkazgich ustida yotgan konsentrik aylanalardan iboratdir. Magnit induksiya chiziqlarining yunalishini aniqlashda o'ng vint qoidasidan foydalanish kerak: agar o'ng vintning ilgariylanma xarakati

tokning yunalishi bilan mos tushsa, vint dastasining aylanish yunalishi magnit induksiya chiziqlarining yunalishini ko'rsatadi.

Aylana shaklidagi o'tkazgichdan o'tayotgan tok (bunday tokni aylanma tok deb ataymiz) tufayli vujudga kelayotgan magnit maydonning grafik tasviri 21.5–rasmda ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinishicha, magnit induksiya chiziqlari konsentrik aylanalardan iborat. Bu xolda o'ng vint qoidasidan quyidagicha foydalanish kerak: agar o'ng vint dastasini aylanma tok yunalishida aylantirsa,



21.5–rasm



21.6–rasm

vintning ilgariylanma xarakati aylanma tok ichidagi magnit induksiya chiziqlarining yunalishini ko'rsatadi. Endi, bir necha uram izolyatsiyalangan simdan iborat galtakni ko'raylik. Bunday galtakni solenoid deb ataladi. Solenoiddan o'tayotgan tokni umumiy ukka ega bo'lgan aylanma toklar sistemasi deb qarash mumkin. Solenoidning magnit maydoni 6–rasmda tasvirlangan manzarani beradi. Solenoidning ichki qismida magnit induksiya chiziqlari solenoid ukiga parallel bo'lgan to'g'ri chiziqlar sistemasini tashqil etadi. Bu to'g'ri chiziqlar solenoid uchlariga yaqinlashgan sari egri chiziqlarga aylanib, solenoidning tashqarisida tutashadi. Solenoidning ichki qismidagi magnit maydon bir jinsli maydonidir. Bu xolda magnit induksiya chiziqlarining yunalishini, xuddi aylanma tokdagi kabi o'ng vint qoidasi asosida aniqlanadi. Xulosa qilib aytganda, magnit induksiya, chiziqlari magnit maydonni vujudga keltiruvchi tokli, o'tkazgichlarning shaklidan, kat'iy nazar berk chiziqlardir.

#### Bio – Savar – Laplas qonuni

Bio va Savar turli shakldagi tokli o'tkazgichlar atrofidagi magnit maydonlarni tekshirish natijasida tokli o'tkazgichdan r masofa o'zoqlikdagi nuqtaning magnit induksiyasi o'tkazgichdagi tok kuch I ga to'g'ri proporsional, r ga esa teskari proporsional ekanligini aniqladilar. Keyinchalik, Laplas ixtiyoriy shakldagi tokli o'tkazgich atrofidagi nuqtalar uchun magnit induksiyani aniqlash imkonini beradigan formulani taklif etdi. Bunda Laplas maydonlar superpozitsiyasi printsipidan foydalandi. Bu printsip umumiy xolda quyidagicha ta'riflanadi: bir necha toklar tufayli vujudga kelayotgan maydonning ixtiyoriy nuqtagi magnit induksiyasi (B) aloxida toklar vujudga keltirayotgan maydonlarning ayni nuqtagi magnit induksiyalari (Bi) ning vektor yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni

$$B = B_1 + B_2 + B_3 + \dots + B_n = \sum_{i=1}^n B_i \quad (4)$$

Ixtiyoriy shakldagi tokli o'tkazgichni dl o'zunlikdagi elementar bo'lakchalardan iborat deyish mumkin. Bu bo'lakcha o'zunligining undan o'tayotgan tok kuchi I ga Ko'paytmasini, ya'ni tok okayotgan tomonga yunalgan vektor Idl ni «tok elementi» deb atash odat bo'lgan. SHuning uchun ixtiyoriy shakldagi tokli o'tkazgich xosil kilayotgan maydonning biror nuqtagi magnit induksiyasi ushbu tokli o'tkazgichning tarkibiy qismlari deb karalayotgan tok elementlari tufayli vujudga kelishi lozim bo'lgan maydonlar magnit induksiyalarining vektor yig'indisidan iborat bo'lishi kerak, ya'ni

$$B = \sum_{i=1}^n B_i \quad (21.5)$$

xar bir tok elementi (7–rasm) vujudga keltiradigan maydonning magnit induksiyasi

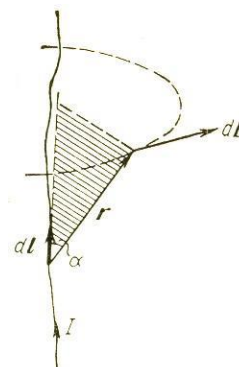
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I dl r \sin \alpha}{r^3} \quad (21.6)$$

munosabat bilan aniqlanadi. dB ning moduli uchun quyidagi ifoda urinli:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I dl \sin \alpha}{r^2} \quad (21.7)$$

Mazkur munosabatlar Bio–Savar–Laplas qonunini ifodalaydi. (21.6) va (21.7) da r – tok elementidan magnit induksiyasi aniqlanayotgan nuqtaga o'tkazilgan radius-vektor; r – shu radius-vektor moduli;  $\alpha$  – o'tkazgich elementar bo'lakchasi dl bilan r orasidagi burchak;  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$  esa magnit doimiysi deb ataladi.

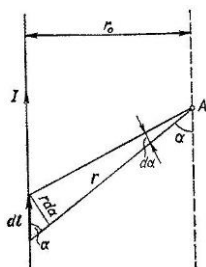
dB ning yunalishi dl va r vektorlardan o'tuvchi tekislikka perpendikulyar bo'ladi: O'ng vint dl yunalishida ilgari lanma xarakatlanishi uchun vint dastasi buralishi lozim bo'lgan tomon dB ning yunalishini ko'rsatadi.



21.7–rasm

Turli shakldagi o'tkazgichlar atrofidagi magnit maydonini hisoblash

Bio–Savar–Laplas qonunidan foydalanib turli shakldagi tokli o'tkazgichlar maydonlarining magnit induksiyasini xisoblash mumkin. Misol tarikasida bir necha xususiy xollarni ko'raylik:



21.8–rasm

1. Cheksiz o'zun to'g'ri chiziq shaklidagi o'tkazgichdan o'tayotgan I tok (to'g'ri tok) tufayli vujudga kelgan maydonning ixtiyoriy A nuqtagi magnit induksiyasini xisoblaylik (21.8–rasm). Tanlab olingan A nuqtaning to'g'ri tokdan uzoqligi  $r_0$  bo'lsin. Tok o'tayotgan o'tkazgichni xayolan dl o'zunlikdagi elementlarga ajrataylik. Bu tok elementlari vujudga keltirgan barcha dB larning yunalishlari bir xil bo'lib, ular chizmaning orka tomoniga yunalgan. SHuning uchun natijaviy magnit maydon induksiyasi B xam dB bilan bir xil yunalishga ega bo'ladi. B ning qiymati esa dB lar modullarining yig'indisidan iborat. A nuqtan r masofa o'zoqlikdagi tok elementi vujudga keltirgan magnit maydon induksiyasining moduli

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I dl \sin \alpha}{r^2}$$

formula asosida topilishi lozim bo'lganligi uchun B ning modulini xisoblash operatsiyasi quyidagi integrallashga keltiriladi:

$$B = \int dB = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int \frac{dl}{r^2} \sin \alpha \quad (21.8)$$

21.8–rasmdan foydalansak, bu formulaga kiruvchi r va dl larning qiymatlari

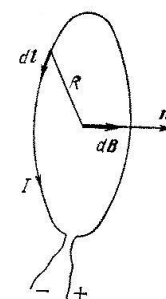
$$r = \frac{r_0}{\sin \alpha}; \quad dl = \frac{r_0 d\alpha}{\sin^2 \alpha}$$

ekanligini topamiz. Shuning uchun

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{r_0} \int_0^\pi \sin \alpha d\alpha = \frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} \quad (21.9)$$

bo'ladi. Bu ifodada integrallash chegaralarini 0 va  $\pi$  deb olindi, chunki cheksiz o'zun to'g'ri tokning barcha elementlari uchun  $\alpha$  burchak shu intervalda o'zgaradi. Shunday qilib, cheksiz o'zun to'g'ri tok tufayli vujudga kelayotgan maydonning ixtiyoriy nuqtasidagi magnit induksiyasi o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchiga to'g'ri proporsional va induksiyasi ulchanayotgan nuqtaning o'tkazgichdan uzoqligiga teskari proporsionaldir.

2. Radiusi R bo'lgan aylana shaklidagi o'tkazgichdan I tok o'tayotgan bo'lsin (21.9–rasm). SHu aylananing markazidagi magnit maydon induksiyasini aniqlaylik. Aylananing xar bir dl elementi va radiusi R orasidagi burchak  $\pi/2$  ga teng bo'lganligi uchun Bio–Savar–Laplas qonuniga asosan:



21.9–rasm

$$dB = \frac{\mu_0 I dl}{4\pi R^2} \quad (21.10)$$

Barcha dB lar aynan bir xil yunalishda, ya'ni aylana markazidan o'tuvchi musbat normal buylab yunalgan. SHuning uchun natijaviy maydonning aylana markazidagi magnit induksiya:

$$B = \int dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} \int_0^{2\pi R} dl = \frac{\mu_0 I}{2R} \quad (21.11)$$

bo'ladi. Aylana shaklidagi tokli konturning magnit momenti

$$p_m = I \cdot S = I \pi R^2 \quad (21.12)$$

bo'lganligi uchun (21.11) ni quyidagicha o'zgartirib yozish mumkin:

$$B = 4\pi \frac{\mu_0}{R^3} p_m \quad (21.13)$$

B va  $p_m$  vektorlar konturga o'tkazilgan musbat normal  $n$  bo'lab yunalgani uchun quyidagi munosbat urinli bo'ladi:

$$B = 4\pi \frac{\mu_0}{R^3} p_m \quad (21.14)$$

Magnit maydonda joylashgan tokli o'tkazgichga maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuch shu maydonning magnit induksiya  $B$  ga, o'tkazgichning geometrik o'lchamlariga va undai o'tayotgan tok kuchi  $I$  ga bog'liq. Umumiy xolda, ya'ni ixtiyoriy shakldagi tokli o'tkazgich bir jinsli bo'lmagan magnit maydon ( $B$  vektor o'zgarmas bo'lmagan) da joylashgan bo'lsa, o'tkazgichni xayolan kichiq element ( $dl$ ) larga ajratamiz. xar bir element joylashgan soxadagi magnit maydon induksiya o'zgarmas deb xisoblash mumkin. Bu xolda o'tkazgichning  $dl$  elementiga ta'sir etuvchi kuchni

$$dF = I [dl \times B] \quad (21.1)$$

ifoda bilan, uning modulini esa

$$dF = I B dl \sin \alpha \quad (21.2)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Bu ifodalar Amper qonunini xarakterlaydi. (21.1) va (21.2) larda  $B$  – maydonning  $dl$  element joylashgan soxasidagi magnit induksiya,  $\alpha$  –  $dl$  va  $B$  vektorlar orasidagi burchak.

Ta'sir etuvchi kuchning (odatda bu kuchni Amper kuchi deb xam ataladi) yunalishi chap qo'l qoidasi bo'yicha topiladi. Buning uchun chap qo'limizni shunday joylashtirishimiz kerakki, bunda  $B$  vektor kaftimizga kirsin, o'zatilgan to'rtta barmog'imiz tokning yunalishi bilan mos tushsin. U xolda ochilgan bosh barmogimiz Amper kuchining yunalishini ko'rsatadi.

Magnit maydonniig xarakteristikasi bo'lmish  $B$  ni aniqlashda maydonning tekshirilayotgan nuqtasiga kiritilgan tokli sinov konturdan foydalangan edik va maydon tomonidan O'nga ta'sir etuvchi aylanma momentlarning qiymatlari to'g'risida muloxazalar yuritgan edik. Endi Amper qonuniga asoslanib, magnit maydonga turli vaziyatlarda joylashtirilgan tokli konturlarga maydonning ta'siri bilan batafsilrok tanishishimiz mumkin. Tomonlarining o'zunliklari  $a$  va  $b$  bo'lgan to'g'ri turtburchak shaklidagi tokli kontur bilan ish ko'raylik. Kontur  $xOy$  tekislikda yotgan bo'lsin.  $B$  vektor kontur tekisligiga perpendikulyar ravishda yunalgan xususiy xolni ko'raylik. Bu xolda, Amper qonuniga asosan, konturning karama- karshi tomonlariga o'zaro teng, lekin yunalishlari karama-karshi bo'lgan  $|F_1| = |F_3| = |B_a|$  va  $|F_2| = |F_4| = |B_b|$  kuchlar ta'sir etadi. Bu kuchlarning barchasi  $xOy$  tekisligida yotibdi. Shuning uchun ular konturni cho'zishga (kengaytirishga) xarakat qiladi, xolos. Agar magnit maydonning yunalishi teskarisiga o'zgarsa yoki kontur orqali o'tuvchi tok yunalishi teskarisiga o'zgarsa, kontur tomonlariga ta'sir etuvchi kuchlar xam o'z yunalishlarini teskarisiga o'zgartiradi. Demak, bu xolda kuchlarning ta'siri konturni sikishga (toraytirishga) xarakat qilishdan iborat bo'ladi.

Ikkinchi xususiy xolni ko'raylik Magnit maydonning yunalishi  $Oy$  ga parallel bo'lsin. Bu xolda konturning  $a$  uzunlikdagi tomonlariga maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuch, (21.2) ga asosan, nolga teng, chunki bu tomonlar va  $B$  orasidagi burchak sinusi nolga tengdir. Konturning  $b$  o'zunlikdagi tomonlariga esa  $|F| = |F'| = |B_b|$  kuchlar ta'sir etadi. Bu kuchlar kontur tekisligiga perpendikulyar; ulardan biri  $Oz$  bilan bir xil yunalgan, ikkinchisi  $O'nga$  teskari yunalgan. Bu kuchlar – bir-biridan  $a$  masofa uzoqlikda yotuvchi nuqtalarga kuyilgan juft kuchlardir. Mazkur juft kuch momentining moduli

$$M = F \cdot a = |B_b| a \quad (21.3)$$

bo'ladi. Lekin  $|p_m| = IS = Iba$  ekanligini xisobga olib, (3) ni quyidagicha yoza olamiz:

$$M = pmB. \quad (21.4)$$

Bu moment tokli konturni Ox uki atrofida burishga xarakat qiladi.

Yuqorida ikki chegaraviy xususiy xollarni ko'rib utdik. Endi, umumiy xolda B vektor Oz va Oy uklariga parallel xam emas, perpendikulyar xam emas. Magnit induksiya chiziqlari va konturga o'tkazilgan musbat normal (biz tasvirlayotgan rasmlarda Oz ukda parallel) orasidagi burchakni  $\alpha$  deb belgilaylik. B ni O va Oy uklar buylab yunalgan tashqil etuvchilarga ajrataylik. Bz tashqil etuvchining tokli konturga ta'siri uni kengaytirish yoki toraytirishga xarakat qilishidan iborat bo'ladi. B vektorning By tashqil etuvchisi tokli konturga moduli

$$M = pmBy = pmB \sin \alpha \quad (21.5)$$

bo'lgan aylantiruvchi moment bilan ta'sir etadi. M, pm, B vektorlarning yunalishlarini xisobga olib (21.5) ifodani vektor ko'rinishda yozamiz.

$$M = [pm \cdot B]. \quad (21.6)$$

pm va B vektorlar parallel bo'lganda aylantiruvchi momentning qiymati nolga teng bo'ladi. Agar pm va B o'zaro perpendikulyar bo'lsa, aylantiruvchi moment maksimal qiymatga erishadi. (21.6) ifoda ixtiyoriy shakldagi tokli konturlar uchun xam urinli.

Parallel toklarning o'zaro ta'siri. Tok kuchining o'lchov birligi

Ikkita o'zaro parallel toklar bir-biri bilan ta'sirlashadi. Bu ta'sirlashuvning sababini quyidagicha talkin qilish mumkin: xar bir tok o'z atrofidagi fazoda magnit maydon vujudga keltiradi. SHuning uchun toklardan birining maydonida joylashgan ikkiichi tokka Amper kuchi ta'sir etadi. xakikatan, I1 tok tufayli vujudga kelgan maydonning tokdan ro masofa uzoqlikda joylashgai nuqtalardagi magnit induksiya (12.3a–rasm) ning qiymati

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_0} \quad (21.7)$$

ifoda bilan aniqlanadi. I2 tokning barcha dl elementlariga induksiya B1 bo'lgan birinchi tokning magnit maydoni ta'sir etadi. SHuning uchun bunday maydonda joylashgan I2 tokning o'zunligi l bo'lgan qismiga ta'sir etuvchi kuchning qiymati, (21.2) ga asosan, quyidagicha yozilishi mumkin (B1 va I2 tokning yunalishi orasidagi burchak  $\alpha = \pi/2$  ekanligini xisobga olaylik):

$$F_{21} = B_1 I_2 l \sin \alpha = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r_0} \quad (21.8)$$

xuddi shunday miqdordagi kuch bilan I2 tok tufayli vujudga kelgan magnit maydon (mazkur maydon induksiya xam I1 tokning o'zunligi l bo'lgan qismiga ta'sir etadi (12.3b–rasm):

$$F_{12} = B_2 I_1 l \sin \alpha = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r_0} \quad (21.9)$$

Demak, ikki parallel cheksiz o'zun to'g'ri toklar orasidagi o'zaro ta'sir kuchining o'tkazgichning l o'zunligiga to'g'ri keluvchi qiymati o'tkazgichlar orqali o'tuvchi tok kuchlarining Ko'paytmasiga to'g'ri proporsional va toklar orasidagi masofaga teskari proporsional bo'ladi:

$$F = F_{21} = F_{12} = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r_0} \quad (21.10)$$

Bu ifodaga asoslanib SI dagi asosiy birliklardan biri – tok kuchining birligi qabul kilingan: 1 amper (A) – vakuumda bir-biridan 1 m masofa uzoqlikda joylashgan, cheksiz uzun va uta kichiq ko'ndalang kesimga ega ikki parallel o'tkazgichdan o'tganida o'tkazgichning xar 1 m uzunligida  $2 \cdot 10^{-7}$  N ga teng o'zaro ta'sir kuch xosil qiladigan o'zgaras tok kuchidir.

#### Lorentts kuchi

Yuqorida magnit maydondagi tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuch (Amper kuchi) bilan tanishdik. Bu kuchning vujudga kelishini Lorentts quyidagicha tushuntirdi: o'tkazgichda tok tashishda katnashib tartibli xarakat kilayotgan zaryadlarga magnit maydon ta'sir etadi. Lekin bu zaryadlar o'tkazgich sirti bilan chegaralangan xajm ichida xarakat kilayotganliklari uchun ularga magnit maydon tomonidan ta'sir kilayotgan kuchlarning yig'indisi tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuch sifatida namoyon bo'ladi. SHuning uchun Amper qonunini ifodalovchi (21.1) dan foydalanib magnit maydonda xarakatlanuvchi zaryadga ta'sir etuvchi kuchni topish mumkin. Buning uchun o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchining qiymati

$$I=j \cdot S=qnuS \quad (21.11)$$

ekanligidan foydalanib, tok kuchi  $I$  ning o'tkazgich elementi  $dl$  ga Ko'paytmasini quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$Idl=qnuSdl=qnu dV \quad (21.12)$$

(21.11) va (21.12) larda  $j$  – tok zichligi,  $S$  – o'tkazgichning kundalang kesimi,  $n$  – o'tkazgichning birlik xajmidagi zaryad tashuvchilarning soni,  $u$  – zaryad tashuvchining tartibli xarakat tezligi,  $q$  – uning zaryadi,  $dV=Sdl$  o'tkazgich elementining xajmi. Agar  $n \cdot dV$  ni, ya'ni o'tkazgichning  $dV$  xajmidagi zaryad tashuvchilarning sonini  $dn$  deb belgilasak, (21.12) quyidagi ko'rinishga keladi:

$$Idl=qudn. \quad (21.13)$$

Bu ifodani (21.1) ga kuysak:

$$dF=[uB]qdn. \quad (21.14)$$

Mazkur ifoda  $dn$  dona xarakatlanuvchi zaryad tashuvchiga magnit maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuchni xarakterlaydi. SHuning uchun bir dona zaryad tashuvchiga ta'sir etuvchi kuch (bu kuchni, odatda, Lorentts kuchi deb ataladi:

$$F_l=dF/dn=q[uB]. \quad (21.15)$$

Lorentts kuchining yunalishi xam chap qo'l qoidasi asosida topiladi. Lekin bu yunalish musbat zaryadli ( $q>0$ ) zarralarga magnit maydonga ta'sir etuvchi kuchning yunalishi bo'ladi. Manfiy zaryadli ( $q<0$ ) zarraga ta'sir etuvchi kuchning yunalishi esa karama-karshi bo'ladi (21.4–rasm). Lorentts kuchi zarraning xarakat yunalishiga perpendikulyardir. SHuning uchun Lorentts kuchi ta'sirida zaryadli zarra normal tezlanish oladi. Boshqacha qilib aytganda, Lorentts kuchi ta'sirida zarra tezligining absolyut qiymati o'zgarmaydi, faqat uning yunalishi o'zgaradi, xolos. Demak, Lorentts kuchi ish bajarmaydi. Boshqacha aytganda, xarakatlanayotgan zaryadli zarraning kinetik energiyasini doimiy magnit maydon ta'sirida o'zgartirib bo'lmaydi.

Zaryadli zarralarning magnit maydondagi xarakati

Bir jinsli magnit maydonga  $u$  tezlik bilan kirgan zaryadli zarraning xarakati qanday bo'ladi? Mazkur savolga javob berish uchun, (21.15) munosabatga asoslanib, quyidagi xollarni muxokama etaylik.

1. Zaryadli zarraning xarakati magnit maydon induktsiyasi chiziqlari buylab sodir bo'layotgan xolda  $u$  va  $B$  vektorlar orasidagi burchak  $0$  yoki  $\pi$  ga teng. Zero, (21.15) formulaga asosan,  $F_l=0$ . Demak, mazkur xolda magnit maydon zaryadli zarraga ta'sir etmaydi, zarra magnit maydonga to'g'ri chiziqli tekis xarakatini davom ettiraveradi.

2. Zaryadli zarra  $B$  CHiziqlariga perpendikulyar ravishda magnit maydonga kirgan xolda  $u$  va  $B$  orasidagi burchak  $\pi/2$  yoki  $3\pi/2$  ga teng. Shuning uchun zarraga ta'sir etadigan Lorentts kuchining yunalishi doimo tezlikka perpendikulyar, moduli ( $F_l=quB$ ) o'zgarmaydi. Bunday kuch ta'sirida zarra aylana buylab xarakatlanadi. Aylana radiusi  $R$  ni

$$quB=\frac{mu^2}{R} \quad (21.16)$$

tenglikni echib topish mumkin:

$$R=\frac{mu}{qB}, \quad (21.17)$$

bundagi  $m$  – zarraning massasi,  $q$  – zarraning zaryadi.

Zarraning bir marta to'liq aylanishi uchun ketgan vakt

$$T=\frac{2\pi R}{u}=\frac{2\pi}{(q/m)B}, \quad (21.18)$$

zarraning aylanish davri deb ataladi,  $u$  zarraning solishtirma zaryadi ( $q/m$ ) va maydonning magnit induktsiyasiga bog'lik, zaryadning tezligiga esa mutlak bog'lik emas.

3. Zarra tezligi magnit maydon yunalishi bilan ixtiyoriy  $\alpha$  burchak. tashqil etsin. Bu xolda tezlik vektori  $u$  ni ikki tashqil etuvchiga –  $B$  buylab yunalgan  $u_{||}$  va  $B$  ga perpendikulyar ravishda yunalgan  $u_{\perp}$  ga ajratish mumkin. Zero, zaryadli zarra  $u_{||}$  tufayli magnit induktsiya chiziqlari buylab to'g'ri chiziqli tekis xarakatda,  $u_{\perp}$  tufayli esa maydonga perpendikulyar tekislikda aylana buylab tekis xarakatda katnashadi. Bu ikki xarakatning superpozitsiyasi (qo'shilishi) zarra xarakatini tasvirlaydi: uki magnit maydonga parallel bo'lgan vintsimon spiral chiziq bo'yicha zarra xarakatlanadi.

Harakatlanayotgan zarralarga magnit maydon ko'rsatadigan ta'sirdan tsiklik tezlatkichlar (tsiklotron, sinxrotron, sinxrofazotron), magnitogidrodinamik generatorlarda foydalaniladi. Siklotronning tuzilishi va

ishlash printsipli bilan tanishaylik. Siklotronning asosiy qismi – kuchli elektromagnitdir (6–rasm). Bu elektromagnitning qutblari orasida yassi tsilindrik vakuum kamera joylashgan. Kamera duant deb ataladigan D– simon ikki bo‘lak D1 va D2 dan iborat. Duantlar elektrodlar vazifasini xam utaydi. Ular o‘zgaruvchan kuchlanishli yuqori chastotaviy g-neratorning qutblariga ulangan. Shuning uchun duantlar navbatma-navbat gox musbat, gox manfiy zaryadlanib turadi. Elektr maydon faqat duantlar oralig‘idagi tirkishdagina mavjud bo‘ladi. Tezlatilishi lozim bo‘lgan zaryadli zarralar kameraga maxsus qurilma (rasmda S deb belgilangan) orqali kiritiladi.

Kameraga kiritilgan musbat zaryadli zarralardan birining xarakatini ko‘z ataylik. Zarra darhol manfiy zaryadlangan duant tomon tortiladi. Duant ichida zarraning xarakati yunalishiga perpendikulyar bo‘lgan magnit maydon zarrani aylanaviy orbita buylab xarakatlanishga majbur qiladi (chunki bu erda zarraga Lorents kuchi ta‘sir qiladi). Zarra yarim aylanani bosib utgach, yana duantlar oralig‘idagi tirkishga etib keladi. Lekin utgan vakt ichida elektr maydon yunalishini o‘zgartirgan bo‘ladi. Shuning uchun zarra ikkinchi duant tomon tortilib tezlashadi. Ikkinchi duant ichida yarim aylanani bosib utadi va yana tirkishga etib keladi. Bu erda uchinchi marta tezlashadi va xokazo. xar safardan so‘ng zarraning tezligi va orbitasining radiusi ortib boradi.

Zarraning traektorisi spiralsimon shaklda yoyilib boradi va nixoyat zarra kamera devoriga yaqinlashadi Bu erda maxsus qurilma orqali zarralar tashqariga chiqariladi.

Xoll effekti

1880 yilda E.Xoll tomonidan aniqlangan bu effektning mohiyati quyidagidan iborat: metall yoki yarim o‘tkazgichdan yasalgan plastinkani magnit maydonga shunday joylashtiraylikki bunda magnit maydonning yuialishi Oz ukiga, plastinkadan o‘tayotgan tokning yunalishi esa Oy ukiga mos bo‘lsin. U xolda tok xosil kilayotgan zaryadlarga Lorents kuchi ta‘sir qilib, ularni Ox yunalishida ogdiradi. Agar tok tashuvchilar manfiy zaryadli zarralar bo‘lsa, ular j ga teskari yunalishda xarakat qilganliklari uchun plastinkaning o‘ng kirasida tomoniga karab ogadi. Natijada o‘ng qirrada ortiqcha manfiy zaryad xoll doimiysi deb ataladi. xoll doimiysi plastinka materialiga bog‘lik. U ba‘zi moddalar uchun musbat, ba‘zilari uchun esa manfiy qiymatga ega bo‘ladi

Bu esa o‘z navbatida plastinkaning chap kirasida manfiy zaryad etishmasligiga, ya‘ni unda musbat zaryadning vujudga kelishiga sababchi bo‘ladi. Agar tok tashuvchilar musbat zaryadli zarralar bo‘lsa, ular elektr tok tashishda katnashib j yunalishi buylab xarakat qilishlari kerak. Bu xarakat magnit maydonda sodir bo‘layotganligi uchun Lorents kuchi ta‘sirida zarralar plastinkaning o‘ng kirasida tomon ogadi. Natijada plastinkaning o‘ng kirasida musbat, chap kirasida esa manfiy zaryadlanib koladi. Shu tarika plastinkaning o‘ng va chap kiralari orasida elektr maydon (bu maydon kuchlanganligi Ex bo‘lsin) vujudga keladi. Bu elektr maydonda zaryadga ta‘sir etuvchi kuch (qEx). Lorents kuchiga teskari yunalgan. Shuning uchun bu kuchlar miqdoran tenglashganda muvozanat vaziyati vujudga kelib, zaryadlar ogmasdan tok tashish vazifasini bajaraveradi. Muvozanat vaziyatida plastinaning o‘ng va chap kiralari orasida vujudga kelgan potentsiallar farti ( $\Delta\phi_x$ ) ni xoll potentsiallar farqi deb atash odat tusiga kirgan.

Xoll potentsiallar farqini topish uchun induktsiyasi B bo‘lgan magnit maydonda u tezlik bilan xarakat kilayotgan q zaryadga ta‘sir etuvchi Loreits kuchi va q zaryadga kuchlanganligi Ex bo‘lgan xoll elektr maydoni tomonidan ta‘sir etuvchi kuchlar modullarini tenglashtiramiz, ya‘ni

$$quB=qEx.$$

Bundan

$$Ex=uB$$

ekanligini topamiz.

Potentsiallar farqi vujudga kelgan plastina kiralari orasidagi masofani d deb belgilasak,

$$\Delta\phi_x=Exd=uBd \quad (21.19)$$

bo‘ladi. Bundagi u o‘rniga tok zichligi ifodasi ( $i=qnu$ ) dan topiladigan

$$u = \frac{j}{qn}$$

qiymatni kuyib

$$\Delta\phi_x = \frac{1}{qn} jBd \quad (21.20)$$

munosabatni xosil kilamiz. Bu ifodadagi

$$R = \frac{1}{qn} \quad (21.21)$$

Magnit maydon induksiya vektorining tsirkulyatsiyasi haqidagi teorema

Elektrostatik maydon kuchlanganligi vektorining sirkulyatsiyasi kabi magnit maydon induksiyasi vektorining sirkulyatsiyasini kiritamiz. Quyidagi integral  $\oint \vec{B} d\vec{l}$  vektorining yopiq kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi deyiladi

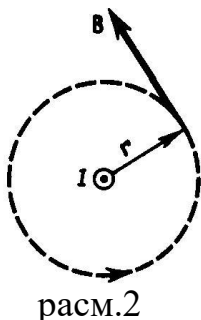
$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \oint_L B_i dl$$

Bu erda  $dl$  – vektor kontur yo'nalishi bo'yicha ajratilgan elementar uzunlik,  $B_l = B \cos \alpha$  — vektor  $V$  ning kontur yo'nalishi bo'yicha proeksiyasi,  $\alpha$  –  $V$  i  $dl$  vektorlar orasidagi burchak

Magnit maydon induksiyasi vektorining sirkulyatsiyasi haqidagi teorema (to'la tok qonuni) qo'yidagicha ta'riflanadi: Bir necha tokni o'rab olgan ixtiyoriy berk kontur uchun magnit maydon induksiyasi vektorining sirkulyatsiyasi, konturdagi toklarning algebraik yig'indisini magnit doimiyga ko'paytmasiga teng

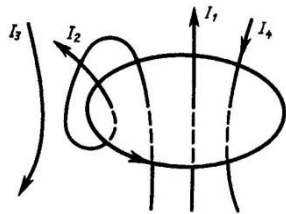
$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \oint_L B_i dl = \mu_0 \sum_{k=1}^n I_k, \text{ (vakuum uchun) } \quad (21.1)$$

bu erda  $n$  –  $L$  kontur ichida joylashgan tokli o'tkazgichlar soni. Tokli o'tkazgich konturni necha marta kesib o'tsa xar biri xisobga olinadi. Tok musbat ishora bilan qabul qilinadi, agarda tokning yo'nalishi konturning aylanish yo'nalishi bilan o'ng vint qoidasi bo'yicha bog'langan bo'lsa, aks xolda manfiy ishora bilan qabul qilinadi. Masalan 1-rasmda tasvirlangan



$$\sum_{k=1}^N I_k = I_1 + 2I_2 - 0 - I_3 - I_4. \quad (21.2)$$

Magnit maydon induksiyasi vektorining sirkulyatsiyasi haqidagi teoremani to'g'riligini to'g'ri chiziq shaklidagi tokning magnit induksiyasini aniqlashda tekshirib ko'ramiz. Tokli o'tkazgichni  $r$  radiusli aylana shaklidagi kontur bilan o'rab olamiz. Konturning xar bir nuqtasida  $V$  ning moduli bir xil bo'lib, yo'nalishi urinma bo'ylab yo'nalgan bo'ladi.



$$B_l = B \cos \alpha = B$$

Natijada  $V$  vektorining sirkulyatsiyasi

$$\oint_L B_i dl = \oint_L B dl = B \oint_L dl = B \cdot 2\pi r. \quad (21.3)$$

$$(1) \text{ ga asosan } V \cdot 2\pi r = \mu_0 I \text{ (vakuumda),}$$

$$B = \mu_0 I / (2\pi r).$$

Natijada to'g'ri chiziq shaklidagi tokning magnit induksiyasini aniqlaymiz.

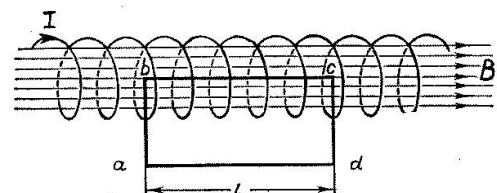
$$\oint_L E_i dl = 0$$

ekanligi elektrostatik maydonni potensial maydonligini ko'rsatsa,

$B$  vektorining sirkulyatsiyasi noldan farqli bo'lgani sababli magnit maydon uyurmaviy

Solenoid va toroidning magnit maydoni

Solenoid – markazlari umumiy ukda yotuvchi bir-biri bilan ketma-ket ulangan aylanma toklar yig'indisidir (3-rasm). Shu solenoid ichidagi magnit maydonning induksiyasi  $B$  ni xisoblash kerak.  $B$  ning yunalishi O'ng vint qoidasi asosida topiladi, tekshirilayotgan xolda solenoid ichidagi soxada  $B$  chiziqlari chapdan O'ng tomon yunalgan o'zaro parallel to'g'ri chiziqlar bo'ladi.  $B$  ning k.iymatini magnit induksiya vektorining berk kontur bo'yicha tsirkulyatsiyasini ifodalovchi



$$\oint B_i dl = \mu_0 \Sigma I$$

munosabatdan foydalanib topamiz. Buning uchun cheksiz o'zun solenoidning  $n$  dona uramni o'z ichiga olgan  $l$  o'zunligini xayolan ajratib, unda  $abcd$  berk konturni 3-rasmda tasvirlanganidek o'tkazaylik. Mazkur berk kontur bo'yicha  $B$  vektorining tsirkulyatsiyasi uchun quyidagi munosabat urinli:



$$\oint_{abcd} B_l dl = \int_a^b B_l dl + \int_b^c B_l dl + \int_c^d B_l dl + \int_d^a B_l dl = \mu_0 n I, \quad (21.2)$$

bundagi I – solenoiddan o'tayotgan tok kuchi, zero abcd kontur kamrab olgan toklarning algebraik yig'indisi nI ga teng. Berk konturning ab va cd qismlari B chiziqlariga perpendikulyar bo'lganligi uchun mazkur qismlarda Bl=0. Konturning cd qismi joylashgan soxada esa B=0 bo'lganligi uchun Bl xam nolga teng. SHuning uchun (21.2) dagi turtta integraldan faqat bittasi noldan farqli. Natijada (21.8) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\int_a^b B dl = \mu_0 n I, \quad (21.3)$$

Konturning bc qismi B ga parallel bo'lganligi tufayli bu soxada Bl=[B]l bo'ladi. Zero (21.3) dagi integral

$$\int_a^b B_l dl = \int_a^b B dl = B \int_a^b dl = Bl, \quad (21.4)$$

bo'ladi. (21.1) va (21.4) larni takkoslasak,

$$Bl = \mu_0 n I,$$

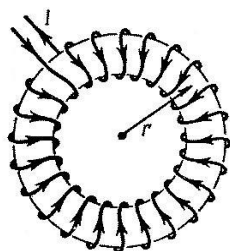
yoki

$$B = \mu_0 \frac{n}{l} I = \mu_0 n_0 I, \quad (21.5)$$

bundagi  $n_0 = n/l$  – solenoidning birlik o'zunligidagi uramlar soni, n0I Ko'paytma esa birlik o'zunlikdagi amper–uramlar soni deb ataladi.

Demak, cheksiz o'zun solenoidning ichidagi barcha nuqtalarda B ning yunalishi xam, qiymati xam birday saklanadi. Bunday maydonni bir jinsli magnit maydon deb ataladi.

Solenoidni egib shunday xalka shakliga keltiraylikki, barcha uramlar markazlari xalka markazidan bir xil r masofada joylashsin (4–rasm). Natijada toroid deb ataladigan xalkasimon galtak vujudga keladi. Magnit maydon faqat toroid ichida mujassamlashgan, B ni (21.5) formula yordamida xisoblash mumkin:



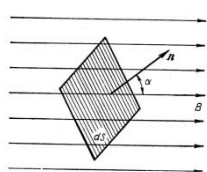
4–rasm

$$B = \mu_0 \frac{n}{l} I = \mu_0 n_0 I.$$

Magnit maydon oqimi. Gauss teoremasi

B vektorining dS sirt orqali oqimi yoki magnit oqim deganda

$$d\Phi_B = B_n dS \quad (21.6)$$



5–rasm

kattalik tushuniladi. Bu ifodadagi  $B_n = B \cos \alpha$ , u B vektorining dS sirtga o'tkazilgan musbat normal n yunalishiga proeksiyasini ifodalaydi.  $\alpha$  – sirtga o'tkazilgan musbat normal va B vektor orasidagi burchak (5–rasm). B ning sirt orqali oqimi musbat ( $\cos \alpha > 0$  bo'lganda) va manfiy ( $\cos \alpha < 0$  bo'lganda) qiymatlarga ega bo'la oladi.

Magnit induksiya vektorining ixtiyoriy S sirt orqali oqimi esa

$$\Phi_B = \int_S B_n dS$$

ifoda yordamida aniqlanadi.

Bir jinsli magnit maydonda yassi sirt B vektorga perpendikulyar tarzda joylashgan bo'lsa (ya'ni  $B_n = B = \text{const}$  bo'lgan xolda), (21.6) quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\Phi_B = B \cdot S. \quad (21.7)$$

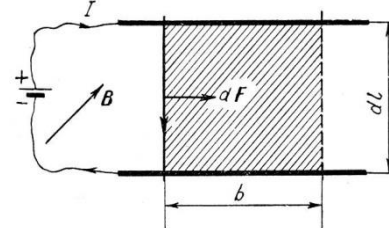
Mazkur munosabatdan foydalanib magnit oqimning xBS dagi birligi – veber (Vb) ni aniqlash mumkin: 1 Vb – magnit induksiya 1 T bo'lgan bir jinsli magnit maydonda maydon yunalishiga perpendikulyar ravishda joylashgan 1 m<sup>2</sup> yuzli yassi sirtni teshib utadigan magnit oqimdir.

B uchun Gauss teoremasi quyidagicha ta'riflanadi: Magnit maydon induksiya vektorining ixtiyoriy shakldagi berk sirt orqali oqimi nolga teng:

$$\oint B_n dS = 0 \quad (21.8)$$

Mazkur teorema magnet induksiya chiziqlarining berk ekanligini, ya'ni berk sirt ichiga kirayotgan B chiziqlarining soni sirdan chiqayotgan B chiziqlarining soniga aynan tengligini ifodalaydi.

Tokli o'tkazgichni va tokli konturni magnet maydonda ko'chirishda bajarilgan ish dl o'zunlikdagi tokli o'tkazgich bir jinsli magnet maydonda erkin kucha olish imkoniga ega bo'lsin. Bunday tajribani amalga oshirish uchun ikki metall sterjenni (6-rasm) tok manbaiga ulaylik. Sterjenlar ustiga kundalang qilib joylashtirilgan dl o'zunlikdagi o'tkazgichdan konturning ko'zgaluvchi qismi sifatida foydalanish mumkin. Bu tokli o'tkazgichga chizma tekisligiga perpendikulyar ravishda yunalgan magnet maydon tomonidan ta'sir etuvchi Amper kuchining qiymati  $dF=IBdl$



6-rasm

bo'ladi. Bu kuchning yunalishi dl elementning kuchish yunalishi bilan mos tushganligi uchun bajarilgan ish

$$dA=dF \cdot b=IBdl \cdot b$$

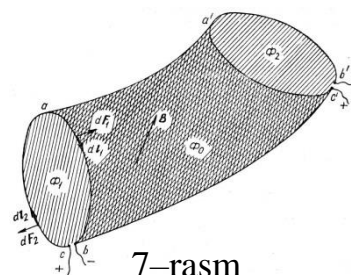
6-rasmdan ko'rinishicha, dl elementning b masofaga kuchishi tufayli konturning yuzi  $dS=dl \cdot b$  ga ortadi. SHuning uchun yuqoridagini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$dA=IBdS=IbdF. \quad (21.9)$$

Bu ifodadagi dF – kontur yuzining dS o'zgarishi tufayli kontur yuzini teshib o'tayotgan magnet oqimning o'zgarishidir. Boshqacha aytganda, konturning ko'zgaluvchi dl elementi kuchish davomida kesib utgan magnet oqimdir.

Endi (21.9) dan foydalanib tokli konturni butunlayicha ko'chirishda bajariladigan ishni xisoblaylik.

7-rasmda tasvirlangan tokli berk kontur (abca) chizma tekisligida kuchayotgan bo'lsin. Magnet maydon induksiyasi chiziqlari chizma tekisligiga perpendikulyar ravishda yunalgan. abca berk konturni xayolan ab va ca o'tkazgichlarga ajrataylik. Zero tokli berk konturni magnet maydonda ko'chirishda bajarilgan ish (dA) mazkur kontur tarkibiy qismlari – ab va ca tokli o'tkazgichlarni ko'chirishda bajarilgan dA1 va dA2 larning yig'indisi tarzida aniqlanishi mumkin:



7-rasm

$$dA=dA1+dA2.$$

Konturning ab qismidagi tok elementlariga ta'sir etuvchi kuchlar (7-rasmda dl1 ga magnet maydon tomonidan ta'sir etuvchi dF1 kuchga k.) va db ning ko'chirilish yunalishlari orasidagi burchak o'tkir bo'lganligi uchun dA1 ish musbat, uning qiymati, (21.9) ga asosan, konturdan o'tayotgan tok kuchi bilan ko'chirilish jarayonida ab o'tkazgich kesib utadigan magnet oqim (bu oqim aa'c'ba yuz orqali o'tuvchi dFo va a'b's'a' yuz orqali o'tuvchi dF1 magnet oqimlarning yig'indisidir) Ko'paytmasiga teng.

$$dA1=I(dFo+dF1) \quad (21.10)$$

Konturning ca qismidagi tok elementlariga ta'sir etuvchi kuchlar (7-rasmdagi dl2 ga magnet maydon tomonidan ta'sir etuvchi dF2 kuchga k.) va ca ning ko'chirilish yunalishlari orasidagi burchak o'tmas bo'lganligi uchun dA2 ish manfiy, uning qiymati esa I tok bilan ko'chirilish davomida ca o'tkazgich kesib utadigan magnet oqim (bu oqim abca yuz orqali o'tuvchi dF1 va aa'c'ba yuz orqali o'tuvchi dFo magnet oqimlarining yig'indisidir) Ko'paytmasiga teng:

$$dA2=-I(dFo+dF1) \quad (21.11)$$

(10) va (9) lar asosida (11) ni quyidagicha yoza olamiz:

$$dA=I(dF2-dF1). \quad (21.12)$$

Demak, magnet maydonda tokli berk konturni ko'chirishda bajarilgan ish shu konturdan o'tayotgan tok kuchi (I) bilan kontur yuzi orqali o'tuvchi magnet oqim o'zgaruvi (dF2-dF1) ning Ko'paytmasiga teng. (21.12) munosabat ixtiyoriy shakldagi tokli berk konturning xar qanday magnet maydondagi turli ko'chishlari xam o'rinli.

#### NAZORAT SAVOLLARI

- Toklarning o'zaro ta'siri. Magnet maydon. Konturning magnet momenti.
- Magnet maydon. Magnet maydon induksiyasi va uning o'lehov birligi.
- Bio-Savar-Laplas qonuni. To'g'ri tokning magnet maydoni.
- Bio-Savar-Laplas qonuni. Aylanma tokning markazidagi magnet maydoni
- Amper kuchi. Amper kuchining yo'nalishi.
- Lorents kuchi. Lorents kuchining yo'nalishi.

**23–MA’RUZA**  
**ELEKTROMAGNIT INDUKTSIYA HODISASI.**  
**REJA:**

1. Faradey tajribalari.
2. Magnit induksiya oqimi
3. Elektromagnit induksiya qonuni. Lents qoidasi.
4. Fuko toklari
5. O'zinduksiya. Induktivlik. O'zarinduksiya
6. transformatorlar. Magnit maydon energiyasi va energiya zichligi

**TAYANCH SO'Z VA IBORALAR:**

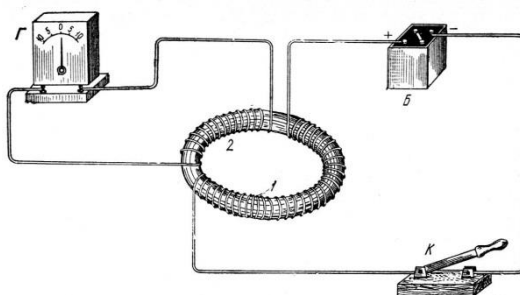
Magnit oqimi, o'zinduksiya, o'zarinduksiya, magnit maydon energiyasi, energiya zichligi, elektromagnit induksiya.

**Faradey tajribalari. Elektromagnit induksiya qonuni. Lents qoidasi.**

Ersted elektr tok magnit maydonni vujudga keltirishini aniqlagandan so'ng, ko'pchilik olimlar «teskari» effektini kidira boshlashdi, ya'ni magnit maydon elektr tokni vujudga keltirmasmikan, degan savolga javob kidira boshlashdi.

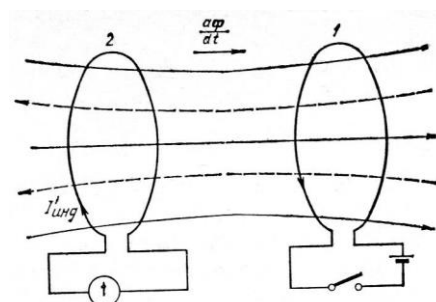
Bu savolga un yil davom etgan izlanishlardan so'ng Faradey javob topdi. Faradey tajribasida qo'llanilgan qurilmaning sxemasi 23.1– rasmda tasvirlangan.

Bir-biridan izolyatsiyalangan ikki uram sim olingan. Birinchi uramni kalit (*K*) orqali o'zgarimas tok manbai (*B*) ga ulanadi. Ikkinchi uramning uchlari esa galvanometr (*G*) ga ulangan. Birinchi uramdan o'tayotgan tok kuchi o'zgarimaganda ikkinchi uramda xech qanday tok vujudga kelmagan. Lekin birinchi uramni tok manbaiga ulash va o'zish vaktida ikkinchi uramda kiska muddatli elektr tok qayd kilingan. Faradey bu tokni *induksion tok* deb atadi.



23.1–rasm

*Elektromagnit induksiya* deb atalgan hodisa birinchi marta shu usulda ko'zatilgan edi. Keyinchalik, Faradey elektromagnit induksiya hodisasini turli variantlardagi tajribalarda xam amalga oshirdi. Masalan, birinchi uramdan o'tayotgan tok kuchini reostat yordamida o'zgartirish, uramlarni bir-biriga nisbatan xarakat kildirish, uramlarni bir-biriga nisbatan burish orqali xam elektromagnit induksiya hodisasini ko'zatish mumkin bo'ldi. Bundan tashqari Faradey birinchi uram o'rniga o'zun sterjen shaklidagi doimiy magnitdan xam foydalandi. Doimiy magnitni galtak (uram) ichida xarakatlantirganda uram uchlari



23.2–rasm

uclari ulangan galvanometr induksion tok vujudga kelganligini qayd kilgan. Faradey o'z tajribalarini taxlil qilib quyidagi xulosaga keldi. *Berkontur bilan chegaralangan yuzni kesib o'tuvchi magnit oqimning o'zgarishi* (bu o'zgarish qanday usul bilan amalga oshirilishidan kat'iy nazar) *natijasida konturda induksion tok vujudga keladi.*

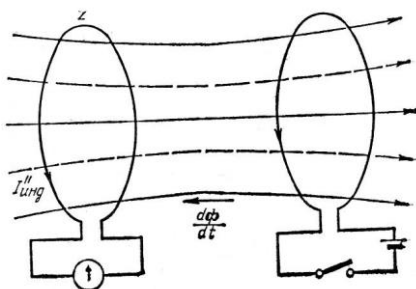
Tokning qiymati magnit oqimning o'zgarish tezligi  $\frac{d\Phi}{dt}$  ga bog'lik.

Induksion tok yunalishining bu tokni vujudga keltiruvchi sababga, ya'ni magnit oqimning o'zgarishiga bog'likligini Lents tekshirdi va quyidagi qoidani aniqladi: *induksion tok shunday yunalgan bo'ladiki, uning xususiy magnit oqimi bu tokni vujudga keltirayotgan (induksiyalovchi) magnit oqimning o'zgarishiga to'sqinlik qiladi.* Bu qonun *Lents qoidasi* deb ataladi. Faradeyning tajribasidagi induksion tok yunalishini bu qoida asosida taxlil kilaylik. Birinchi uramni, manbaga ulash jarayonida tok kuchining qiymati noldan *I* gacha ortib boradi (23.2– rasmda karang). SHuning uchun ulanish vaktida magnit oqimning o'zgarishi 0 dan *F* gacha ortib borishdan iborat. Bu xolda magnit oqimning orttirmasi *dΦ* musbat qiymatga ega bo'lganligi uchun, odatda *dF/dt* ning yunalishini *F* ning yunalishi (rasmdagi o'zluksiz

CHiziqlar) bilan bir xil deb karaladi. Ikkinchi uramda vujudga kelayotgan induksion tok ( $I'_{ind}$ ) ning yunalishi shunday bo'lar ekanki, bu tok tufayli vujudga kelayotgan magnit oqim ( $F'_{ind}$ ) ning yunalishi (rasmdagi punktir CHiziqlar) birinchi uramdagi tok vujudga keltirayotgan magnit oqimga karshi yunalgan bo'ladi.

Endi, birinchi uramni manbadan o'zish jarayonini ko'raylik (23.3–rasmgga karang). Bunda tok kuchi  $I$  dan 0 gacha kamayadi. SHuning uchun o'zilish vaktida magnit oqim  $F$  dan 0 gacha kamayadi. Bu xolda magnit oqimning orttirmasi manfiy bo'lgani uchun,  $dF/dt$  va  $F$  yunalishlari teskaridir. Ikkinchi uramda vujudga kelayotgan induksion tok ( $I''_{ind}$ ) ning yunalishi shunday bo'ladiki, bu tok vujudga keltirayotgan magnit oqim ( $F$ ) birinchi uramdagi tok tufayli vujudga kelgan magnit oqimning kamayishini tuldirishga xarakat qiladi, ya'ni  $F''_{ind}$  va  $F$  bir tomonga yunalgan bo'ladi.

Demak, ikkala xolda xam induksion tok tufayli vujudga kelgan xususiy magnit oqimlar ( $F'_{ind}$  va  $F''_{ind}$ ) induksion tokning vujudga kelishiga sababchi bo'layotgan  $dF/dt$  larga karshi yunalgan. SHuning uchun Lents qoidasini mazmunan yuqoridagi ta'rifga zid bo'lmagan, lekin quyidagi qo'layrok shaklda ta'riflash xam mumkin: *Berk konturda xosil bo'lgan induksion tok shunday yunalganki, induksiyalovchi magnit oqim ko'payayotganda induksion tokning xususiy magnit oqimi uni kamaytirishga va aksincha, kamayayotganda uni ko'paytirishga intiladi.*



23.3–rasm

### O'zinduksiya hodisasi. Induktivlik. Solenoidning induktivligi.

Konturdan okayotgan tok kuchi o'zgarsa, bu tok vujudga keltirayotgan magnit oqim o'zgaradi. Bu o'zgaruvchan magnit oqim xuddi shu kontur yuzini teshib utyapti. Elektromagnit induksiya xodisasining asosiy qonuniga asosan, kontur yuzi orqali o'tayotgan magnit oqim o'zgargan barcha xollarda induksiya elektr yurituvchi kuchi vujudga kelishi lozim. SHuning uchun konturdan okayotgan tok kuchining o'zgarishi natijasida xuddi shu konturning o'zida elektromagnit induksiyasi ruy beradi. Bu xodisani *o'zinduksiya xodisasi* deyiladi.

Masalan, konturni (galtakni) o'zgaras tok manbaiga ulash yoki o'zish vaktida shu konturning o'zida o'zinduksiya xodisasi kuzatiladi. O'zgaruvchan tok manbaiga ulangan konturda xam o'zinduksiya sodir bo'ladi.

Konturdan o'tayotgan tok tufayli vujudga kelayotgan magnit oqim tok kuchiga proporsional, ya'ni:

$$F=LI, \quad (23.1)$$

bu erda  $L$  – konturning induktivligi, u konturning shakli va o'lchamlari, xamda muxitning magnit singdiruvchanligiga bog'lik, kattalik. Kontur joylashgan muxitning magnit singdiruvchanligi o'zgarmasa, ayni konturning induktivligi xam o'zgarmas kattalik bo'ladi. XBS da induktivlikning birligi *genri* (Gn) deb ataladi:

O'zinduksiya elektr yurituvchi kuchining qiymatini topish uchun, Faradey–Maksvell qonuniga asosan, (23.1) dan vakt bo'yicha xosila olish kerak. Konturning induktivligi o'zgarmas bo'lgan xol uchun o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchi

$$\varepsilon_{o'zind} = dF/dt = -L(dI/dt)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Demak, *induktivligi 1 genri bo'lgan konturdan o'tayotgan tok kuchi 1 sekundda 1 amperga o'zgarsa, konturda 1 volt o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchi vujudga keladi.*

### Nazorat savollari

1. Elektromagnit induksiya hodisasi. Faradey tajribalari.
2. Elektromagnit induksiya hodisasi. Faradey qonuni.
3. Induksiya elektr yurituvchi kuchi. Lents qoidasi.
4. Induktivlikga ta'rif bering
5. O'zinduksiya hodisasini ta'riflang va ifodasini yozing

**26-MA'RUZA**  
**ELEKTROMAGNIT MAYDON NAZARIYASI**  
**Reja**

1. Uyurmaviy elektr maydon.
2. Siljish toki.
3. Elektr maydoni uchun Maksvell tenglamalari.

**TAYANCH SO'Z VA IBORALAR:**

elektromagnit induksiya, siljish toki, uyurmaviy elektr maydon kuchlanganligi, Maksvell tenglamalari, elektromagnit maydon.

Maksvell siljish toki tushunchasini qo'llab elektr va magnit xodisalarning yagona nazariyasini yaratishga muvaffik bo'ldi. Maksvell nazariyasining asosini uning nomi bilan ataladigan turitta tenglama tashqil etadi.

Qo'zg'almas zaryad  $q$  o'z atrofidagi fazoda elektr maydon vujudga keltiradi. Bu maydon potentsial maydondir. SHuning uchun bu maydon kuchlanganlik vektori  $E_q$  ning ixtiyoriy berk kontur bo'yicha tsirkulyatsiyasi nolga teng:

$$\oint_l E_{q_l} dl = 0. \quad (1)$$

Elektr maydon fazoning vakt davomida o'zgarib turuvchi magnit maydon ( $\partial B/\partial t \neq 0$ ) mavjud bo'lgan barcha nuqtalarida xam vujudga keladi. Lekin bu elektr maydon qo'zg'almas elektr zaryadlar atrofida vujudga keluvchi maydondan farqli ravishda potentsial maydon emas, balki uyurmaviy elektr maydondir. Uyurmaviy elektr maydon kuchlanganligi  $E_B$  ning chiziqlari doimo berk.  $E_B$  vektorning ixtieriy berk kontur bo'yicha tsirkulyatsiyasi noldan farqli:

$$\oint_l E_{B_l} dl = - \int_S \left( \frac{\partial B}{\partial t} \right)_n dS. \quad (2)$$

Umumiy xolda elektr maydon  $E_q$  va  $E_B$  maydonlariing yig'indisidan iborat bo'lishi mumkin. SHuning uchun natijaviy elektr maydon kuchlanganligini  $E = E_q + E_B$  deb belgilab, (1) va (2) tenglamalarni qo'shsak:

$$\oint_l E_l dl = - \int_S \left( \frac{\partial B}{\partial t} \right)_n dS. \quad (3)$$

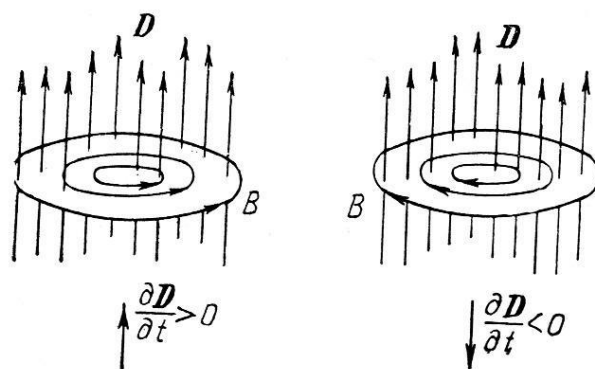
Bu ifodaning chap tomonidagi integral ixtieriy berk kontur bo'yicha, o'ng tomonidagi integral esa shu konturga tiralgan ixtiyoriy sirt bo'yicha olinadi. (3) ifoda *Maksvellning birinchi tenglamasi* deb ataladi.

**Magnitoelekt induksiya xodisasi. Siljish toki**

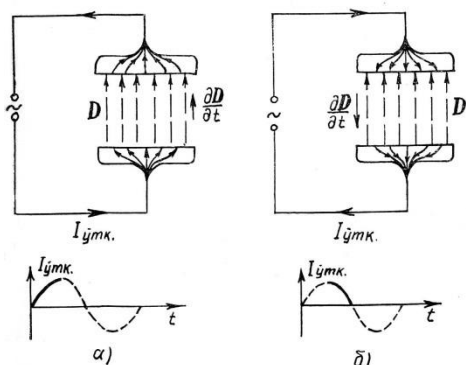
Magnitoelekt induksiya elektromagnit induksiyaga teskari bo'lgan xodisa. Uning moxiyati quyidagidan iborat: fazoning biror soxasidagi elektr maydonning xap qanday o'zgarishi tufayli fazoning shu soxasida induksion magnit maydon vujudga keladi. Magnit maydon induksiyasi chiziqlarining yunalishi shu maydonning vujudga kelishiga sababchi bo'layotgan elektr maydon o'zgarishini xarakterlovchi  $\partial D/\partial t$  vektorning yunalishi bilan ong vint qoidasi asosida bog'langan.

Elektr maydon kuchayib borayotgan bo'lsa,  $D$  vektorning vakt o'tishi bilan o'zgarishini xarakterlovchi  $\partial D/\partial t$  vektorning yunalishi  $D$  vektorning yunalishi bilan mos bo'ladi. Aksincha, elektr maydon susayayotgan bo'lsa,  $\partial D/\partial t$  vektorning yunalishi  $D$  vektorning yunalishiga karama-karshi bo'ladi. SHuning uchun, bu ikki xolda vujudga kelayotgan magnit maydon induksiyasi chiziqlari (1-rasmga karang) ning yunalishlari xam, o'ng vint qoidasiga asosan, bir-biriga teskari bo'ladi.

Magnitoelekt induksiya xodisasining mavjudligi 1863 yilda Maksvell tomonidan aytilgan



gipotezada o'z aksini topdi. Elektr maydonning o'zgarishi va bu o'zgarish tufayli vujudga kelayotgan magnit maydon orasidagi miqdoriy bog'lanishni topish uchun Maksvell *siljish toki* deb ataladigan tushunchani kiritdi. Bu tushuncha bilan tanishish maqsadida kondensatorli zanjirdan kvazistatsionar o'zgaruvchan tok okkanda sodir bo'luvchi protsesslarni tekshiraylik. Elektr tok kondensator plastinkalarini birlashtiruvchi o'tkazgichlar orqali utadi, lekin plastinkalar oralig'idagi dielektrikdan utmaydi. Natijada o'zgaruvchan tokning zanjir buylab okishi kondensatorning zaryadlanishlari (2a-rasm) va razryadlanishlaridan (2b-rasm) iborat bo'ladi. SHunday qilib, o'tkazuvchanlik toki (zanjirning o'tkazgichdan iborat qismidan o'tayotgan tok) ning chiziqlari kondensator plastinkalarining bir-biriga karagan sirtlarida o'zilib koladi. Lekin Maksvell



2-rasm

bu fikrga krama-karshi bo'lgan goyani ilgari surdi. Uning fikricha, xar qanday o'zgaruvchan tok zanjirlari xam berk bo'ladi. Faqat zanjirning o'tkazgich bo'lmagan qismlarida (biz tekshirayotgan xolda kondensator plastinkalari oralig'ida) «siljish toki» deb ataladigan tok «okadi». «Siljish toki» degan terminning kelib chiqish tarixi quyidagicha: XIX asr oxirlarida butun dunyoni egallagan va xamma jismlardan uta oladigan aloxida bir muxit mavjud deb faraz kilingan va bu muxitni «efir» deb atalgan. Maydonlar, xususan elektr maydon, «efir» zarralarini muvozanat vaziyatlaridan siljitadi, degan fikr fanda keng tarkalgan edi. SHuning uchun kondensator qoplamalari oralig'ida «siljish toki» okadi, deb xisoblangan. xozirgi vaktnda bu tasavvur butunlay o'z aksini yo'qotgan bo'lsa xam, «siljish toki» degan termin fanda saklanib koldi. Lekin bu terminning ma'nosi o'zgacha.

Zanjirdan o'tayotgan tokning oniy qiymati  $I$  bo'lsin. SHu momentda kondensator plastinkalari (plastinka sirti  $S$  ga teng) dagi zaryadlar miqdorini  $q$  deb, ularning sirt zichligini esa  $\sigma=q/S$  – deb belgilaylik. U xolda kondensator plastinkasi ichidagi o'tkazuvchanlik toki zichligining qiymati

$$j_{\text{utk}}=I/S=d\sigma/dt \quad (4)$$

bo'ladi.

Ikkinchi tomondan, shu momentda plastinkalar oralig'idagi elektr maydon kuchlanganligining qiymati

$$E=\sigma/(\epsilon_0\epsilon)$$

ga teng. Maydonning elektr induksiyasi esa

$$D=\epsilon_0\epsilon E=\sigma \quad (5)$$

ga teng. Vakt o'tishi bilan plastinkalardagi zaryadning sirt zichligi o'zgaradi. Bu esa plastinkalar oralig'idagi elektr maydon induksiyasi qiymatining o'zgarishiga sababchi bo'ladi, ya'ni:

$$\partial D/\partial t=d\sigma/dt. \quad (6)$$

Kondensator zaryadlanayotgan vaktnda (2a-rasmga karang) plastinkalar oralig'idagi elektr maydon kuchayib boradi. Bu vaktnda  $\partial D/\partial t$  vektor  $D$  vektorga parallel bo'lib, uning yunalishi zanjirdagi o'tkazuvchanlik tokining yunalishi bilan bir xil. Aksincha, kondensator razryadlanganda (2b-rasmga karang) elektr maydon susayib boradi. Bu vaktnda elektr induksiya vektorining o'zgarish tezligini ifodalovchi  $\partial D/\partial t$  vektor  $D$  ga antiparallel. Lekin bu xolda xam  $\partial D/\partial t$  vektorning yunalishi o'tkazuvchanlik tokining yunalishi bilan bir xil. Demak, xamma vakt  $\partial D/\partial t$  ning yunalishi o'tkazuvchanlik tokining yunalishi bilan bir xil bo'ladi. (4) va (6) ifodalarni solishtirish esa  $\partial D/\partial t$  ning va o'tkazuvchanlik toki zichligining qiymatlari o'zaro tengligini ko'rsatadi.  $\partial D/\partial t$  ning birligi  $[A/m^2]$ .

Bundan,  $\partial D/\partial t$  xam tok zichligining o'lchov birligida o'lchanadi, degan xulosaga kelamiz. Bu  $\partial D/\partial t$  kattalik, Maksvell gipotezasiga asosan, siljish tokining zichligidir, ya'ni:

$$j_{\text{silj}}=\partial D/\partial t. \quad (7)$$

SHunday qilib, o'zgaruvchan tok zanjirida o'tkazgichlardagi o'tkazuvchanlik tokining chiziqlari kondensator plastinkalari oralig'idagi siljish tokining chiziqlariga ulanib ketadi.

Siljish toki xam, xuddi o'tkazuvchanlik tokiga uxshash fazoda uyurmaviy magnit maydonni vujudga keltiradi. SHu tarika, siljish toki tushunchasini kiritish bilan magnitoelektr induksiya xodisasini tushuntirishga erishildi.

### Maksvell tenglamalari

Qo'zg'almas zaryad atrofida fazoda elektr maydon vujudga keladi. Lekin bu zaryad ko'zgaladigan bo'lsa, ya'ni zaryad xarakatlanayotgan bo'lsa, uning atrofida magnit maydon vujudga keladi. Boshqacha



aytganda, xar qanday elektr tok (o'tkazuvchanlik toki, konveksion tok, vakuumdagi tok) atrofida magnit maydon mavjud bo'ladi. Magnit maydon kuchlanganlik vektorining ixtieriy berk kontur bo'yicha tsirkulyatsiyasi shu kontur o'rab olgan barcha makroskopik toklarning algebraik yig'indisiga teng:

$$\oint_l H_l dl = \int_S j_n dS. \quad (8)$$

Lekin magnit maydon fazoning vakt davomida o'zgarib turuvchi elektr maydon mavjud bo'lgan barcha soxalarida xam vujudga keladi (magnitoelektr induksiya xodisasini eslang). O'zgaruvchan elektr maydon induksiya vektorining o'zgarish tezligini xarakterlovchi  $\partial D/\partial t$  kattalikni siljish tokining zichligi  $j_{silj}$  deb ataldi. O'zgaruvchan elektr maydonni tok deb atashimizning sababi shundaki, bu maydon xuddi tok kabi magnit maydon xosil qiladi. Demak, umumiy xolda magnit maydon o'tkazuvchanlik toki va siljish toki tufayli vujudga kelgan magnit maydonlarning yig'indisidan iborat bo'ladi. Agar o'tkazuvchanlik toki zichligi  $j_{utk}$  va siljish toki zichligi  $j_{silj} = \partial D/\partial t$  larning yig'indisidan iborat bo'lgan to'liq tok zichligi  $j_t$  tushunchasidan, ya'ni

$$j_t = j_{utk} + j_{silj} = j_{utk} + \partial D/\partial t \quad (9)$$

dan foydalansak, (8) ifodani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\oint_l H_l dl = \int_S (j_{ymk} + \partial D/\partial t)_n dS. \quad (10)$$

Bu ifoda *Maksvellning ikkinchi tenglamasi* deb atalib, u magnit maydon kuchlanganlik vektori  $H$  ning ixtieriy berk kontur bo'yicha tsirkulyatsiyasi shu konturga tiralgan ixtiyoriy  $S$  sirtini teshib o'tuvchi makroskopik va siljish toklariing algebraik yig'indisiga tengligini ko'rsatadi.

Elektr induksiya vektori  $D$  ning ixtieriy berk sirt orqali oqimi shu sirt ichidagi barcha erkin zaryadlarning algebraik yig'indisiga teng:

$$\oint_S D_n dS = \int_V \rho dV, \quad (11)$$

bundagi  $\rho$  – berk sirt ichida o'zluksiz ravishda joylashgan zaryadlarning xajmiy zichligi. *Maksvellning uchinchi tenglamasi* deb ataladigan bu tenglama qo'zg'almas zaryadlar tufayli vujudga kelgan potensial elektr maydon va o'zgaruvchan magnit maydon tufayli vujudga kelgan uyurmaviy elektr maydonlar yig'indisidan tashqil topgan elektr maydon uchun xam urinlidir. xakikatan, uyurmaviy elektr maydon induksiya CHiziqdari berk bo'lganligi uchun ular berk sirt orqali oqimga xissa qo'shmaydi. Aniqrog'i necha marta sirtini teshib tashqariga chiqsa (oqimga musbat xissa qo'shadi), shuncha marta sirt ichkarisiga kiradi (oqimga manfiy xissa qo'shadi). SHuning uchun, uyurmaviy elektr maydon induksiya chiziqdarining berk sirt orqali oqimi nolga teng. Natijada umumiy maydon induksiya vektorining oqimi faqat qo'zg'almas zaryadlar tufayli vujudga kelgan elektr maydon induksiya vektorining oqimiga teng bo'ladi, u esa berk sirt ichidagi erkin zaryadlarning algebraik yig'indisiga teng.

Magnit maydon qanday usul bilan vujudga keltirilganligidan kat'i nazar magnit induksiya chiziqdari doimo berk bo'ladi.

SHuning uchun umumiy xolda

$$\oint_S B_n dS = 0, \quad (12)$$

bo'ladi. Bu ifoda  $B$  vektor uchun Gauss teoremasidir. Uni *Maksvellning turtinchi tenglamasi* deb yuritiladi.

Bu turtta tenglama integral ko'rinishdagi Maksvell tenglamalaridir. Maksvell tenglamalarida katnashayotgan kattaliklar orasida quyidagi munosabatlar urinli (segnetoelektrik va ferromagnetik bo'lmagan muxitlar uchun);

$$D = \epsilon_0 \epsilon E, \quad (13)$$

$$B = \mu_0 \mu H, \quad (14)$$

$$j_{utk} = \sigma E, \quad (15)$$

Mazkur munosabatlardagi  $\epsilon_0$  – elektr doimiy,  $\mu_0$  – magnit doimiy,  $\epsilon$  – muxitning dielektrik singdiruvchanligi,  $\mu$  – muxitning magnit singdiruvchanligi,  $\sigma$  – moddaning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi. Vektor analizdagi Stoks va Gauss teoremlaridan foydalanib Maksvell tenglamalarini differentsial ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$\text{rot} E = -\partial B/\partial t, \quad (16)$$

$$\text{rot} H = j_{utk} + \partial D/\partial t, \quad (17)$$

$$\text{div} D = \rho, \quad (18)$$



$$\operatorname{div} \mathbf{B} = 0, \quad (19)$$

Maksvell tenglamalari Nyuton mexanikasining qonunlari, termodinamika bosh qonunlari kabi katta ahamiyatga ega bo'lgan tabiat qonunlaridandir.

### Elektromagnit maydon

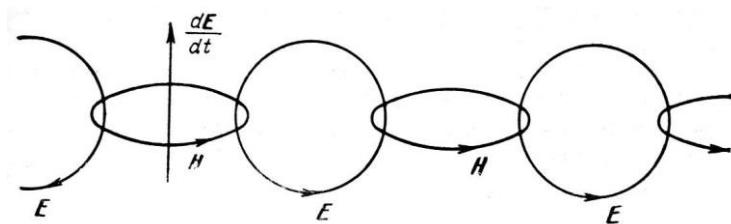
Maksvell tomonidan yaratilgan elektromagnit maydon nazariyasi ikki postulatga asoslanadi:

- 1) o'zgaruvchan magnit maydon tufayli uyurmaviy elektr maydon vujudga keladi;
- 2) o'zgaruvchan elektr maydon tufayli uyurmaviy magnit maydon vujudga keladi.

Birinchi postulat elektromagnit induksiya xodisasini, ikkinchi postulat esa magnitoelektr induksiya xodisasini ifodalaydi.

Kondensator plastinkalari orasida o'zgaruvchan elektr maydon vujudga keltiraylik. Yuqoridagi postulatlariga asosan, birlamchi elektr maydon kuchayib borayotgan vaktida ( $\partial E / \partial t > 0$ ) o'zgaruvchan elektr maydon kuchlanganlik chiziqlarini (15.3–rasmda vertikal chiziq shaklida tasvirlangan) vujudga kelayotgan uyurmaviy magnit maydon kuchlanganlik chiziqlari kontsentrik o'rab olgan. Vujudga kelgan o'zgaruvchan magnit maydon o'z navbatida uyurmaviy elektr maydonni vujudga keltiradi. 15.3–rasmda bO'nga  $H$  CHiziqlarini kontsentrik o'rab olgan  $E$  CHiziqlari mos keladi. Bu elektr maydon magnit maydonni, u esa yana elektr maydonni vujudga keltiradi va xokazo. SHu tarika fazoda bir-birini vujudga keltiruvchi elektr va magnit maydonlar ketma-ket sodir bo'laveradi. Bu maydonlar o'zaro bir-biri bilan uzviy bog'langanligi uchun umumiy maydonni *elektromagnit maydon* deb ataladi.

Tabiatda «sof elektr maydon yoki «sof» magnit maydon sodir bo'ladimi? Bu savolga quyidagicha



3–rasm

javob berish mumkin; Agar bir sanok sistemasidagi ko'zatuvchi qo'zg'almas elektr zaryad tufayli vujudga kelayotgan elektr maydonni qayd kilsa, bu sistemaga nisbatan xarakatda bo'lgan ikkinchi sanok sistemasidagi ko'zatuvchi uchun zaryad xarakatlanayotgan bo'ladi. SHuning uchun ikkinchi sanok sistemasidagi ko'zatuvchi elektr va magnit maydon mavjudligini qayd qiladi. xuddi shuningdek, birinchi sanok, sistemasidagi ko'zatuvchi solenoiddan o'zgarimas tok o'tishi tufayli vujudga kelgan o'zgarimas magnit maydonni qayd qiladi. Lekin ikkinchi ko'zatuvchi o'zgarimas tok o'tayotgan solenoid xarakatlanayotganligi uchun fazoning xar bir nuqtasida o'zgaruvchan magnit maydon vujudga kelayotganligini va u, o'z navbatida, uyurmaviy elektr maydonni vujudga keltirayotganligini qayd qiladi.

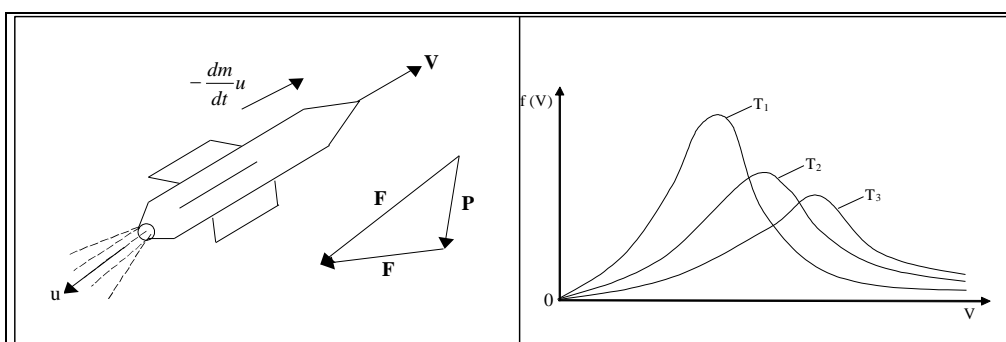
Demak, «sof» maydon tushunchasi nisbiy xarakterga ega. Zero biror sanok sistemasidagi «sof» elektr maydon yoki «sof» magnit maydon boshqa sanok sistemalarida elektr va magnit maydonlar yig'indisi, ya'ni elektromagnit maydon tarzida namoyon bo'ladi.

### NAZORAT SAVOLLARI

1. Uyurmaviy elektr maydon qachon xosil bo'ladi
2. Maksvellning birinchi asosiy tenglamasi keltirib chiqaring
3. Siljish toki fizik ma'nosini tushintiring
4. Maksvellning ikkinchi asosiy tenglamasi keltirib chiqaring
5. Maksvell tenglamalarini integral ko'rinishini yozing

# FIZIKA FANIDAN

## AMALIY MASHG’ULOTLAR BAJARISH UCHUN USLUBIY KO’RSATMALAR



Termiz 2018

## 1- AMALIY MASHG'ULOT KINEMATIKA

Masala yechish namunalari

1-masala.

Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli harakat qonuni  $x=A+Bt+Ct^2$  ko'rinishga ega, bu yerda,  $A=4$  m,  $B=2$  m/s,  $C=-0.5$  m/s<sup>2</sup>. Vaqtning  $t_1 = 2$  s momenti uchun oniy tezligi va oniy tezlanish  $a$  topilsin.

Yechish. Harakat qonunini bilgan holda, koordinata  $x$  ning vaqt bo'yicha differensiallab vaqtni istalgan momenti uchun oniy tezligini aniqlash mumkin:

$$v = \frac{dx}{dt} = B + 3Ct^2$$

Bu holda vaqtning berilgan moment  $t_1$  da oniy tezlik quyidagicha aniqlanadi:

$$v_1 = B + 3Ct_1^2$$

Bu ifodaga  $B$ ,  $C$ ,  $t_1$  larni qo'yib hisoblab topamiz:

$$v_1 = 2 + 3(-0,5) * 4 = -4 \text{ m/s} \quad v_1 = 2 + 3(0,5)4 = 4 \text{ m/s}$$

Manfiy ishora vaqtning  $t_1=2$  momentida nuqta  $x$  o'qini manfiy yo'nalishi bo'ylab harakatlanayo' tganini ko'rsatadi.

b) Vaqtning istalgan momentidagi oniy tezlanishni  $x$  koordinatadan vaqt bo'yicha ikkinchi tartibli hosila olib topish mumkin:

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dv}{dt} = 6Ct$$

Vaqtning  $t_1$  momentidagi oniy tezlanish

$$a_x = 6Ct_x$$

ga teng. Bu ifodaga  $\ddot{N}$  va  $t_i$  larni qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:  $a_x = 6(-0.5) \cdot 2 = -6$  m/s<sup>2</sup>

Manfiy ishora tezlanish vektorini yo'nalishi koordinata o'qining manfiy yonalishi bilan mos kelishini ko'rsatadi.

### MUSTAQIL ISHLASH UCHUN MASALALAR

- (V. 1.1) Avtomobil o'z xarakati vaqtining birinchi yarmida 80 km/soat tezlik bilan, qolgan vaqtida esa 40 km/soat tezlik bilan xarakatlangan. Avtomobil xarakatining o'rtacha tezligi topilsin. J: 60 km/soat
- (V.1.2) Avtomobil yo'lining birinchi yarmini 80 km/soat tezlik bilan, qolgan yo'lini esa 40 km/soat tezlik bilan bosib o'tgan. Avtomobilning xarakatining o'rtacha tezligi topilsin. J: 53,3 km/soat
- (V.1.6) Samolyot A punktdan sharq tomondagi 300 km uzoqlikda joylashgan V punktga uchmoqda. Quyidagi xol- larda samolyotning bu masofani uchib o'tish vaqti topilsin: 1) shamol bo'lmaganda, 2) shamol janubdan shimolga esganda va 3) shamol g'arbdan sharqqa esganda. Shamolning tezligi  $V_1 = 20$  m/sek, samolyotning tezligi  $v_2 = 600$  km/soat. J: 1) 30 min, 2) 30,2 min, 3) 26,8 min.
- (V.1.16) Metropoliten ikki stantsiyasining oraligi 1,5 km. Poezd bu masofaning birinchi yarmida tekis tezla- nuvchan, qolgan ikkinchi yarmida tekis sekinlanuvchan xarakat qiladi. Poezdning maksimal tezligi 50 km/soat ga teng. 1) tezlanuvchan va sekinlanuvchan xarakatning tezlanishlarini miqdor jixatdan teng deb xisoblab, uning kattaligi, 2) poezdning ikki stantsiya orasidagi xarakat vaqti topilsin. J:  $a = 0,13$  m/sek<sup>2</sup>,  $t = 3,4$  c
- (V. 1.23) Jismning bosib o'tgan yo'li  $s$  ning  $t$  vaqtga bog'likligi  $s = A - Bt - Ct^2$  tenglama orqali berilgan, bunda  $A = 6$  m,  $V = 3$  m/sek va  $S = 2$  m/sek<sup>2</sup>. Jismning 1 sek dan 4 sek gacha bo'lgan vaqt chegarasidagi o'rtacha tezlanishi topilsin.  $0 < t < 5$  sek intervalda 1 sek dan oralatib yo'l, tezlik va tezlanishning grafigi tuzilsin. J:  $v = 7$  m/sek;  $a = 4$  m/sek<sup>2</sup>
- (V. 1.2) Paroxod daryoda A punktdan V punktga  $v_1 = 10$  km/soat tezlik bilan, qaytishda esa  $v_2 = 16$  km/soat tezlik bilan xarakatlanadi. 1) Paroxodning tezligi, 2) daryoning oqim tezligi topilsin. J: 1) 12,3 km/soat; 2) 0,83 m/sek
- (S. I.25) 1500 min<sup>-1</sup> chastota bilan aylanuvchi g'ildirak tormozlangandan keyin tekis - sekinlanib aylana boshlab, 30 sek dan so'ng to'xtagan. Tonnozlanish boshlangan paytdan to to'xtaguncha bo'lgan burchak tezlanishi va aylanish soni topilsin. J: -5,24 sek<sup>-2</sup>; 375
- (S.1.26) Biror jism 0,04 sek<sup>-2</sup> o'zgarimas burchak tezlanish bilan aylana boshladi. Aylanish boshlangandan qancha vakt o'tgach jismning qandaydir nuqtasining to'la tezlanishi uning tezligi yo'nalishi bilan 76° burchak hosil qiladi? J: 10 sek o'tgach

9. ( V.1.45) Aylanma xarakat qilayotgan g'ildirak gardishidagi nuqtaning V1 chiziqli tezligi gardishdan o'qqa 5 sm yaqin bo'lgan nuqtasining V2 chiziqli tezligidan 2,5 marta katta bo'lsa, g'ildirakning radiusi topilsin.

J:  $R = 8,33$  sm.

10. (V.I.48) Tekis sekinlanib aylanayotgan g'ildirak tormozlanish natijasida 1 min davomida o'zining tezligini 300 ayl/min dan 180 ayl/min gacha kamaytiradi. G'ildirakning burchak tezlanishi va bu minut ichidagi aylanishlar soni topilsin. J:  $\epsilon = -0,21$  rad /sek 2,  $N = 240$  ayl.

Masala yechish namunalari

1-masala.

Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli harakat qonuni  $x=A+Bt+Ct^2$  ko'rinishga ega, bu yerda,  $A=4$ m,  $B=2$ m/s,  $C=-0.5$  m/s<sup>2</sup> . Vaqtning  $t_1 = 2$ s momenti uchun oniy tezligi va oniy tezlanish topilsin.

Yechish. Harakat qonunini bilgan holda, koordinata  $x$  ning vaqt bo'yicha differensiallab vaqtni istalgan momenti uchun oniy tezligini aniqlash mumkin:

$$v = \frac{dx}{dt} = B + 3Ct^2.$$

Bu holda vaqtning berilgan moment  $t_1$  da oniy tezlik quyidagicha aniqlanadi:

$$v_1 = B + 3Ct_1^2$$

Bu ifodaga  $A$ ,  $C$ ,  $t_1$  larni qo'yib hisoblab topamiz:

$$v_1 = 2 + 3(-0,5) * 4 = -4 \text{ m/s}$$

Manfiy ishora vaqtning  $t_1=2$  momentida nuqta  $x$  o'qini manfiy yo'nalishi bo'ylab harakatlanayo' tganini e'rsatadi.

b) Vaqtning istalgan momentidagi oniy tezlanishni  $x$  koordinatadan vaqt bo'yicha ikkinchi tartibli hosila olib topish mumkin:

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dv}{dt} = 6Ct.$$

Vaqtning  $t_1$  momentidagi oniy tezlanish

$$a_x = 6Ct_x$$

ga teng. Bu ifodaga  $N$  va  $t_1$  larni qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:  $a_x = 6 * (-0.5) * 2 = -6$  m/s<sup>2</sup>

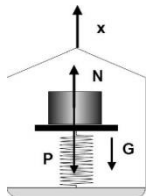
Manfiy ishora tezlanish vektorini yo'nalishi koordinata o'qining manfiy yonalishi bilan mos kelishini ko'rsatadi.

2-masala.

Lift da, prujinali tarozida  $m=10$  kg massali jism joylashgan. Lift  $a = 2$  m/s tezlanish bilan harakatlanmoqda. Agar liftning tezlanishi vertikal yuqori tomon yo'nalgan bo'lsa, tarozini ko'rsatishini aniqlang.

Yechish.

Tarozini ko'rsatishini topmoq - bu jism og'irligi  $G$  ni topish demakdir, ya'ni jismni prujinaga ta'sir etuvchi kuchini aniqlash kerak (1-rasm). Lekin bu kuch Nyutonning uchinchi qonuniga binoan elastiklik kuchi (tayanchni reaksiya kuchi)  $N$  ga absolut qiymati jihatidan teng va unga qarama-qarshi yo'nalgan, yani  $G = -N$  yoki  $G = N$ . Demak, tarozini ko'rsatishni aniqlash masalasi bu tayanch reaksiyasi kuchi  $N$  ni aniqlash demakdir.



1-rasm

Jismga ikkita kuch ta'sir etadi: og'irlik kuchi  $P$  va tayanchining reaksiya kuchi  $N$  . Nyutonning ikkinchi qonuni tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$ma = P + N.$$

$x$  o'qini vertikal yo'naltirib, unga jismga ta'sir etayotgan hamma kuchlarni proeksiyalaymiz. Jismga ta'sir etuvchi ikki kuch ham  $x$  o'qiga parallel bo'lgani sababli, ularni kattaligi bilan ularni proeksiyalari kattaligi bir-biriga tengdir. Proeksiyalarni ishorasini e'tiborga olgan holda skalar tenglama quyidagicha yoziladi:

$$ma = N - P,$$

Bundan  $N = P + ma = m(g + a)$ .  $G = N$  bo'lgani uchun,

$$G = m(g + a).$$

Bu ifodaga  $m, g, a$  larni qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz.

3-masala.

Jism 12 m balandlikdan gorizontalga  $30^\circ$  burchak ostida 12 m/s boshlang'ich tezlik bilan yuqoriga otilgan. Jismni ko'tarilgan maksimal balandligini, jismni uchgan masofasini toping. Havoning qarshiligi e'tiborga olinmasin.

Berilgan:

$$N = 12 \text{ m}$$

$$\varphi = 30^\circ$$

$$v_0 = 12 \text{ m/s}$$

Yechish.

2-rasmda ko'rsatilgan koordinatalar sistemasida tezlikni taslikil etuvchilari

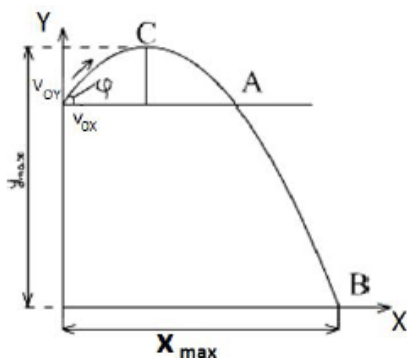
$$v_x = v_0 \cos \varphi,$$

$$v_y = v_0 \sin \varphi - gt,$$

Jismning koordinatalari vaqt o'tishi bilan tekis o'zgaruvchan harakat tenglamasiga ko'ra o'zgaradi:

$$y = H + v_0 t \sin \varphi - gt^2 / 2,$$

$$x = v_0 t \cos \varphi.$$



2-rasm

Eng yuqori nuqtada jismning tezligi  $u_y = 0$  shartidan uning ko'tarilish vaqtini aniqlash mumkin (2) dan:

$$t_n = v_0 \frac{\sin \varphi}{g}.$$

Jismni  $\tilde{N}$  nuqtadan A nuqttagacha tushish vaqti uning 0 nuqtadan  $\tilde{N}$  nuqttagacha ko'tarilish vaqtiga teng bo'ladi. Shu sababli jismni 0 nuqtadan A nuqttagacha uchishga ketgan vaqt

$$t_A = 2t_n = 2v_0 \frac{\sin \varphi}{g}.$$

(5) tenglamadan ko'tarilish vaqtini (3) tenglamaga qo'yib, undan maksimal balandlikni aniqlash mumkin:

$$y_{\max} = H + v_0^2 \frac{\sin^2 \varphi}{2g}.$$

(3) tenglamadan  $\hat{A}$  koordinatasini nolga tenglab ( $y = 0$ ), jismning  $\hat{A}$  nuqttagacha uchish vaqtini topish mumkin:

$$t_B = \frac{v_0 \sin \varphi}{g} + \sqrt{\left(\frac{v_0 \sin \varphi}{g}\right)^2 + \frac{2H}{g}}.$$

(8) tenglamadan harakat vaqtini (4) ifodaga qo'yib, undan uchish masofasini aniqlaymiz:

$$x_{\max} = v_0 \cos \varphi \cdot t_B,$$

Shunday qilib,

$$t_A = \frac{2 \cdot 12 \cdot 0.5 \text{ m/s}}{9.81 \text{ m/s}^2} = 1.22 \text{ s},$$

$$t_B = \frac{12 \cdot 0.5 \text{ m/s}}{9.81 \text{ m/s}^2} + \sqrt{\frac{(12 \cdot 0.5)^2}{(9.81)^2} + \frac{2 \cdot 12}{9.81}} = 2.29 \text{ s},$$

$$y_{\max} = 12 + \frac{12^2 \cdot 0.5^2}{2 \cdot 9.81} = 13.84 \text{ m},$$

$$x_{\max} = 12 \cdot 0.867 \cdot 2.29 = 23.8 \text{ m}.$$

4-Masala.

Avtomobil yolining birinchi yarmini 80 km/soat tezlik bilan, qolgan yolni esa 40 km/soat tezlik bilan bosib o'tgan. Avtomobil xarakatining o'rtacha tezligi topilsin.

Berilgan:

$$v_1 = 80 \text{ km/s}$$

$$v_2 = 40 \text{ km/s}$$

$$v_{yp} = ?$$

yechish:

O'rtacha tezlik ifodasiga  $t = t_1 + t_2$  va  $S_1 = S_2 = S/2$  hisobga olib quyidagi ifodani yozamiz:

$$v_{yp} = \frac{S}{t_1 + t_2} = \frac{S}{S/2v_1 + S/2v_2} = \frac{1}{1/2v_1 + 1/2v_2} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2} \quad v_{yp} = \frac{2 \cdot 80 \cdot 40}{80 + 40} = 60 \text{ km/soat}$$

5-masala.

Jism  $h = 19.6 \text{ m}$  balandlikdan boshlangich tezliksiz tushmokda. 1) Jism uz yulining birinchi 1 metrini qancha vaktida bosib o'tadi. 2) Yo'lning oxirigi 1 metrini qancha vaktida bosib o'tadi. Xavoning qarshiligi xisobga olinmasin.

Berilgan:

$$h = 19.6 \text{ m}$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$h_1 = 1 \text{ m}$$

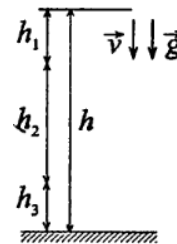
$$t_3 = ? \quad t_1 = ?$$

Yechish:

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{9.8}} = 0.45 \text{ s} \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 19.6}{9.8}} = 2 \text{ s}$$

$$h_2 = h - h_1 \quad t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = \sqrt{\frac{2(h - h_1)}{g}}$$

$$t_3 = t - t_2 = 2 - \sqrt{\frac{2(h - h_1)}{g}} \quad t_3 = 0.05$$



6-masala.

Tormozlanayotgan poezd tekis sekinlanuvchan harakat qilib 1 min da o'z tezligini 40 km/soat dan 28 km/soat gacha kamaytirgan. 1) Poezdning manfiy tezlanishi va 2) tormozlanish vaqtida o'tgan yo'li topilsin

Berilgan:

$$v_1 = 40 \text{ km/c} = 40/3.6 \text{ m/c}$$

$$v_2 = 28 \text{ km/c} = 28/3.6 \text{ m/c}$$

$$t = 1 \text{ min} = 60 \text{ sek}$$

Topish kerak:

- 1)  $a=?$
- 2)  $S=?$

yechish:

$$1) \quad a = \frac{v_1 - v_2}{t} = \frac{40 - 28}{3,6} = 0,055 \text{ m/s}^2$$

$$2) \quad S = v_1 t - \frac{at^2}{2} \quad S = 576 \text{ m}$$

7-masala

Jismning bosib o'tgan yo'li  $S$  ning  $t$  vaqtga bog'liqligi  $S=At - Bt^2 + Ct^3$  tenglama orqali berilgan, bunda  $A=2$  m/sek,  $B=3$  m/sek<sup>2</sup> va  $C=4$  m/sek<sup>3</sup>. 1) Tezlik  $v$  ning va tezlanish  $a$  ning vakt  $t$  ga bog'liqligi. 2) harakat boshlanishidan 2 sek o'tgandan keyin jismning bosib o'tgan yo'li, tezligi va tezlanishi topilsin.  $0 \leq t \leq 3$  sek 0,5s intervalda grafiklar chizilsin.

Berilgan:

- $A = 2$  m/sek  
 $B = 3$  m/sek<sup>2</sup>  
 $C = 4$  m/sek<sup>3</sup>  
 $t=2$  sek

$$S=At - Bt^2 + Ct^3$$

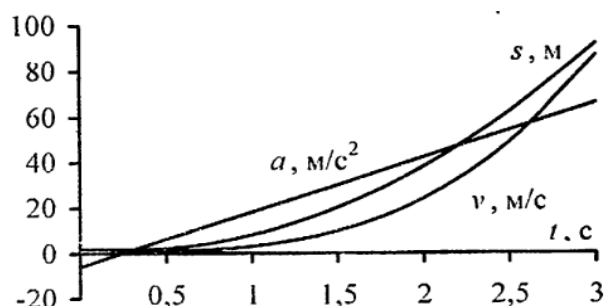
Topish kerak:

$$S=? \quad v=? \quad a=?$$

Ечиш:  $S=At - Bt^2 + Ct^3$

$$v = \frac{ds}{dt} = A - 2Bt + 3Ct^2$$

$$a = \frac{dv}{dt} = -2B + 6Ct$$



8-masala

Jismning bosib o'tgan yo'li  $S$  ning  $t$  vaqtga bog'liqligi  $S=At+Bt^2+Ct^3$  tenglama orqali berilgan, bunda  $A=3$  m,  $B=2$  m/sek va  $C=1$  m/sek<sup>2</sup>. Jism harakatining birinchi, ikkinchi va uchinchi sekund oralig'idagi o'rtacha tezligi va o'rtacha tezlanishi topilsin.

Berilgan:

- $A=3$  m.  
 $B=2$  m/sek  
 $C=1$  m/sek<sup>2</sup>  
 $t=0$  sek, 1 sek, 2 sek, 3 sek,  
 $S=At+Bt^2+Ct^3$

Topish kerak:

$$v=? \quad a=?$$

$$v_3 = 6 \text{ m/s}$$

$$v_4 = 6 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{dv}{dt} = 2C = 2 \times 1 = 2 \text{ m/s}^2$$

Yechish:

$$S=A + Bt + Ct^2$$

$$v = \frac{ds}{dt} = B + 2Ct$$

$$v_1 = B = 2 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 4 \text{ m/s}$$



9-masala

Tekis tezlanish bilan aylanayotgan g'ildirak harakat boshidan  $N=10$  marta aylangandan keyin  $\omega=20$  rad/sek burchak tezlikka erishsa, uning burchak tezlanishi topilsin.

Berilgan:

$N=10$

$\omega=20$  rad/sek

Topish kerak:

$\varepsilon=?$

Yechish:

$$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2} \quad \omega = \omega_0 + \varepsilon t \quad \omega_0 = 0 \quad \varphi = \frac{\varepsilon t^2}{2} \quad \omega = \varepsilon t \quad \varphi = 2\pi N$$

$$\varepsilon = \frac{4\pi N}{t^2} \quad t = \frac{\omega}{\varepsilon} \quad \varepsilon = \frac{\omega^2}{4\pi N} \quad \varepsilon = 3,2 \text{ rad} / \text{s}^2$$

10-masala.

Radiusi  $R=0.1$  m bo'lgan g'ildirak shunday aylanadiki, g'ildirak radiusining burilish burchagi bilan vaqt orasidagi bog'lanish  $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$  tenglama orqali beriladi, bunda  $D=1$  rad/sek. Harakatning har sekundida g'ildirak gardishida yotgan nuqtalar uchun tangentsial tezlanishning o'zgarishi topilsin.

Berilgan:

$R=0.1$  m

$$\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$$

$D=1$  rad/sek

Topish kerak:

$\varepsilon=?$

Yechish:

$$\Delta a_\tau = \Delta \varepsilon R \quad \varepsilon = \frac{d^2 \varphi}{dt^2} \quad \frac{d\varphi}{dt} = B + 2Ct + 3Dt^2 \quad \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = 2C + 6Dt = \varepsilon$$

$$\Delta \varepsilon = \varepsilon_2 - \varepsilon_1 \quad \Delta \varepsilon = (2C + 6Dt_2) - (2C + 6Dt_1) = 6D(t_2 - t_1) = 6D$$

$$t_2 - t_1 = 1 \text{ s} \quad \Delta a_\tau = 6 \cdot 1 \cdot 0.05 = 0.3 \text{ m} / \text{s}^2$$

11-masala.

Nuqta aylana bo'ylab shunday harakatlanadiki. Yulning vaqtga bog'lanishi  $S=A-Bt=Ct^2$  tenglama orqali berilgan. Bunda  $B=2$  m/sek. va  $C=1$  m/sek<sup>2</sup>. Agar harakat boshlanishidan  $t=2$  sek o'tgach nuqtaning normal tezlanishiga teng bo'lsa, harakat boshlanishidan  $t=3$  sek o'tgandan keyin nuqtaning chiziqli tezligi uning tangentsial, normal va to'la tezlanishi topilsin.

Berilgan:

$S=A-Bt=Ct^2$

$B=2$  m/sek

$C=1$  m/sek<sup>2</sup>

$t=2$  sek

$t=3$  sek

$v=?$   $a_n=?$   $a_\tau=?$   $a=?$

Yechish:

$$v = \frac{dS}{dt} = -B + 2Ct \quad v = 4 \text{ m} / \text{s} \quad a_\tau = \frac{dv}{dt} = 2C = 2 \text{ m} / \text{s}^2$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} \quad t' = 2c \quad v' = -B + 2Ct' \quad v' = 2 \text{ m} / \text{s}$$

$$R = \frac{(v')^2}{a_n'} \quad a_n = \frac{v^2 a_n'}{(v')^2} \quad a_n = 2M/c^2 \quad a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = 2,8M/c^2$$

12-masala

Nuqta  $r=10$  sm radiusli aylana bo'ylab o'zgaras tangentsial tezlanish bilan harakatlanadi. Agar harakat boshlangandan keyin beshinchi marta aylanish oxirida nuqtaning tezligi  $79,2$  sm/sek.ga teng bo'lsa, nuqtaning tangentsial tezlanishi topilsin.

Berilgan:

$r=10$  sm

$N=5$

$v=79,2$  sm/sek

$a_\tau=?$

Yechish:

$$a_\tau = \frac{dv}{dt} \quad a_\tau = const \quad a_\tau = \frac{v}{t} \quad v = \omega R \quad \omega = 2\pi n = \frac{2\pi N}{t}$$

$$t = \frac{2\pi NR}{v} \quad a_\tau = \frac{v^2}{2\pi NR} \quad a_\tau = 0,2M/c$$

13-masala

G'ildirak shunday aylanadiki, gidirak radiusining burilish burchagi bilan vaqt orasidagi bog'lanish

$\varphi=A+Bt+Ct^2+Dt^3$  tenglama orqali beriladi, bunda  $B=1$

rad/sek,  $C=1$  rad/sek<sup>2</sup>. va  $D=1$  rad/sek<sup>3</sup>. Harakatning ikkinchi sekundining oxirida g'ildirak gardishidagi nuqtalarning normal tezlanishi  $a=3.46$  m/sek<sup>2</sup> ga teng bo'lsa, g'ildirakning radiusi topilsin.

Berilgan:

$\varphi=A+Bt+Ct^2+Dt^3$

$C=1$  rad/sek<sup>2</sup>

$D=1$  rad/sek<sup>3</sup>

$a=3.46$  m/sek<sup>2</sup>  $t=2$  sek  $R=?$

#### MUSTAQIL ISHLASH UCHUN MASALALAR

Jism yo'lining to'rtidan uch qismini  $v_1 = 60$  km/soat tezlik bilan, yo'lning qolgan qismini esa  $v_2 = 80$  km/soat tezlik bilan bosib o'tdi. Harakatning o'rtacha tezligini toping.

Jism yo'lning birinchi yarmini  $t_1 = 2$ s, ikkinchi yarmini esa  $t_2 = 8$ s da bosib o'tdi. Agar bosib o'tilgan yo'lning hammasi  $s = 20$ m bo'lsa, harakatning o'rtacha tezligi topilsin.

Jismning to'g'ri chiziqli harakati  $s = C-3t+2t^2$  tenglama bilan ifodalanadi. Jismning  $t_1 = 1$  s dan  $t_2 = 4$ s gacha bo'lgan vaqt intervalida o'rtacha tezlik topilsin.

Nuqta to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanganda uning koordinatalari  $x(t) = 9t + 0.09t^3$  qonun bo'yicha o'zgaradi.

Nuqta harakatining  $5$  s dagi o'rtacha tezligi topilsin.

Jism bosib o'tgan yo'lining vaqtga bog'liqligi  $s(t) = 3 + 2t + t^2$  tenglama bo'yicha berilgan. Harakatning  $3$  sekundidagi o'rtacha tezligini aniqlang.

Nuqtaning to'g'ri chiziqli harakati  $x(t) = 2t + 0.5t^2$  tenglama asosida yuz beradi. Nuqtaning harakatini  $1$ -sekunddan  $3$ -sekundgacha bo'lgan vaqt intervalida o'rtacha tezligi topilsin.

$\tau$  vaqt ichida jismning tezligi  $v(t) = at^2 + bt$  ( $0 < t < \tau$ ) qonun bo'yicha o'zgaragan.  $\tau$  vaqt oralig'ida jismning o'rtacha tezligi qanday?

Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli harakati  $x(t) = 6t + 0.126t^3$  tenglama bilan ifodalanadi. Jismning  $2$ -sekunddan  $6$ -sekundgacha bo'lgan vaqt oralig'idagi o'rtacha tezligini toping.

Nuqtaning to'g'ri chiziqli harakat tenglamasi  $x(t) = -1 + 3t^2 - 2t$  ko'rinishda. Nuqta to'xtaguncha ketgan vaqt ichidagi o'rtacha tezlikni toping.

Nuqta  $15$  s davomida  $v_1 = 5$  m/s tezlik bilan,  $10$  s davomida  $8$  m/s tezlik bilan va  $6$  s davomida  $20$  m/s tezlik bilan harakatlandi. Nuqtaning o'rtacha harakat tezligi qanday?

Nuqtaning to'g'ri chiziqli harakatida uning koordinatasi  $x(t) = 9t + 0.09t^3$  qonuni bilan o'zgaradi.

Harakatning birinchi  $4$  s davomidagi o'rtacha tezlanishi topilsin.

Jism balkondan  $10$  m/s tezlik bilan vertikal ravishda yuqoriga otilgan. Balkonning yer sirtidan balandligi  $12.5$  m. jismni harakat tenglamasini yozing va uning otilgan momentdan to'yerga tushgunga qadar o'rtacha tezligini toping.

Moddiy nuqtaning harakat tenglamasi  $x(t) = 3t + 0.06t^3$  ko'rinishga ega. Harakatning birinchi 3 s davomidagi o'rtacha tezlik va tezlanishni toping.

Jism to'g'ri chiziq bo'ylab  $s(t) = 6-3t + 2t^3$  tenglama asosida harakat qiladi. Jism harakatini 1-sekundidan 4-sekundigacha o'rtacha tezlanishni toping.

Bir joydan ikki nuqta bir yo'nalishda tekis tezlanuvchan harakat boshladi. Ikkinchi nuqta o'z harakatini birinchiga qaraganda 2 s kech boshladi. Birinchi nuqta 1 m/s boshlang'ich tezlik bilan va 2 m/s tezlanish bilan, ikkinchi nuqta esa 10 m/s boshlang'ich tezlik va 1 m/s tezlanish bilan harakat qilmoqdalar. Qancha vaqtdan so'ng ikkinchi nuqta birinchisiga yetib oladi?

Bir vaqtning o'zida, bir nuqtadan ikkita jism bir yo'nalishda harakat boshladilar. Biri 980 m/s tezlik bilan tekis, ikkinchisi esa boshlang'ich tezliksiz 9.8 sm/s tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qiladi. Qancha vaqtdan so'ng ikkinchi jism birinchisiga yetib oladi?

A jism  $v_0$  boshlang'ich tezlik bilan harakat boshlab,  $a_1$  tezlanish bilan harakatlanmoqda. A jism bilan bir vaqtning o'zida V jism ham  $v_0$  boshlang'ich tezlik bilan va  $a_2$  manfiy tezlanish bilan harakat boshlaydi. Harakat boshlanishidan qancha vaqtdan so'ng ikkala jism ham bir xil tezlikka erishdi?

Bir punktdan, bir vaqtning o'zida, bir xil yo'nalishga to'g'ri chiziq bo'ylab ikki avtomasliina harakat boshlaydi. Avtomobillarni vaqtga bog'liq ravishda bosib o'tgan yo'llari  $S_1(t)=at+bt^2$  va  $S_2(t)= ct + dt^2+rt^3$  tenglainalar bilan ifodalanadi. Avtomobillarning nisbiy tezliklari topilsin.

Bir punktdan, bir vaqtning o'zida, bir xil yo'nalishda to'g'ri chiziq bo'ylab ikki avtomasliina harakat boshlaydi. Avtomobillarni vaqtga bog'liq ravishda bosib o'tgan yo'llari  $S_1(t) = at + bt^2$  va  $S_2(t) = ct + dt^2+rt^3$  tenglainalar bilan ifodalanadi. Avtomobillarni nisbiy tezliklari topilsin.

Jismning to'g'ri chizikli harakat tezligini vaqtga bog'liqligi  $v(t) = 2-6t+12t^2$  tenglama bilan berilgan. Agar boshlang'ich momentda koordinatalar boshida bo'lgan bo'lsa, jism bosib o'tgan yo'lni vaqtga bog'liqligi topilsin.

Jism bosib o'tgan yo'lni vaqtga bog'liqligi  $S(t) = 2t-3t^2+4t^3$  tenglama bilan berilgan. Tezlikni vaqtga bog'liqligi va harakat boshlangandan so'ng 2 s o'tgach uning qiymati aniqlansin.

Moddiy nuqtaning tezligini vaqtga bog'liqligi  $v=6t$  tenglama bilan berilgan. Agar boshlang'ich momentda harakatlanuvchi nuqta koordinatlar boshida bo'lgan bo'lsa,  $x = f(t)$  bog'lanishni yozing.

To'g'ri chizikli harakat  $x(t) = -1 + 3t^2-2t^3$  tenglama bilan ifodalanadi (SI birliklarda). Tezlik va tezlanish tenglamalari yozilsin.

Moddiy nuqtaning harakat qonuni  $S(t) = 2t+ 0.04t^3$  ko'rinishga ega. Nuqtaning vaqtini boshlang'ich momentidagi tezlik va tezlanish topilsin.

Nuqtaning to'g'ri chiziq bo'ylab harakati  $x(t) = 2t- 0.5t^2$  tenglama bilan berilgan. Harakat boshlangandan qancha vaqtdan so'ng nuqta to'xtaydi?

Jismning bosib o'tgan yo'lni vaqtga bog'liqligi  $S(t) = A+Bt + Ct^2 +Dt^3$  tenglama bilan beriladi, bu yerda  $\tilde{N} = 0.14 \text{ m/s}^2$  va  $D=0.01 \text{ m/s}^3$ . Harakat boshlangandan qancha vaqtdan so'ng jismning tezlanishi  $1 \text{ m/s}^2$  ga teng bo'ladi?

Ikki moddiy nuqtalar harakati  $x_1(t) = 20 + 2t-4t^2$  va  $x_2(t) = 2 + 2t + 0,5t^3$  tenglainalar bilan ifodalanadi (uzunlik - metrlarda, vaqt - sekundlarda). Vaqtning qanday momentida bu nuqtalarning tezliklari tenglashadi?

Liftning harakat tenglamasi  $S(t) = 15t+ 2t^2$  ga asosan, uning tezligini vaqtga bog'lanishini toping.

Jismni to'g'ri chiziq bo'ylab harakat qonuni  $x(t) = 8t-2t^3$  tenglama bilan berilgan. Vaqtning qanday momentida jismning tezligi nolga tenglashadi?

Jismni to'g'ri chiziq bo'ylab harakat qonuni  $x(t) = 2t-3t^2+4t^3$  formula ko'rinishida yoziladi. Tezlanishni vaqtga bog'lanishi va uning harakat boshidan 2 s o'tgach qiymati topilsin.

Nuqtaning to'g'ri chiziq bo'ylab harakati  $x(t) = 4t - 0.05t^2$  tenglama bilan berilgan. Vaqtini qanday momentida nuqta tezligi nolga teng bo'ladi.

Moddiy nuqtaning harakati  $x(t) = 4t-0.05t^2$  tenglama bilan berilgan. Nuqtaning tezligi nolga teng bo'lgan momentda, uning koordinatasi topilsin.

Ikki moddiy nuqtalar  $x_1= 10 + 32t-3t^2$  va  $x_2=5+5t^2$  tenglamalar bilan harakatlanmoqda. Vaqtning qaysi momentida ularning tezligi tenglashadi?

Nuqtaning to'g'ri chizikli harakati  $x = -1 + 3t^2-2t^3$  tenglama bilan ifodalanadi. Nuqta to'xtagunga qadar qancha harakat qiladi?

Ikki jismni to'g'ri chizikli harakati  $x_1=4t + 8t^2 -16t^3$  va  $x_2=2t-4t^2+t^3$  tenglamalarga binoan bo'lmoqda. Vaqtning qanday momentida bu jismlarni tezlanishlari tenglashadi?

Ikki moddiy nuqtalarni tezliklari  $v_1=2 + 4t$  va  $v_2 = 2t + 2t^2$  qonun asosida o'zgaryapti. Harakat boshlangandan qancha vaqtdan so'ng nuqtalarning tezlanishi tenglashadi?

Moddiy nuqtaning harakat tenglamasi  $x(t) = 3t + 0.06t^3$  ko'rinishga ega. Harakat boshlangandan so'ng qanday vaqt oralig'ida nuqtaning o'rtacha tezlanishi  $0.54 \text{ m/s}^2$  ga teng bo'ladi?

Jismni bosib o'tgan yo'lining vaqtga bog'lanishi  $S(t) = At + Bt^2 + Ct^3 - 2Dt^4$  tenglama bilan berilgan, bu yerda  $\dot{N} = 0.14 \text{ m/s}$  va  $D = 0.01 \text{ m/s}$ . Harakat boshlangandan qancha vaqtdan so'ng jismning tezlanishi  $1 \text{ m/s}^2$  ga teng bo'ladi?

Nuqtaning to'g'ri chiziqli harakati  $S(t) = 2t^3 - 10t^2 + 8$  tenglama bilan ifodalanadi. Vaqtning  $t = 4 \text{ s}$  momentidagi jismni tezlik va tezlanishi topilsin.

Jismning harakati  $S(t) = At^4 + Bt^2 + 72$  tenglama bilan ifodalanadi. Agar  $A = 0.25 \text{ m/s}$  va  $\dot{A} = 3 \text{ m/s}$  bo'lsa, jismning maksimal tezligi topilsin.

Nuqta  $x = 7 + 4t$ ;  $y = 2 + 3t$  tenglamalar asosida harakatlanmoqda. Nuqtaning harakat tezligi qanday?

Nuqtaning to'g'ri chiziqli harakati  $S(t) = 4t^4 + 2t^2 + 1$  tenglama bilan ifodalanadi. Vaqtning  $t = 2 \text{ s}$  momentdagi nuqtani tezlik va tezlanishini hamda harakatning  $2 \text{ s}$  dagi o'rtacha tezligi topilsin.

Jismning bosib o'tgan yo'lini berilgan tenglamasi  $S(t) = 4 + 2t + 5t^2$  ga asosan birinchi  $3 \text{ s}$  dagi tezlikni vaqtga bog'lanishi grafigini chizing.

Nuqtaning egri chiziq bo'ylab harakati  $x(t) = t^3$  va  $y(t) = 2t$  tenglamalar bilan berilgan. Nuqta trayektoriyasining tenglamasi topilsin.

Moddiy nuqtaning harakati  $y(t) = 1 + 2t$ ;  $x(t) = 2 + t$  tenglamalar bilan berilgan. Trayektoriyani  $s = y(x)$  tenglamasi tuzilsin va trayektoriyani XOY tekislikda chizing.  $t = 0$  dagi nuqtaning o'rni, yo'nalishi va harakat tezligi ko'rsatilsin.

Tosh  $h = 1200 \text{ m}$  balandlikdan tushadi. O'z harakatining oxirgi sekundida u qanday yo'l bosadi?

Jism  $h = 45 \text{ m}$  balandlikdan boshlang'ich tezliksiz tushadi. Yo'lining ikkinchi yarmidagi o'rtacha tezligini toping.

Jism biror balandlikdan  $v_0 = 30 \text{ m/s}$  boshlang'ich tezlik bilan tik ravishda yuqoriga otilgan.  $t = 10 \text{ s}$  itgach jismning koordinatasi  $h$  va tezligi  $v$ , hamda shu vaqt oralig'ida bosib o'tilgan yo'l topilsin.

Tik ravishda yuqoriga otilgan jism  $h = 8.6 \text{ m}$  balandlikda  $\Delta t = 3 \text{ s}$  vaqt oralab ikki marta bo'lgan. Havoning qarshiligini e'tiborga olmasdan, otilgan jismning boshlang'ich tezligi topilsin.

Jism balkondan tik ravishda  $v_0 = 10 \text{ m/s}$  tezlik bilan otilgan. Balkonning yer sirtidan balandligi  $h = 12.5 \text{ m}$ . Harakat tenglamasi yozilsin va otilgan momentdan to' yerga etgunga qadar o'rtacha yo'l tezligi aniqlansin.

Jism qiya tekislikdan ishqalanishsiz sirpanib tushadi. Agar jismning birinchi  $0.5 \text{ s}$  dagi o'rtacha tezligi  $1.5 \text{ s}$  dagidan  $2.45 \text{ m/s}$  ga kichik bo'lsa, tekislikni gorizontga qiyaligi topilsin.

Jism gorizontga nisbatan  $\alpha_0$  burchak ostida  $v_0$  tezlik bilan otilgan. Koordinatalarni vaqtga bog'lanishini va trayektoriyani tenglamasi topilsin.

Jism gorizontga nisbatan biror  $\alpha_0$  burchak ostida otilgan. Agar jismning gorizont yo'nalishda uchib o'tgan yo'li  $S$  uning trayektoriyasini maksimal balandligidan to'rt marta kichik bo'lsa, shu burchakning kattaligi topilsin.

Nuqta aylana bo'ylab  $S(t) = 4t^2$  tenglamaga asosan harakatlanmoqda. Harakat boshlangandan so'ng  $0.5 \text{ s}$  vaqt o'tgach, harakatning tangensial tezlanish normal tezlanishga teng bo'ldi. Aylananing radiusi topilsin.

Minoradan gorizont yo'nalishda  $15 \text{ m/s}$  tezlik bilan tosh otilgan. Tangensial va normal tezlanishlar teng bo'lgan momentda trayektoriyani egrilik radiusi topilsin.

Jism gorizont yo'nalishda  $12 \text{ m/s}$  tezlik bilan otilgan. Jismning tezligi  $20 \text{ m/s}$  bo'lgan momentda trayektoriyaning egrilik radiusi topilsin.

Nuqtaning egri chiziq bo'ylab harakati  $S(t) = 2 - 4t^2 + t^3$  qonun bilan ifodalanadi. Harakatning  $4$ - sekundida agar normal tezlanish  $a_n = 6 \text{ m/s}^2$  ga teng bo'lsa, shu momentdagi trayektoriyani egrilik radiusi topilsin.

Nuqta radiusi  $10 \text{ m}$  bo'lgan aylananing yoyi bo'ylab harakatlanmoqda. Vaqtning biror momentida nuqtani normal tezlanishi  $4 \text{ m/s}$  ga teng. Shu momentda to'liq tezlanish vektori normal tezlanish vektori bilan  $60^\circ$  burchak hosil qiladi. Nuqtaning tezligi va tangensial tezlanishi topilsin.

Nuqta egri chiziq bo'ylab  $a_T = 0.5 \text{ m/s}$  ga teng bo'lgan o'zgarmas tangensial tezlanish bilan harakatlanmoqda. Agar nuqtaning egri chiziq' i radiusi  $3 \text{ m}$  bo'lgan uchastkasida tezligi  $2 \text{ m/s}$  bo'lgan bo'lsa, uning shu uchastkadagi to'liq tezlanishi topilsin.

Minoradan gorizont yo'nalishda  $14 \text{ m/s}$  tezlik bilan tosh otilgan. Necha sekunddan so'ng toshni tangensial tezlanishi  $0.6 \text{ m/s}$  ga teng bo'ladi? Havoning qarshiligi e'tiborga olinmasin.

Jism gorizontga nisbatan  $\alpha_0$  burchak ostida  $u_0$  tezlik bilan otilgan. Agar trayektoriyani eng yuqori nuqtasida egrilik radiusi  $5 \text{ m}$  bo'lsa, jismni qanday burchak ostida otilganligi aniqlansin.

Jism gorizontga nisbatan burchak ostida  $14 \text{ m/s}$  tezlik bilan otilgan. Trektoriyani eng yuqori nuqtasida uni egrilik radiusi aniqlansin. Havoning qarshiligi e'tiborga olinmasin.

Jism gorizontga nisbatan  $60^\circ$  burchak ostida  $14 \text{ m/s}$  tezlik bilan otilgan trayektoriyani eng yuqori nuqtasida uni egrilik radiusi aniqlansin. Havoning qarshiligi e'tiborga olinmasin.

Jismni maksimal ko'tarilish balandligi uchish masofasiga teng bo'lishi uchun u gorizontga nisbatan qanday burchak ostida otilishi kerak?

Jism gorizontga nisbatan  $\alpha$  burchak ostida  $u_0$  tezlik bilan otilgan. Tezlik vektorini gorizont bilan hosil qiluvchi (3 burchakni vaqtga bog'lanishi topilsin).

Jism gorizont bo'ylab 15 m/s tezlik bilan otilgan. Harakat boshlanishidan 1 s o'tgach jismni normal va tangensial tezlanishlari topilsin.

Tosh gorizonttal yo'nalishda otilgan. Harakat boshlanishidan 0.5 s o'tgach tosh tezligini qiymati uni boshlang'ich tezligiga nisbatan 1.5 marta katta bo'lgan. Toshning boshlang'ich tezligi topilsin. Havoning qarshiligi e'tiborga olinmasin.

Tog'dan gorizonttal yo'nalishda 15 m/s tezlik bilan tosh otilgan. Qancha vaqtdan so'ng uning tezligi gorizont bilan  $45^\circ$  burchak hosil qiladi?

Minoradan gorizonttal yo'nalishda 20 m/s tezlik bilan jism otilgan. Agar u minoraning balandligi  $h$  dan ikki barobar katta masofada (minora asosidan) yerga tushgan bo'lsa, minoraning balandligi topilsin.

Gorizontga nisbatan  $60^\circ$  burchak ostida  $v_0 = 20$  m/s tezlik bilan jism otilgan. Qancha vaqtdan so'ng gorizontga nisbatan jism  $\beta = 45^\circ$  burchak ostida harakatlanadi?

Minoradan gorizonttal yo'nalishda 15 m/s tezlik bilan tosh otilgan. Qancha vaqtdan so'ng tangensial va normal tezlanishlar tenglashadi? Havoning qarshiligi e'tiborga olinmasin.

Nuqta radiusi 4 m bo'lgan aylana bo'ylab harakatlanmoqda. Uning harakat qonuni  $S = 8 - 2t^2$  ( $S$  - metrlarda,  $t$  - sekndlarda) bilan ifodalanadi. Vaqtning qanday momentida uning normal tezlanishi  $a_n = 9$  m/s ga teng bo'ladi?

Nuqtaning aylana bo'ylab harakati  $S(t) = 10 - 2t + t^3$  tenglama bilan berilgan. Harakat boshlanishidan 2s o'tgach nuqtaning normal tezlanishi 1 m/s ga teng bo'lgan bo'lsa, aylananing radiusi topilsin.

Nuqta radiusi 2 m bo'lgan aylana bo'ylab harakatlanmoqda. Harakat tenglamasi  $S(t) = 2t^3$ . Vaqtning qaysi momentida uning normal tezlanishi tangensial tezlanishiga teng bo'ladi?

Nuqtaning radiusi 4 m bo'lgan aylana bo'ylab harakati  $S(t) = 10 - 2t + t^2$  tenglama bilan berilgan. Nuqtaning 2 sekunddan keyingi normal va tangensial tezlanishlari topilsin.

Jism radiusi 10 m bo'lgan aylana bo'ylab  $S(t) = 4 - 2t^2 + t^4$  qonun asosida aylanmoqda. Vaqtning qaysi momentida uning tangensial tezlanishi 44 m/s<sup>2</sup> ga teng bo'ladi?

Moddiy nuqtaning radiusi  $R$  bo'lgan aylana bo'ylab harakat tenglamasi  $S(t) = 8t - 0.2t^3$  ko'rinishga ega. Nuqtaning 3-sekunddagi normal va tangensial tezlanishlari topilsin.

Minoradan gorizonttal yo'nalishda 20 m/s tezlik bilan tosh otilgan. Harakat boshlanishidan 2s o'tgach toshning tezligi, normal va tangensial tezlanishlari aniqlansin.

Balandligi 49 m bo'lgan minoradan gorizonttal yo'nalishda 5 m/s tezlik bilan jism otilgan. Tushish vaqtining yarimiga teng bo'lgan momentdagi nuqtada jismni tangensial va normal tezlanishlari aniqlansin. Minoradan qanday masofada u yerga tushadi?

Tik, balandligi 24.5 m bo'lgan qoyadan gorizonttal yo'nalishda biror boshlang'ich tezlik bilan koptok otilgan. Koptok yerda qoya asosidan 30 m uzoqlikda joylashgan nishonga tegadi. Koptok qanday boshlang'ich tezlik bilan otilgan va u nishonga tegib, qanday tezlikka ega bo'ladi?

5 m balandlikdan gorizontga nisbatan  $30^\circ$  burchak ostida otilgan koptok yerga tushdi. Agar uning boshlang'ich tezligi 22 m/s bo'lsa, koptokning oxirgi tezligini va uchish masofasini toping.

Tezligi 20 m/s bo'lgan jismning uchish masofasi uning ko'tarilish balandligidan 4 marta katta bo'lishi uchun u gorizontga nisbatan qanday burchak ostida otilishi kerak? Trayektoriyaning eng baland nuqasida egrilik radiusi topilsin.

Tezligi 15 m/s bo'lgan koptok gorizonttal sirtga urilib, undan huddi shu tezlik bilan qaytdi. Koptokning tushish burchagi  $60^\circ$ . Koptokning ko'tarilish balandligini, uchish masofasini va trayektoriyani eng yuqori nuqtasida egrilik radiusini aniqlang.

Harakat boshlanishidan 1.5 s o'tgach maxovik gardishida yotgan nuqtaning to'liq tezlanishi vektori maxovik radiusi bilan qanday burchakni tashkil etadi? Maxovikni burchakli tezlanishi 0.77 m/s<sup>2</sup> ga teng.

Radiusi  $R = 20$  sm bo'lgan disk  $\varphi = A + Bt + Ct^3$  tenglamaga asosan aylanadi bunda,  $A = 3$  rad,  $B = -1$  rad/s,  $C = 0.1$  rad/s<sup>3</sup>. Vaqtning  $t = 10$  s momenti uchun disk aylanasida yotgan nuqtalarni tangensial  $a_T$ , normal  $a_n$  va to'liq  $a$  tezlanishi aniqlansin.

Nuqtaning aylana bo'ylab tekis tezlanuvchan harakati uchun  $t_2/t_1$  aniqlansin, agarda  $a = 5$  bo'lsa, vaqt harakat boshlanish momentidan hisoblanadi.

$t = 6$  s vaqt davomida radiusi  $R = 0.8$  m aylana uzunligini yarmiga teng bo'lgan yo'lni bosib o'tdi. Shu vaqt ichidagi o'rtacha yo'l tezligi va o'rtacha tezlik vektorini moduli topilsin.

Nuqtaning egri chiziq bo'ylab harakati  $x = a_1 t^3$  va  $y = a_2 t$  tenglinalar bilan ifodalanadi. Bu yerda  $a_1 = 1$  m/s va  $a_2 = 2$  m/s. Nuqtaning, harakat trayektoriyasining tenglamasi,  $t = 0.8$  s vaqt momenti uchun uning tezligi va tezlanishi aniqlansin.

Nuqtaning egri chiziq bo'ylab harakati  $x = 2t^2$  va  $y = t^4$  tenglamalar bilan berilgan. Nuqta trayektoriyasini tenglamasi topilsin.

Jism gorizontalga nisbatan  $30^\circ$  burchak ostida otilgan. Harakatning boshlang'ich momentidagi normal va tangensial tezlanishlar topilsin.

Gorizontalga nisbatan  $30^\circ$  burchak ostida quroldan chiqqan snarad  $t_1 = 10$ s va  $t_2 = 50$ s vaqt o'tgach ikki marta biror bir balandlikda bo'lgan. Boshlang'ich tezlik va shu balandlik topilsin.

Vaqtning qanday momentida gorizontal ravishda  $v_0 = 19.6$  m/s boshlang'ich tezlik bilan otilgan jismni tangensial tezlanishi normal tezlanishga teng bo'ladi?

Koptok  $v_0 = 9.8$  m/s tezlik bilan gorizontal ravishda otilgan. Qancha vaqtdan so'ng koptokning normal tezlanishi tangensial tezlanishdan 2 marta katta bo'ladi?

Jar chetidan  $v_0 = 20$  m/s tezlik bilan gorizontal yo'nalishda koptok otilgan. Trayektoriyani shunday nuqtasi topilsinki, undagi egrilik radiusi eng yuqori nuqtadagi egrilik radiusiga nisbatan 8 marta ortiq bo'lsin.

Jism gorizontal ravishda otilgan. Otilgandan so'ng 5 s vaqt o'tgach uning to'liq tezligi va to'liq tezlanishi yo'nalishlari orasidagi burchak ( $\beta = 45^\circ$  ga teng bo'ldi. Shu moment dagi jismni to'liq tezligi è topilsin.

Futbol koptogi  $v_0 = 10.7$  m/s boshlang'ich tezlik bilan gorizontalga nisbatan  $\alpha = 30^\circ$  burchak ostida otiladi.

Koptok, otilgan nuqtadan  $S = 6$  m masofada joylashgan vertikal devorga elastik uriladi. Koptok otilgan nuqtadan yerga tushish nuqttagacha bo'lgan masofa topilsin.

Jism gorizontalga nisbatan burchak ostida  $v_0 = 10$  m/s boshlang'ich tezlik bilan otilgan. Jismni  $h = 3$  m balanda bo'lgan momentdagi tezligi topilsin.

Pilotajning biror bir figurasini bajarishda samolyot harakat yo'lining to'g'ri chiziqli uchastkasidagi trayektoriyasi  $x = bt + ct^2$  tenglama bilan ifodalanadi, bunda  $b = 250$  m/s,  $\dot{x} = 5$  m/s . Figurani bajarish boshlanganidan 5 s o'tgach samolyotni chiziqli tezligi va tangensial tezlanish topilsin.

## 2-AMALIY MASHG'ULOT DINAMIKA

Masala yechish namunalari

1-masala.

500 kg massali poezd tormozlanganda tekis sekinlanuvchan harakat qilib 1 minut davomida tezligini 40 km/soat dan 28 km/soat gacha kamaytirgan. Tormozlash kuchi topilsin.

Yechish:

$$1) \quad \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \quad \Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t \quad m \Delta \vec{v} = \vec{F} \Delta t$$

$$m(v_2 - v_1) = -F \Delta t \quad \Delta t = t \quad F = m \frac{v_1 - v_2}{t}$$

$$F = 2.75 \cdot 10^3 \text{ N}$$

2-masala

$F = 10$  N o'zgarmas kuch ta'sirida jism shunday to'g'ri chiziqli harakatlanadiki, u o'tgan yo'lining vaqtga bo'g'lanishi  $S = A - Bt + Ct^2$  tenglama bilan berilgan. Doimiylik  $C = 1$  m/sek<sup>2</sup> bo'lsa, jismning massasini topilsin.

Yechish:

$$1) \quad \vec{F} = m\vec{a} \quad \vec{F} = ma$$

$$a = \frac{d^2 s}{dt^2} \cdot \frac{ds}{dt} = -B + 2Ct \quad \frac{d^2 s}{dt^2} = 2C \quad F = m \cdot 2C$$

$$m = \frac{F}{2C} = 5 \text{ kg}$$

3-masala

Kesim yuzi  $S = 6 \text{ sm}^2$  bo'lgan suv oqimi devorga nisbatan normal  $\alpha = 60^\circ$  burchakda uriladi va tezligini o'zgartirmasdan devorga elastik qaytadi. Agar suv oqimining tezligi  $U = 12 \text{ m/sek}$  bo'lsa, devorga ta'sir qiluvchi kuch topilsin.

Yechish:  $\Delta t \quad m = lS\rho = Sv\Delta t\rho$

$$F\Delta t = m\Delta v \quad F = \frac{m\Delta v}{\Delta t}$$

$$\Delta v = v_1 \cos \alpha - (v_2 \cos \alpha) = \cos \alpha (v_1 + v_2)$$

$$v_1 = v_2 = v \quad \Delta v = 2v \cos \alpha$$

$$F = \frac{Sv\Delta t\rho \cdot 2v \cos \alpha}{\Delta t} = 2Sv^2 \rho \cos \alpha \quad F = 86N$$

4-masala.

Dvigatelni o'rtacha qiymati 15 ot ga teng bo'lgan avtomobil 100 km yo'lni 30km/soat o'rtacha tezlik bilan bosib o'tganda qancha miqdorda benzin sarflangan. Dvigatelning FIK 22%. Benzinning yonish koeffitsiyenti  $Q=46\text{MJ} / \text{kg}$ .

Yechish:

$$A = \frac{Nt}{\eta} = \frac{Ns}{\eta v}$$

$$m = \frac{A}{q} = \frac{Ns}{q\eta v} \quad m = 3\text{kg}$$

5-masala.

10 m/s tezlik bilan uchib ketayotgan granata portlab ikkiga parchalandi. Granata og'irligining 60% ni tashkil qilgan kattaroq parcha dastlabki yo'nalishda, ammo 25 m/s gat eng tezlik bilan o'z harakatini davom ettiradi. Kichik parchaning tezligi topilsin.

Yechish:  $\vec{p} = m\vec{v} \quad \vec{p} = 0,6m\vec{u}_1 + 0,4m\vec{u}_2$

$$mv = m_1u_1 + m_2u_2 \quad mv = 0,6mu_1 + 0,4mu_2$$

$$v = 0,6u_1 + 0,4u_2 \quad u_2 = \frac{v - 0,6u_1}{0,4} = -12,5 \text{ m/c}$$

$$m = 1 \quad m_1 = 0,6 \quad m_2 = 0,4 \quad mv = 10$$

$$m_1u_1 = 15 \quad m_2u_2 = 5$$

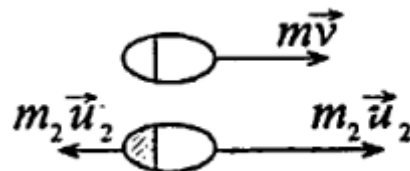
6-masala.

Avtomat minutiga 600 ta o'q chiqaradi. Har bir o'qning massasi 4 gr, uning boshlang'ich tezligi 500 m/s. otish vaqtidagi orqaga tepishning o'rtacha kuchi topilsin.

$$F = ma = m \frac{v}{t} \quad t = \frac{1}{n}$$

$$n = 600 \text{ min}^{-1} = 10 \text{ s}^{-1} \quad F = mvn$$

$$F = 20N$$



7-masala.

Yer sirtidan 200 km balandlikda aylana orbita bo'ylab harakatlanayotgan Yerning sunniy yo'ldoshiga ta'sir qiluvchi kuchning intilma tezlanishi topilsin.



Yechish:  $v = \sqrt{g \frac{R_3^2}{R}}$

$$R = R_3 + h$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{gR_3^2}{R^2} = \frac{gR_3^2}{(R_3 + h)^2}$$

$$a_n = 9,2 \text{ m/s}^2$$

8-masala.

Yer sirtidan qanday masofada og'irlik kuchining tezlanishi  $1 \text{ m/s}^2$  ga teng bo'ladi.

Yechish:  $\frac{g_h}{g} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$

$$h : (R+h)^2 = \frac{gR^2}{g_h}$$

$$h = R \sqrt{\frac{g}{g_h}} - R$$

$$h = 13590 \text{ km}$$

#### MUSTAQIL ISHLASH UCHUN MASALALAR

Massasi  $0.5 \text{ kg}$  bo'lgan jism shunday harakatlanmoqdaki, uning bosib o'tgan yo'li  $S$  ning vaqt  $t$  ga bog'liqligi  $S = 5 \sin t$  tenglama bilan beriladi. Harakat boshlangandan so'ng  $t = 1/6 \text{ s}$  vaqt o'tgach, jismga ta'sir etuvchi kuch topilsin.

Massasi  $2 \text{ kg}$  bo'lgan jismga qandaydir o'zgaruvchan kuch ta'sir etmoqda. Bu kuch ta'sirida jism  $x = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$  tenglamaga muvofiq harakatlanmoqda, bunda  $A = 1 \text{ m/s}$   $D = -0.2 \text{ m/s}$ . Vaqtning qaysi momentida jismga ta'sir etuvchi kuch nolga teng bo'ladi?

$10 \text{ N}$  ga teng bo'lgan o'zgarmas kuch ta'sirida jism shunday harakat qiladiki, uning bosib o'tgan yo'lini vaqtga bog'lanishini ifodalaydigan tenglama  $S(t) = -Bt + Ct^2$  ko'rinishga ega. Agar  $C = 1 \text{ m/s}^2$  bo'lsa, jismning massasi topilsin.

O'zgarmas massali jism tormozlangunga qadar tekis harakatlangan. To'xtash momentida tormozlovchi kuch  $F_1 = 40 \text{ N}$  ga tenglashadi. Agar tormozlovchi kuch ta'sir qilgandan keyin bosib o'tilgan yo'lni vaqtga bog'lanishi  $S(t) = 196t - t^3$  qonun bilan o'zgargan bo'lsa, tormozlanish boshlangandan so'ng  $3 \text{ s}$  o'tgach tormozlovchi kuchni toping.

Massasi  $200 \text{ kg}$  chana gorizontol yo'nalishda tezlanuvchan harakat qilmoqda. Ta'sir etuvchi kuch  $1000 \text{ N}$  ga teng bo'lib, gorizontga nisbatan  $30^\circ$  burchak hosil qiladi. Ishqalanish koeffitsiyenti  $0.05$ . Chananing tezlanishi topilsin.

Massasi  $5 \text{ kg}$  bo'lgan chananing  $5 \text{ s}$  davomida gorizontol yo'nalishda  $20 \text{ N}$  kuch bilan tortishdi. Yo'l va chana orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti  $0.3$ . Harakat boshlanishidan, to to'xtagunga qadar chana qancha yo'l bosadi?

Shnur bilan bog'langan va massalari  $1 \text{ kg}$  va  $4 \text{ kg}$  bo'lgan ikki brusok stol ustida yotadi. Agar birinchi brusokka gorizontol yo'nalgan  $10 \text{ N}$  kuch bilan ta'sir etilsa, brusoklar qanday tezlanish bilan harakatlanadi. Ishqalanishni e'tiborga olmag.

Liftning passajirlar bilan og'irligi  $8 \cdot 10^3 \text{ N}$ . Agar lift osilgan trosni tarangligi  $1.2 \cdot 10^4 \text{ N}$  ga teng bo'lsa, liftning tezlanishi va harakat yo'nalishini toping.

Liftning passajirlar bilan og'irligi  $10^4 \text{ N}$ . Agar lift osilgan trosni tarangligi  $1.2 \cdot 10^4 \text{ N}$  ga teng bo'lsa, liftning tezlanishi va harakat yo'nalishini toping.

Agar havoning qarshiligi tezlikka bog'liq bo'lmay, o'rtacha og'irlik kuchining  $1/7$  ga teng bo'lsa, tik yuqoriga  $44.8 \text{ m/s}$  tezlik bilan otilgan jism necha sekunddan keyin yerga tushadi?

Prujinali taroziga blok osilib, undan shnur o'tkazilgan. Shnur uchlariga massasi  $1.5 \text{ kg}$  va  $3 \text{ kg}$  bo'lgan yuklar osilgan. Yuklarning harakati paytida tarozini ko'rsatishi qanday bo'ladi? Blok va shnur massalari e'tiborga olinmasin.

Blok orqali o'tkazilgan vaznsiz ipga massalari  $220 \text{ g}$  va  $270 \text{ g}$  bo'lgan yuklar osilgan. Sistemaning tezlanishi aniqlansin. Blokning massasi va undagi ishqalanish e'tiborga olinmasin.

Qo'zg'almas blok orqali o'tkazilgan ip uchlariga osilgan jismlarning har birining massasi  $240 \text{ g}$ . Jismlar  $4 \text{ s}$  davomida  $160 \text{ sm}$  yo'l o'tishi uchun ularning biriga qo'yilgan qo'shimcha yukning massasi qancha bo'lishi kerak?

Massasi 0.4 kg bo'lgan jism tik yuqoriga 30 m/s boshlang'ich tezlik bilan otigan. U ko'tarilishni eng yuqori nuqtasiga 2.5 s da yetdi. Ko'tarilish paytida jismga ta'sir etuvchi havoning qarshilik kuchining o'rtacha qiymati qanday?

Tekis tushayotgan ayrostatdan qanday massali ballastni tashlansa, u xuddi shu tezlik bilan tekis ko'tarila boshlaydi? Ayrostatni ballast bilan masasi 16000 kg, ayrostatni ko'tarish kuchi 12000 N. Havo qarshiligi ko'tarilishda va tushishda bir deb qaralsin.

Ipga tosh osilgan. Agar bu toshni  $a_1 = 3 \text{ m/s}^2$  tezlanish bilan ko'tarilsa, u holda ipning taranglikligi u uzilishi mumkin bo'lgan taranglikdan ikki marta kichik bo'ladi. Bu toshni qanday tezlanish bilan ko'tarilsa uziladi?

Dinamometr, unga osilgan yuk bilan awal tik yuqoriga ko'tarilgan, so'ngra esa pastga tushirilgan. Ikki holda ham harakat musbat tezlanish bilan bo'lib, u  $6 \text{ m/s}^2$  ga teng bo'lgan. Dinamometr ko'rsatishlarining farqi 29.4 N bo'lsa, yukni massasi qancha edi?

Biror diametrli po'lat sim 4400 N taranglik kuchiga chidash beradi. Shu simga osilgan massasi 400 kg yukni qanday tezlanish bilan ko'tarish mumkinki, bunda sim uzilib ketmasin?

Gorizontal taxtada yuk yotibdi. Yuk bilan taxta orasidagi ishqalanish ko'effitsiyentini 0.1 deb olamiz. Taxtaga gorizontal yo'nalishda qanday tezlanish berilganda undagi yuk sirpanib tushadi?

Massalari 1 kg va 4 kg bo'lgan, o'zaro shnur bilan bog'langan ikki brusok stol ustida yotibdi. Agar birinchi brusokka gorizontal yo'nalishda 10 N kuch bilan ta'sir etilsa, shurning taranglik kuchi qanday bo'ladi?

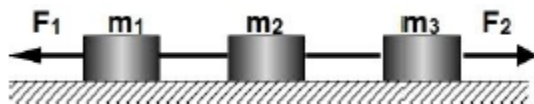
Relsda turgan vagonga qanday kuch bilan ta'sir etilsa u tekis tezlanuvchan harakat qila boshlab 30 s vaqt ichida 11 m yo'l bosadi. Vagonning massasi 16 m. Harakat paytida vagonga uning og'irlik kuchining 0.05 ga teng bo'lgan ishqalanish kuchi ta'sir etadi.

Silliq stol ustida 4 kg massali brusok yotibdi. Brusokka ikkita shnur bog'langan va ular stolni qarama-qarshi chekkalariga mahkamlangan ikkita qo'zg' almas va vaznsiz bloklar orqali o'tkazilgan. Shnurlar uchiga massalari 1 kg va 2 kg bo'lgan yuk osilgan. Har bir shnurni taranglik kuchi topilsin.

Jism gorizontal nisbatan a burchak hosil qiluvchi F kuch ta'sirida gorizontal tekislik bo'ylab harakatlanmoqda. Jism massasi m, jism bilan tekislik orasidagi ishqalanish ko'effitsiyenti k. Qanday kuch ta'sirida harakat tekis bo'ladi?

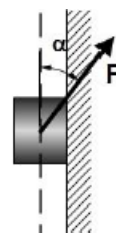
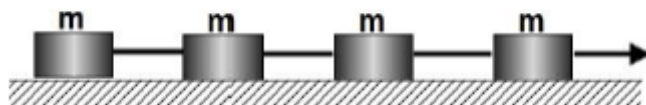
Vaznsiz ip bilan bog'langan bir-biriga, uchta jism silliq stol ustida turibdi (rasm).  $m_1$  massali jismga tekislik bo'ylab yo'nalgan  $F_1$  kuch qo'yilgan, massasi  $m_3$  bo'lgan jismga  $F_2 > F_1$  kuch qarama-qarshi yo'nalishda ta'sir etmoqda.  $m_1$  va  $m_3$  massali jismlar orasidagi ipning taranglik kuchi topilsin.

Bir-biri bilan bog'langan va liar birini massasi m bo'lgan to'rtta brusok silliq stol ustiga qo'yilgan (rasm). Birinchi brusokka gorizontal yo'nalgan F kuchi ta'sir etmoqda. Iplarning taranglik kuchlari topilsin.



Brusoklar va stol orasidagi ishqalanish kuchlari e'tiborga olinmasin.

Massasi m bo'lgan jism vertikal devor bo'ylab yuqoriga qarab, vertikal bilan a burchak hosil



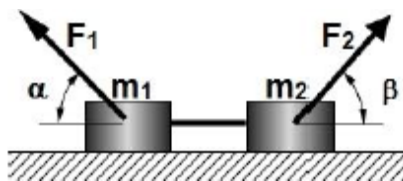
qiluvchi F kuch ta'sirida harakatlanmoqda (rasm). Jism va devor orasidagi ishqalanish kuchi k.

Jismning tezlanishi topilsin.

Cho'zilmas ip bilan bog'langan va massalari  $m_1$  va  $m_2$  bo'lgan ikkita brusok gorizontal tekislikda joylashgan. Ularga gorizontal bilan a va (3 burchak hosil qiluvchi  $F_1$  va  $F_2$  kuchlar qo'yilgan (rasm). Brusoklar bilan tekislik orasidagi ishqalanish ko'effitsiyenti k.  $F_1$  va  $F_2$  kuchlar brusoklar og'irligidan kichik. Sistema chapga tomon harakatlanmoqda. Sistemaning tezlanishi topilsin.

Silliq stol ustida 4 kg massali brusok turibdi. Stolni ikki qarama-qarshi chekkasiga mahkamlangan

qo'zg'almas bloklar orqali o'tkazilgan ikki shnur brusokka bog'langan. Shnurlar uchiga massalari 1 kg va 2 kg



yuk osilgan. Brusokning harakat tezlanishi topilsin. Blok massasi va ishqalanish kuchi e'tiborga olinmasin.

Jism gorizont bilan  $45^\circ$  burchak tashkil etuvchi qiya tekislik bo'ylab sirpanmoqda. Jismni vaqtga bog'liq ravishda bosgan yo'li  $S(t) = 1,73t^2$  tenglama bilan berilgan. Jismni tekislikka ishqalanish koeffitsiyenti topilsin.

Agar jismni qiya tekislikda tinch bo'lish chekli burchagi  $30^\circ$  ga teng bo'lsa, balandligi 2 m va qiyalik burchagi  $45^\circ$  bo'lgan qiya tekislik uchidan og'ir jism qancha vaqt ichida pastga tushadi?

Mahkamlangan (rasm). Teng og'irlikka ega bo'lgan va har biri 10 N ga teng ikki jism ip bilan bog'lanib blok orqali o'tkazilgan. Ipining tarangligi topilsin.

Ishqalanish kuchlari e'tiborga olinmasin.

Og'irligi 104 N bo'lgan avtomobil yo'lni har 25 m masofasida balandlik 1 m ga ozgaradigan tog'ga o'zgarimas tezlik bilan chiqayotgan bo'lsa, motorining tortish kuchini toping. Harakat paytida avtomobilga uning og'irligini 0.1 qismiga teng bo'lgan ishqalanish kuchi ta'sir etadi.

Qiya tekislikdagi 50 kg massali jismga 294 N kuch gorizont yo'unaliqda ta'sir etmoqda. Jism qiya tekislikka qanday kuch bilan bosadi. Qiya tekislik gorizont bilan  $30^\circ$  burchak tashkil etadi. Ishqalanish e'tiborga olinmasin (rasm).

141. Massasi 100 kg bo'lgan jism qiyalik burchagi  $20^\circ$  bo'lgan qiyalik tekislik bo'ylab qiyalik tekislikka parallel va 1000 N ga teng bo'lgan kuch ta'sirida ko'tarilmoqda. Ishqalanish koeffitsiyenti 0.1. Jism qanday tezlanish bilan harakatlanadi?

142. 100 kg massali jism qiya tekislik bo'ylab 2 m/s tezlanish bilan ko'tarilmoqda. Jismni ko'tarish uchun qiya tekislikka normal bo'lgan qanday kuch ta'sir etishi kerak? Ishqalanish koeffitsiyenti 0.2. Qiyalik burchagi  $30^\circ$ .

Gorizontga nisbatan qiyaligi  $30^\circ$  bo'lgan kanat temir yo'lidan 500 kg massali vagonetka pastga tushmoqda. Vagonetkaning tezligini 10 m yo'lda ikki marta kamayishi uchun kanatga qanday kuch qo'yilishi lozim, agar u tormozlanish oldidan 4 m/s tezlikka ega bo'lgan bo'lsa, ishqalanish koeffitsiyentini 0.1 deb hisoblang.

Muzli tog' gorizont bilan  $10^\circ$  burchak taslikil etadi. Bu tog' bo'ylab biror balandlikka tosh ko'tariladi, so'ngra huddi shu yo'l bilan pastga sirpanib tushadi. Agar yuqoriga chiqish vaqti tushish vaqtiga nisbatan ikki marta ko'p bo'lsa, ishqalanish koeffitsiyenti qanday.

Gorizont bilan  $45^\circ$  burchak taslikil etuvchi qiya tekislik uchiga vaznsiz blok mahkamlangan. Blok orqali ip o'tkazib uning uchlariga har birining massalari  $m_1 = m_2 = 2$  kg bo'lgan yuklar osilgan. Ipining tarangligi topilsin. Qiya tekislikdagi ishqalanish koeffitsiyenti 0.2, blokda ishqalanish e'tiborga olinmasin.

Gorizont bilan  $\alpha = 30^\circ$  va  $\beta = 45^\circ$  burchak tashkil etuvchi ikki qiya tekislik cho'qqisiga vaznsiz blok qo'yilgan. Massalari 1 kg bo'lgan ikki A va B yuklar ip bilan bog'lanib blok orqali o'tkazilgan. Ipining tarangligi topilsin. Ishqalanish kuchlari e'tiborga olinmasin.

Gorizont bilan  $4^\circ$  burchak tashkil etgan qiya tekislikda jism joylashgan. Agar ishqalanish koeffitsiyenti 0.3 bo'lsa, jism qiya tekislik bo'ylab qanday tezlanish bilan sirpanadi?

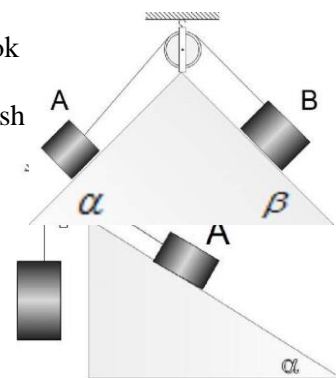
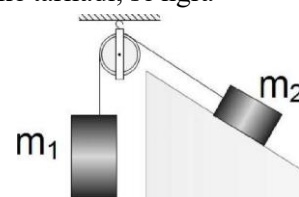
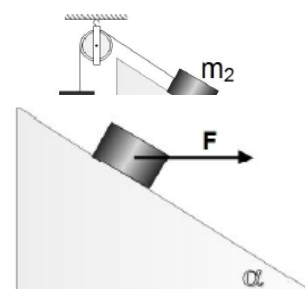
Gorizont bilan  $45^\circ$  burchak tashkil etuvchi qiya tekislik uchiga vaznsiz blok o'rnatilgan. Har birining massasi 3 kg bo'lgan va bir-biri bilan ip bilan bog'langan A va B yuklar blok orqali o'tkazilgan. Yuklar qanday tezlanish bilan harakatlanadi? Qiya tekislikdagi ishqalanish koeffitsiyenti 0.3. Blokda ishqalanish e'tiborga olinmasin.

Gorizont bilan  $25^\circ$  burchak tashkil etuvchi qiya tekislikni uzunligi 2 m. jism tekis tezlanuvchan harakatlanib qiya tekislikdan 2 s davomida sirpanib tushdi. Jismni qiya tekislik bilan ishqalanish koeffitsiyentini toping. Gorizont bilan  $4^\circ$  burchak taslikil etuvchi qiya tekislikda jism turibdi. Qanday chegaraviy ishqalanish koeffitsiyentida jism qiya tekislikda sirpana boshlaydi?

Gorizont yo'lda 9 km/soat tezlik bilan harakatlanuvchi velosipedchi burilishda chizadigan yoyning eng kichik radiusi qanday bo'ladi? Berilgan yo'lda velosiped shinasining ishqalanish koeffitsiyenti 0.25.

Massasi 1000 kg bo'lgan avtomobil egrilik radiusi 50 m ga teng qavariq ko'priq ustida harakatlanmoqda. Eng yuqori nuqtada ko'priqka bosim ko'rsatmaslik uchun avtomobil qanday eng kichik tezlik bilan harakatlanishi kerak?

Agar qutbda ekvatorga nisbatan jism og'irligi ikki barobar katta bo'lsa, sharsimon planetaning zichligi topilsin. Planetaning o'z o'qi atrofida aylanish davri  $T = 2$  soat 40 min ga teng.



### 3-AMALIY MASHG'ULOT

## QATTIQ JISM AYLANMA HARAKATIGA DOIR MASALALAR YECHISH

#### MUSTAQIL ISHLASH UCHUN MASALALAR

Massasi  $m=0.3$  kg bo'lgan modiy nuqtani, unga nisbatan  $r=20$  sm masofada joylashgan o'qqa nisbatan inersiya momentini aniqlang.

Har birini massasi  $m=10$  g bo'lgan ikkita kichik sharlar bir-biri bilan ingichka vaznsiz uzunligi  $l=20$  sm bo'lgan sterjen orqali mahkamlangan. Sistemaning massa markazi orqali o'tuvchi va sterjenga perpenedikular bo'lgan o'qqa nisbatan inersiya momenti topilsin.

Massalari  $m=10$  g bo'lgan uchta kichik sharlar tomonlari  $a=20$  sm ga teng bo'lgan teng tomonli uchburchak uchlariga joylashtirilib, bir-biri bilan mahkamlangan. Sistemaning uchburchak atrofida chizilgan aylana markazidan o'tib uchburchak sirtiga perpenedikular bo'lgan o'qqa nisbatan inersiya momenti topilsin.

Uzunligi  $l=30$  sm va massasi  $m=100$  g bo'lgan ingiclika bir jinsli sterjenni unga perpenedikular bo'lgan va 1) uning chetidan o'tuvchi, 2) uning o'rtasidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti topilsin.

Uzunligi  $l=60$  sm va massasi  $100$  g bo'lgan bir jinsli ingiclika sterjenni uning bir uchidan  $a=20$  sm masofada yo'tgan sterjen nuqtasi orqali o'tib unga perpenedikular bo'lgan o'qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin. Tomonlari  $a=12$  sm va  $b=16$  sm bo'lgan simdan yasalgan to'g'ri to'rtburchakni kichik tomonlarini o'rtasidan o'tib, to'rtburchakni sirtida yo'tgan o'qqa nisbatan inersiya momentini hisoblab toping. Massa butun uzunlik bo'ylab bir tekis  $\tau=0.1$  kg/m chiziqli zichlik bilan taqsimlangan.

Uzunligi  $L=0.5$  m va massasi  $m=0.2$  kg bo'lgan ingiclika to'g'ri sterjenni uning bir uchidan  $l=0.15$  m masofada yo'tgan sterjen nuqtasi orqali o'tib unga perpenedikular bo'lgan o'qqa nisbatan inersiya momenti nimaga teng?

Sharni uning sirtiga urinma ravishda o'tkazilgan o'qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin. Sharning radiusi  $R=0.1$  m, uning massasi esa  $m=5$  kg.

Silindrik muftaning uning simmetriya o'qi bilan mos keluvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.

Muftaning massasi  $m=2$  kg, icliki radiusi  $r=0.03$  m, tashqi radiusi esa  $R=0.05$  m.

Diametri  $D=12$  sm va massasi  $m=3$  kg bo'lgan silindr gorizontalkislikda yon sirti bilan yotibdi. Silindrni tekislik bilan kontakt chizig'i orqali o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.

Massasi  $m=5$  kg va radiusi  $R=0.02$  m bo'lgan valni uning simmetriya o'qiga parallel bo'lgan va undan  $a=10$  sm uzoq masofada joylashgan o'qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.

Radiusi  $R=0.5$  m va massasi  $m=3$  kg bo'lgan ingiclika gardishni, uning diametrini uchidan o'tib, gardish tekisligiga perpenedikulyar bo'lgan o'qqa nisbatan inersiya momenti hisoblab topilsin.

Massasi  $m=10$  kg va radiusi  $R=0.1$  m bo'lgan to'liq sharni, uning og'irlik markazi orqali o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.

Massasi  $m=0.5$  kg bo'lgan ichi bo'sh sharning urinmaga nisbatan inersiya momenti aniqlansin. Sharning tashqi radiusi  $R=0.02$  m, icliki radiusi esa  $r=0.01$  m.

115. Ingiclika, uzunligi  $l$  bo'lgan sterjenga radiusi  $R$  bo'lgan shar shunday o'rnatilganki, uning markazi bilan sterjen uzunligiga perpenedikular bo'lgan aylanish o'qigacha masofaga teng. Sharni nuqtaviy massa deb hisoblab, uning inersiya momentini aniqlashdagi nisbiy xatolikni toping. Sterjenning uzunligi  $l=10R$  ga teng, massasi esa sterjen massasidan 10 marta kattadir.

Massasi  $m$  va radiusi  $R$  bo'lgan yupqa diskda uning markazidan teng  $a$  masofalarda  $r$  radiusli  $n$  ta yumaloq teshiklar kesilgan. Diskni, uning og'irlik markazi orqali o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin. Radiusi  $R=20$  sm va massasi  $m=100$  g bo'lgan ingiclika bir jinsli halqaning uning markazidan o'tib, halqa tekisligida yo'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti topilsin.

Massasi  $m=50$  g va radiusi  $R=10$  sm bo'lgan halqaning unga urinma bo'lgan o'qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.

Diskni diametri  $d=20$  sm, massasi esa  $m=800$  g. Diskni uni biror bir nuqtasini radiusi o'rtasidan disk tekisligiga perpenedikular ravishda o'tkazilgan o'qqa nisbatan inersiya momentini aniqlang.

Massasi  $m=1$  kg va radiusi  $R=30$  sm bo'lgan, markazi uning o'qidan  $l=15$  sm uzoqlikda joylashgan bir jinsli diskda, diametriga teng yumaloq teshik kesilgan. Hosil bo'lgan jism diskni sirtiga perpenedikular bo'lib, uning markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti topilsin.

Massasi  $m=800$  g bo'lgan yassi bir jinsli to'g'ri burchakli plastinaning uning bir tamoni bilan mos keluvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin. Plastinaning massasi uning sirtining yuzasi bo'ylab  $\sigma=12$  kg/m<sup>2</sup> sirt zichligi bilan taqsimlangan.

Tomonlari  $a=10$  sm va  $b=20$  sm bo'lgan yupqa plastinkani uning massa markazidan o'tuvchi va katta tomoniga parallel o'qqa nisbatan inersiya momenti topilsin. Plastinani massasi butun yuzasi bo'ylab tekis taqsimlangan bo'lib massa zichligi  $\sigma=1.2$  kg/m<sup>2</sup>.

Qalinligi  $b=2$  mm va radiusi  $R=10$  sm bo'lgan bir jinsli mis diskni disk sirtiga perpendikular bo'lgan simmetriya o'qiga nisbatan inersiya momenti hisoblansin.

Uzunligi  $l=40$  sm va massasi  $0.6$  kg bo'lgan ingichka sterjen uning uzunligiga perpendikular bo'lib markazidan o'tuvchi o'q atrofida aylanmoqda. Sterjenni aylanish tenglamasi  $\varphi = At + Bt^3$ , bunda  $A=1$  rad/s,  $B=0.1$  rad/s<sup>3</sup>. Vaqtning  $t=2$  s momentidagi aylantiruvchi momenti  $M$  ni aniqlang.

Asos diametri  $D=30$  sm va massasi  $m=12$  kg bo'lgan yupqa devorli silindr  $\varphi = A + Bt + Ct^3$  qonuniyat bilan aylanmoqda, bunda  $A=4$  rad,  $B=-2$  rad/s,  $C=0.2$  rad/s<sup>3</sup>. Vaqtning  $t=3$  s momentidagi silindrga ta'sir kuch momentini aniqlang.

Radiusi  $R=20$  sm va massasi  $m=7$  kg bo'lgan disk  $\varphi = A + Bt + Ct^3$  tenglamaga binoan aylanmoqda, bunda  $A=8$  rad,  $B=-1$  rad/s,  $C=0.1$  rad/s<sup>3</sup>. Diskka ta'sir etuvchi aylantiruvchi momentni o'zgarish qonuni topilsin. Vaqtning  $t=2$  s momentidagi kuch momenti aniqlansin.

Sterjen uning o'rtasidan o'tuvchi o'q atrofida  $\varphi = At + Bt^2$  tenglamaga binoan aylanmoqda, bunda  $A=8$  rad,  $B=-1$  rad/s,  $C=0.1$  rad/s<sup>3</sup>. Agar sterjenni inersiya momenti  $I=0.048$  kg m bo'lsa, sterjenga ta'sir etuvchi aylantiruvchi moment  $M$  ni aniqlang.

Radiusi  $R=10$  sm bo'lgan maxovik gorizontal o'qqa o'rnatilgan. Maxovik gardishiga shnur o'ralib, uning uchiga  $m=800$  g massali yuk osilgan. Yuk tekis tezlanuvchan harakatlanib,  $t=2$  s ichida  $s=160$  sm masofa o'tdi. Maxovikni inersiya momenti aniqlansin.

Tinch holatdagi ikkita bir xil maxovikka birday  $v=10$  ayl/s. Chastotasi berib, ularni o'z holiga qo'yib yuborildi. Ishqalanish kuchlari ta'sirida birinchi maxovik bir minutdan so'ng to'xtadi, ikkinchi maxovik esa to'liq to'xtagunga qadar  $N=360$  marta aylandi. Qaysi maxovikni tormozlovchi momenti katta va necha barobar?

Radiusi  $R=15$  sm bo'lgan blok  $n=12$  s<sup>-1</sup> chastota bilan aylanmoqda.  $M=1.27$  Nm kuch momenti ta'sirida u qancha vaqt ichida to'xtaydi? Blokning  $m=6$  kg massasini gardish bo'ylab tekis taqsimlangan deb qaralsin. Uzunligi  $1.2$  m va massasi  $0.3$  kg bo'lgan sterjen uning bir uchidan o'tuvchi vertikal o'q atrofida gorizontal tekislikda aylanmoqda. Agar sterjen  $9.81$  s<sup>-2</sup> burchakli tezlanish bilan aylanayotgan bo'lsa, unga ta'sir etuvchi aylantiruvchi moment nimaga teng? Agar aylanish o'qi sterjenni massa markaziga ko'chirilsa aylantiruvchi moment qanday o'zgaradi?

Jismga ta'sir etuvchi kuch momenti  $9.8$  N m ga teng. Harakat boshidan  $10$  s o'tgach jismning burchakli tezligi  $4$  s<sup>-1</sup> ga etdi. Jismning inersiya momenti topilsin.

Massasi  $4$  kg bo'lgan maxovik uning markazidan o'tuvchi gorizontal o'q atrofida  $720$  min<sup>-1</sup> chastota bilan erkin aylanmoqda. Maxovik massasini, (radiusi  $40$  sm) uning gardishi bo'ylab tekis taqsimlangan deb qarash mumkin. Maxovik  $30$  s dan so'ng tormozlovchi moment ta'sirida to'xtadi. Maxovikka ta'sir qiluvchi tormozlovchi momentni va u to'liq to'xtagunga qadar aylanishlar sonini aniqlang.

Agar radiusi  $R=0.2$  m va massasi  $m=7.36$  kg bo'lgan bir jinsli disk gardishiga o'zgarimas  $F=98.1$  N kuch urinma ravishda qo'yilgan bo'lsa, u qanday tezlanish bilan aylanadi? Aylanishda diskka  $M=5$  N m ishqalanish kuch momenti ta'sir etadi.

Radiusi  $R=20$  sm va massasi  $m=5$  kg bo'lgan disk  $n=8$  ayl/s chastota bilan aylanmoqda. Tormozlanishda u  $4$  s dan so'ng to'xtaydi. Tormozlovchi momentni aniqlang.

Diametri  $D=75$  sm va massasi  $m=50$  kg bo'lgan disk ko'rinishidagi maxovik shkiviga urinma ravishda  $F=1$  kN kuch qo'yilgan bo'lsa,  $t=10$  s dan so'ng maxovikning aylanish chastotasi topilsin. Shkiv radiusi  $R=12$  sm. Massasi  $m=50$  kg va radiusi  $R=20$  sm bo'lgan disk  $n=4$  ayl/min chastotagacha aylantirib yuborilib, so'ng uning o'zini-o'ziga qo'yib qo'yilgan. Ishqalanish ta'sirida maxovik to'xtadi. Agar disk to'liq to'xtagunga qadar  $N=200$  marta aylangan bo'lsa, ishqalanish kuch momenti topilsin.

Massasi  $m=50$  kg va radiusi  $R=20$  sm bo'lgan disk  $n=8$  ail/s chastota bilan aylanmoqda. Valning silindrik sirtiga  $F=40$  N kuch bilan tormoz kolodkasi ta'sir etgandan so'ng  $t=10$  s o'tgach u to'xtaydi. Ishqalanish koeffitsiyenti topilsin.

Massasi  $m=0.5$  kg va uzunligi  $l=2$  m bo'lgan sterjen uchlarining biridan o'tuvchi o'q atrofida  $\omega = A + Bt$  tenglamaga binoan aylanmoqda. Bunda  $A=5$  rad/s,  $B=0.2$  rad/s<sup>3</sup>. Vaqtning  $t=5$  s momentida sterjenga ta'sir etuvchi aylantiruvchi moment  $M$  ni toping.

Radiusi  $R=10$  sm bo'lgan barabaniga ip o'ralib, uning uchiga  $m=0.5$  kg massali yuk osilgan. Agar yuk  $a=1$  m/s<sup>2</sup> tezlanish bilan tushayo'tgan bo'lsa, barabanning inersiya momenti topilsin.

Radiusi  $R=0.2$  m va massasi  $m=15$  kg bo'lgan bir jinsli disk, uning markazidan o'tuvchi o'q atrofida aylanmoqda. Diskni burchakli tezligini vaqtga bog'liqlik tenglamasi  $\omega = A + Bt$  ko'rinishda, bunda  $B=8$  rad/s. Disk gardishiga qo'yilgan urinma kuchning kattaligi topilsin. Ishqalanishni e'tiborga olmasa ham bo'ladi.

Radiusi  $R=0.2$  m va massasi  $m=15$  kg bo'lgan bir jinsli disk uning markazi orqali o'tuvchi o'q atrofida aylanmoqda. Diskni burchakli tezligini vaqtga bog'liq tenglamasi  $\omega = A + Bt$  ko'rinishda berilgan, bunda  $B=1$  s<sup>-1</sup>. Disk gardishiga urinma ravishda qo'yilgan kuch kattaligini toping. Ishqalanishni e'tiborga olmang.

Radiusi  $R=0.3$  m va massasi  $m=5$  kg bo'lgan bir jinsli silindr  $\varphi(t)=At+Bt^3$  tenglama asosida aylanmoqda, bunda  $A=6$  rad/s,  $B=1$  rad/s<sup>3</sup>. Vaqtning  $t=4$  s momentdagi kuchlar momenti  $M$  ni aniqlang.

Uzunligi  $\tilde{N}=1$  m va massasi  $m=0.5$  kg bo'lgan bir jinsli sterjen uning o'rtasidan o'tuvchi gorizont o'q atrofida vertikal tekislikda aylanmoqda. Agar sterjenning aylatiruvchi moment  $M=9.81 \cdot 10^{-2}$  Nm bo'lsa, u qanday burchakli tezlanish bilan aylanmoqda?

Massasi  $m=50$  va radiusi  $r=20$  sm bo'lgan disk ko'rinishdagi maxovik  $n=480$  ayl/min chastotagacha aylantirib yuborilib, so'ngra o'z-o'ziga qo'yib qo'yilgan. Ishqalanishni o'zgarmas deb va maxovik  $t=50$  s dan so'ng to'xtagan deb hisoblab, ishqalanish kuchi momenti  $M$  topilsin.

Diametri  $d=30$  sm va massasi  $m=6$  kg bo'lgan blok  $M=1.27$  Nm kuch momenti ta'sirida  $t=8$  s ichida to'xtagan bo'lsa, u qanday chastota bilan aylangan (blok massasini uning gardishi bo'ylab tekis taqsimlangan deb hisoblang)?

Uchlarining biridan o'tuvchi o'q atrofida  $\varphi=At+Bt^3$  tenglama asosida aylanuvchi massasi  $m=0.5$  kg bo'lgan sterjen uzunligi qanday? Bunda  $A=1$  rad/s,  $B=0.2$  rad/s<sup>3</sup>. Vaqtning  $t=5$  s momentida sterjenga ta'sir etuvchi aylantiruvchi moment  $M=4$  N m ga teng.

Radiusi  $R=40$  sm va massasi  $m=50$  kg bo'lgan disk gorizont o'q atrofida aylanishi mumkin. Bu o'qqa  $r=10$  sm radiusli shkiv o'rnatilgan. Shkivga urinma ravishda qo'yilgan qanday kuch ta'sirida disk  $t=0.5$  s vaqt davomida  $n=1$  ayl/s chastotagacha aylantirib yuboriladi?

Yaxlit silindr ko'rinishdagi val gorizont o'qqa o'rnatilgan. Silindrga shnur o'ralib, uning uchiga massasi  $2$  kg bo'lgan tosh osilgan. O'z-o'ziga qo'yib qo'yilgan tosh  $a=2.8$  m/s<sup>2</sup> tezlanish bilan pastga tushmoqda. Valning massasi topilsin.

Uzunligi  $L=50$  sm va massasi  $m=400$  g bo'lgan ingichka sterjen uning o'rtasidan o'tib, uzunligiga perpendikular bo'lgan o'q atrofida  $\varepsilon=3$  rad/s<sup>2</sup> burchakli tezlanish bilan aylanmoqda. Aylantiruvchi moment  $M$  topilsin.

Diametri  $D=4$  sm bo'lgan blok orqali o'tkazilgan ip uchlariga massalari  $m_1=50$  g va  $m_2=60$  g yuklar osilgan. Agar blok yuklarining og'irlik kuchlari ta'sirida  $\beta=1.5$  rad/s burchakli tezlanishga ega bo'lgan bo'lsa, uning inersiya momenti aniqlansin.

Diametri  $D=60$  sm bo'lgan maxovik gardishiga shnur o'ralib, uning uchiga  $m=2$  kg massali yuk osilgan. Agar maxovik yukning og'irlik kuchi ta'sirida tekis tezlanuvchan aylanib  $t=3$  s vaqt davomida  $\omega=9$  rad/s burchakli tezlikka ega bo'lgan bo'lsa, uning inersiya momenti aniqlansin.

Gorizont stol ustida massasi  $m_1=0.25$  kg bo'lgan aravacha turibdi. Stolning chetiga radiusi  $R=4$  sm bo'lgan mahkamlangan blok orqali o'tkazilgan shurning bir uchi aravachaga bog'langan. Ikkinchi uchiga esa massasi  $m_2=25$  kg bo'lgan yuk osilgan. Aravacha va yuk  $a=70$  sm/s<sup>2</sup> tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilmoqdalar. Blokning inersiya momenti topilsin.

Agar maxovik shurning bir uchiga bog'langan  $m=2$  kg massali yukning og'irlik kuchi ta'sirida tekis tezlanuvchan aylansa, shurning ikkinchi uchi esa radiusi  $R=30$  sm bo'lgan maxovik gardishiga o'ralgan bo'lsa, vaqtning uchinchi sekundining oxirida uning burchakli tezligi qanday bo'ladi? Maxovikni inersiya momenti  $I=1.82$  kgm.

Alyuminiy va misdan yasalgan ikkita bir xil o'lchamli sharlar ularning markazlari orqali o'tuvchi umumiy qo'zg'almas o'q atrofida bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda  $\varepsilon_1=5$  rad/s va  $\varepsilon_2=10$  rad/s burchakli tezliklar bilan aylanmoqdalar. Agar ular mahkam bog'lansalar bu ikki shar qanday burchakli tezlik bilan aylana boshlaydilar?

Radiusi  $R=50$  sm va massasi  $m=40$  kg bo'lgan disk ko'rinishidagi maxovik gorizont o'q atrofida aylana olishi mumkin. Bu o'qda radiusi  $r=10$  sm bo'lgan shkiv mahkamlangan. Shkivga urinma ravishda  $F=400$  N bo'lgan o'zgarmas kuch qo'yilgan.  $t=3.14$  vaqt o'tgach maxovik qanday chastotada aylana oladi?

Radiusi  $R=20$  sm va inersiya momenti  $I=0.1$  kg m bo'lgan barabanga shnur o'ralib, uning uchiga  $m=0.5$  kg massali yuk bog'langan. Yukning yerdan balandligi  $h=1$  m bo'lsa, u qancha vaqt ichida yerga tushadi?

G'ildirak ko'rinishidagi blok orqali ip o'tkazilib, uning uchlariga  $m_1=100$  g va  $m_2=500$  g massali yuklar bog'langan.  $M=200$  g bo'lgan g'ildirak massasini uning gardishi bo'ylab tekis taqsimlangan deb, spitsalar massasini e'tiborga olish kerak emas. Blokni ikki tomonidagi iplarni taranglik kuchlari aniqlansin.

Disk shaklidagi blok orqali shnur o'tkazilgan. Shnur uchlariga  $m_1=100$  g va  $m_2=120$  g massali yuklar bog'langan. Agar blokning massasi  $m_1=500$  g bo'lsa, yuklar qanday tezlanish bilan harakat qiladilar? Ishqalanish e'tiborga olmaslik qadar kichikdir.

Radiusi  $R=0.5$  m bo'lgan barabanga shnur o'ralib, uning bir uchiga  $m=10$  kg massali yuk bog'langan. Agar yuk  $a=2.04$  m/s<sup>2</sup> tezlanish bilan tushayotgan bo'lsa, barabanning inersiya momenti topilsin.

Disk shaklidagi blok orqali shnur o'tkazilgan. Uning uchlariga  $m_1=100$  g va  $m_2=110$  g massali yuklar bog'langan. Agar blokning massasi  $M=400$  g bo'lsa, yuklar qanday tezlanish bilan harakat qila oladilar? Blok aylanishidagi ishqalanish juda kichik.

Gorizontal ravishda joylashgan silindr uning o'qi bilan mos bo'lgan o'q atrofida aylanishi mumkin. Silindrning massasi  $m_1=12$  kg. Silindrga shnur o'rab, uning uchiga  $m_2=1$  kg massali tosh osilgan. Tosh qanday tezlanish bilan pastga tushadi?

Turli og'irlikdagi ikki tosh o'zaro ip bilan bog'lanib, inersiya momenti  $I=50$  kg m va radiusi  $R=20$  sm bo'lgan blok orqali o'tkazilgan. Blok ishqalanish bilan aylanib, ishqalanish kuchining momenti  $M=98.1$  N m. Agar blok ( $\varepsilon=2.36$  rad/s<sup>2</sup> ga teng bo'lgan burchakli tezlanish bilan aylansa, blokning ikki tamonidagi iplarning tarangliklari  $T_1$  va  $T_2$  laming ayirmasi topilsin.

Gorizontal stol ustida 0.3 kg massali brusok bor. Bir uchi brusokka bog'langan shnurning ikkinchi uchi esa stol chetiga mahkamlangan 5 sm radiusli blok orqali o'tkazilib, unga 50 kg massali yuk osilgan. Yukning og'irlik kuchi ta'sirida brusok va yuk 10 sm/s<sup>2</sup> ga teng bo'lgan o'zgarmas tezlanish bilan harakatlanmoqda. Brusokning stol ustida sirpanishdagi ishqalanish koeffitsiyenti 0.15. Blokning inersiya momenti topilsin. Diametri  $D=75$  sm va massasi  $m=40$  kg bo'lgan disk ko'rinishdagi maxovikni gardishiga urinma ravishda  $F=1$  kN kuch qo'yilgan. Agar shkiv radiusi  $R=12$  sm bo'lsa, kuch ta'sir qila boshlagandan  $t=10$  s vaqt o'tgach maxovikni burchakli tezlanishi topilsin. Ishqalanish e'tiborga olinmasin.

Radiusi  $R=40$  sm va massasi  $m=50$  kg bo'lgan disk ko'rinishidagi maxovik gorizontal o'q atrofida aylana oladi. Bu o'qqa radiusi  $R=10$  sm bo'lgan shkiv o'rnatilgan. Shkivga urinma ravishda  $F=5000$  N kuch ta'sir etadi. Qancha vaqtdan keyin maxovik  $n=1$  ayl/s chastota bilan aylanadi?

Radiusi  $R=3$  sm bo'lgan blok orqali o'tkazilgan shnur o'tkazilib, uning uchlariga  $m_1=100$  g va  $m_2=120$  g massali yuklar bog'langan. Yuklar  $a=3$  m/s<sup>2</sup> tezlanish bilan harakat ga keladi. Ishqalanishni e'tiborga olmay, blokning inersiya momenti aniqlansin.

Radiusi 10 sm bo'lgan qo'zg'almas blok orqali shnur o'tkazilib, uning uchlariga har birining massasi  $m=20$  g ga teng bo'lgan ikkita tosh osilgan. Toshning biriga  $m_1=2$  g massali qo'shimcha yuk qo'yilgandan so'ng u pastga tusha boshlaydi, 6 s davomida 1.4 m masofa bosib o'tadi. Blokning inersiya moment aniqlansin.

Shnurning massasi, havoning qarshiligi va blok o'qidagi ishqalanish e'tiborga olinmasin.

G'ildirak shaklidagi blok orqali ip o'tkazilib, uning uchlariga  $m_1=100$  g va  $m_2=300$  g massali yuklar bog'langan.  $m=200$  g bo'lgan g'ildirak massasini, uning gardishi bo'ylab tekis taqsimlangan deb hisoblab, spitsalar massasini e'tiborga olmaslik mumkin. Yuklar qanday tezlanish bilan harakatlanishini toping.

$n=12$  s-1 chastota bilan aylanayo'tgan blok  $t=8$  s vaqt ichida to'xtashi uchun unga qo'yilishi kerak bo'lgan kuch momenti  $M$  ni aniqlang. Blok diametri  $D=30$  sm.  $m=6$  kg bo'lgan blok massasini uning gardishi bo'yicha tekis taqsimlangan deb qarash mumkin.

Radiusi  $R=20$  sm massasi  $m=5$  kg bo'lgan disk  $n=8$  ayl/s chastota bilan aylanmoqda. Tormoz berilgandan so'ng  $t=4$  s o'tgach disk to'xtadi. Tormozlovchi kuch momenti  $M$  topilsin.

Massasi  $M=9$  kg bo'lgan barabanga shnur o'ralib, uning uchiga  $m=2$  kg massali yuk bog'langan. Yukning tezlanishi topilsin. Baraban bir jinsli silindr deb hisoblansin. Ishqalanish e'tiborga olinmasin.

Radiuslari 0.4 m va har birining massasi 100 kg bo'lgan disk ko'rinishidagi ikki maxovik 480 ayl/min gacha aylantirilib yuborilgan va o'z-o'ziga qo'yib qo'yilgan. Valning podshipnik bilan ishqalanishi natijasida birinchi maxovik 1 min 20 sek dan so'ng to'xtadi, ikkinchi maxovik esa to'xtagunga qadar 240 marta to'liq aylandi. Har bir maxovik podshipnigini valga ishqalanish kuchlarini momentini toping va ularni o'zaro solishtiring.

Radiusi  $R=0.2$  m va massasi  $m=10$  kg bo'lgan maxovik motor bilan tasma orqali bog'langan. Tasmaning tarangligi o'zgarmas bo'lib,  $T=14.7$  N ga teng. Harakat boshidan  $t=10$  s vaqt o'tgach maxovik sekundiga necha martadan aylanadi? Maxovikni bir jinsli disk deb hisoblansin. Ishqalanishni e'tiborga olmag.

Maxovik valining radiusi  $R=0.01$  m. Valga shnur o'ralib, uning uchiga  $m=0.2$  kg massali yuk bog'langan. Og'irlik kuchi ta'sirida yuk  $t=5$  s davomida  $h_1=1.2$  m balandlikdan tushadi, so'ngra esa, g'ildirakni inersiya bo'yicha aylanishi tufayli  $h_2=0.8$  m balandlikka ko'tariladi. G'ildirakni inersiya momenti aniqlansin.

Massasi  $m=10$  kg va radiusi  $R=20$  sm bo'lgan shar, uning markazi orqali o'tuvchi o'q atrofida aylanmoqda. Sharni aylanish tenglamasi  $\varphi = A + Bt + Ct^3$  ko'rinishga ega, bunda  $A=5$  rad,  $B=4$  rad/s<sup>2</sup>  $C=-1$  rad/s<sup>3</sup>.

Vaqtning  $t=2$  s momentidagi kuchlar momenti kattaligi topilsin.

Jism tinch holatdan gorizontal o'q atrofida, unga o'ralgan shnurga osilgan yukni pastga tushishi tufayli aylanma harakatga keltiriladi. Agar  $m=2$  kg massali yuk  $t=12$  s davomida  $h=1$  m masofaga tushsa, jismni inersiya momenti topilsin. O'qning radiusi  $r=8$  mm. Ishqalanish kuchi e'tiborga olinmasin.

Massasi  $m=100$  kg va radiusi  $R=5$  sm bo'lgan aylanayo'tgan valni silindrik sirtiga  $F=40$  N kuch bilan tormoz kolodkasi bosiladi, natijada val  $t=10$  s dan so'ng to'xtaydi. Agar ishqalanish koeffitsiyenti  $k=0.31$  ga teng bo'lsa, val qanday chastota bilan aylanayo'tgan edi?

Maxovik va engil shkiv gorizontal o'qqa o'rnatilgan. Shkivga ip bilan bog'lab qo'yilgan  $m$  massali yuk tekis tezlanuvchan harakatda tusha turib 4s davomida 2m bosib o'tdi. Maxovikni inersiya momenti 0.05 kg m.



Tushayo'tgan yukning massasini aniqlang, agar shkivning radiusi 6 sm bo'lsa, uning massasini e'tiborga olmag.

Massasi 6 kg bo'lib, u 18 sm radiusli gardish bo'ylab tekis taqsimlangan maxovik valda 600 min<sup>-1</sup> chastota bilan aylanmoqda 10 N m ga teng bo'lgan tormozlovchi moment ta'sirida maxovik to'xtadi. Maxovik to'xtagunga qadar qancha vaqt o'tadi va u bu vaqt ichida necha marta to'liq aylanadi?

#### 4--AMALIY MASHG'ULOT

##### MEXANIKADA NISBIYLIK NAZARIYASI ELEMENTLARIGA DOIR MASALALAR YECHISH

Masala yechish namunalari

Nyuton yashash vaqtining o'zgarishi. a) Laboratoriya sharoitida 0.6c tezlikka tezlashtirilgan Nyutonning o'rtcha yashash vaqti nimaga teng? Nyutonning xususiy yashash vaqti 2.2mks. b) Nyuton yemirilgunga qadar qancha masofa bosib o'tadi?

Yechilishi:

26-1 tenglikdan  $v=0.6c$  tezlikda harakatlanayotgan Nyuton uchun

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 2.8 \cdot 10^{-6} \text{ sek}$$

kelib chiqadi.

Relyativistik nazariyaga asosan

$$D = v\Delta t = 500m$$

100km/soat da vaqt o'zgarishi. 100km/soat tezlik kundalik hayotimizda ko'p kuzatiladi. 100km/soat tezlikda harakatlanayotgan avtomobildagi kuzatuvchiga nisbatan 10 sek vaqt o'tgan bo'lsa yerdagi kuzatuvchiga nisbatan vaqt oralig'i qanchaga farq qiladi?

Yechilishi:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{10}{\sqrt{1 - 8.59 \cdot 10^{-15}}}$$

$\Delta t_0 = 10 \text{ sek}$  deb qabul qilamiz.  $(1+x)^n \approx 1+nx$  deb qabul qilish

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \Delta t = \Delta t_0 \gamma = \Delta t_0 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2} \approx \Delta t_0 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}\right) \approx$$

mumkin.  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  deb olsak, u holda  $\approx 10 + 4 \cdot 10^{-14} \text{ s}$  Demak,  $\Delta t$  va

$\Delta t_0$  orasidagi farq  $4 \cdot 10^{-14} \text{ sek}$  ga teng ekan.

Kosmik kemada jurnal o'qish. Yuqori tezlikda ya'ni 0.75c tezlik bilan Yerdan Yupiterga kosmik kema uchib ketmoqda deylik. Kemadagi yo'lovchi 10 daqiqa davomida jurnal o'qigan. a) Yerdagi soat bo'yicha bu hodisa qancha vaqt davom etadi? b) Yerdagi kuzatuvchiga nisbatan jurnal o'qib tugatilguncha kosmik kema qancha masofa bosib o'tadi? Kosmik kema yo'lovchga nisbatanchi?

Yechilishi:

Kosmik kema posajiriga nisbatan jurnalni o'qib chiqish vaqti 10 minut. a) Yerdagi kuzatuvchiga nisbatan esa

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 15.1 \text{ min}$$

Yerdagi kuzatuvchiga sayohatchi  $D = v\Delta t = 2.04 \times 10^{11}m$  masofa o'tadi. Kosmik kemadagi posajirga nisbatan kema  $D = v\Delta t_0 = 1.35 \times 10^{11}m$  masofani bosib o'tgan.

$4km/\text{sek}$  tezlikda harakatlanayotgan kosmik kema uchun XBS da vaqtning nisbiy xatoligini hisoblang.

Yechilishi:

Vaqtning qisqarish effektiga asosan, 26-1 formulaga muvofiq

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{10}{\sqrt{1 - 1.8 \cdot 10^{-10}}} \Delta t_0 = (1 - 1.8 \cdot 10^{-10})^{-1/2} \Delta t_0$$

holat uchun  $(1 \pm x)^n \approx 1 \pm nx$  tenglik

o'rinli. Bundan  $(1 - 1.8 \cdot 10^{-10})^{-1/2} = 1 + 9 \cdot 10^{-11}$   $\Delta t = (1 + 9 \cdot 10^{-11}) \Delta t_0$  Nisbiy xatolik:

$$\varepsilon = \frac{\Delta t - \Delta t_0}{\Delta t_0} = 10^{-10}$$

kelib chiqadi.

Elektronning harakat miqdori. Elektronning harakat miqdorini klassik mexanika va relyativistik nisbiylik prinsipi qonunlari orqali hisoblang va taqqoslang.

Yechilishi:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 1.01$$

. Demak, relyativistik harakat miqdori klassik harakat miqdoridan 1% ga ko'p ekan.

$$P_0 = m v = 1.01 m v = 1.01 P_0$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 5$$

Demak, bunda relyativistik impuls klassik impulsdan 5 baravar katta bo'lar ekan.

#### MUSTAQIL ISHLASH UCHUN MASALALAR

Узунлиги ва вкТ оралиғининг релятивистик ўзгариши

1. Таёқчанинг узунлиги  $\Delta l = 0.1$  мкм гача аниқликда ўлчай оламиз деб фараз қилайлик. Иккита инерциал санок тизимининг қандай нисбий  $v$  тезлигида хусусий узунлиги  $l_0 = 1$  м бўлган таёқча узунлигининг релятивистик қисқаришини аниқлаш мумкин бўлар эди?
2. Фотонли фазовий кема Ерга нисбатан  $v = 0.6$  с тезлик билан ҳаракат қилади. Ердаги кузатувчининг нуқтаи назарича кемада вақтнинг ўтиши неча марта секинлашади?
3. Хусусий узунлиги  $l_0 = 1$  м бўлган таёқча тизимида ҳаракатсиз турибди. Таёқча  $x'$  ўқ билан  $\varphi_0 = 45^\circ$  бурчак ҳосил қилиб жойлашган. Агар  $K'$  тизимининг  $K$  га нисбатан тезлиги  $v_0 = 0.8$  с бўлса, таёқчанинг тизимидаги узунлиги  $l$  ва бурчак  $\varphi$  аниқлансин.
4. Лаборатория санок тизимида ( $K$ -тизим)  $\pi$ -мезон пайдо бўлганида то парчалангунигача  $l = 75$  м масофани учиб ўтди.  $\pi$ -мезоннинг тезлиги  $v = 0.995$  с.  $\pi$ -мезоннинг хусусий яшаш вақти  $t_0$  аниқлансин.

Тезликларни релятивистик қўшиш

5. Икки релятивистик зарра лаборатория санок тизимида бир тўғри чизиқ бўйлаб  $v_1 = 0.6$  с ва  $v_2 = 0.9$  с тезликлар билан ҳаракатланмоқда. Қуйидаги икки ҳол учун уларнинг нисбий тезлиги  $v_2$   $l$  аниқлансин : 1) зарралар бир хил йўналишда ҳаракатланмоқдалар; 2) зарралар қарама-қарши йўналишларда ҳаракатланмоқдалар.
  6. Лаборатория санок тизимида иккита зарра бир хил модулли тезликлар билан бир-бирдан узоқлашмоқда. Шу санок тизимининг ўзида уларнинг нисбий тезлиги  $v = 0.5$  с. Зарраларнинг тезликлари аниқлансин.
  7. Тезлаткичдан учиб чиққан ион ўз ҳаракати йўналишида фотон чиқаради. Агар ионнинг тезлаткичга нисбатан тезлиги  $v = 0.8$  с бўлса, фотоннинг тезлаткичга нисбатан тезлиги аниқлансин.
  8. Тезлаткич радиоактив ядрога  $v_1 = 0.4$  с тезлик берди. Ядро тезлаткичдан учиб чиқиш онда ўз ҳаракат йўналишида тезлаткичга нисбатан тезлиги  $v_2 = 0.75$  с бўлган  $\beta$  заррачани чиқаради. Заррачанинг ядрога нисбатан тезлиги  $v_2$  топилинсин.
  9. Иккита тезлаткич қарама-қарши йўналишларда тезликлари  $v = 0.9$  с бўлган зарраларни чиқаради. Зарралардан бири билан ҳаракатланаётган санок тизими учун зарралар яқинлашувининг нисбий тезлиги  $v_2$  аниқлансин.
- Релятивистик масса ва релятивистик импульс
10. Зарра  $v = 0.5$  с тезлик билан ҳаракатланмоқда. Зарранинг релятивистик массаси тинчликдаги массасидан неча марта катта?

11. Агар зарранинг релятивистик массаси тинчликдаги массасидан уч марта катта бўлса, зарра қандай  $v$  тезлик билан ҳаракатланаётган бўлади?
12.  $v = 30$  Мм/с тезликда зарранинг релятивистик массаси тинчликдаги массасидан неча фоиз кўп?
13. Электрон  $v = 0.6c$  тезлик билан ҳаракатланмоқда. Электроннинг релятивистик импульси  $p$  аниқлансин.
14. Релятивистик зарранинг импульси  $p = m_0c(m_0\text{-тинчликдаги масса})$ . Зарранинг тезлиги  $v$  (ёруғлик тезлиги улушларида) аниқлансин.
15. Лаборатория санок тизимида иккита бир хил зарранинг бири ҳаракатсиз зарра томонга  $v = 0.8c$  тезлик билан ҳаракатланмоқда. 1) Ҳаракатланаётган зарранинг лаборатория санок тизимидаги массаси; 2) зарраларнинг тизимининг инерция маркази билан боғланган санок тизимидаги тезлиги; 3) зарраларнинг инерция маркази билан боғланган санок тизимидаги релятивистик массаси аниқлансин.

Масса ва энергия орасидаги боғланиш \*

16. Жисимнинг тўлиқ энергияси  $\Delta E = 1$  Ж га ошган. Бунда жисимнинг массаси қанчага ўзгаради?
17. Жисимнинг релятивистик массаси  $m = 1$  г га ортиши учун унинг тўлиқ энергияси қанчага ортиши керак?
18. 1) Электроннинг; 2) протоннинг; 3)  $\alpha$ -зарранинг тинчликдаги энергияси ҳисоблансин. Жавоб жоулларда ва мега-электронвольтларда ҳисоблансин.
18. Океандаги сувнинг ҳажми  $1.37 \cdot 10^9$  км<sup>3</sup> эканлиги маълум. Агар сувнинг ҳарорати  $\Delta t = 1^\circ\text{C}$  га кўтарилса, океандаги сувнинг массаси қанчага ортиши аниқлансин. Океандаги сувнинг зичлигини  $\rho = 1.03 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> деб қабул қилинсин.

Релятивистик зарранинг кинетик энергияси

19. Электроннинг кинетик энергияси  $T = 10$  МэВ. Унинг релятивистик массаси тинчликдаги массасидан неча марта катта? Шундай ҳисоб-китоб протон учун ҳам қилинсин.
20. Агарда протон ҳамда электрон бир хил  $T = 1$  ГэВ кинетик энергияга эга бўлса, у ҳолда протоннинг релятивистик массаси электроннинг релятивистик массаси электроннинг релятивистик массасидан неча марта катта бўлади?
21. Электрон  $v = 0.8c$  тезлик билан учмоқда. Электроннинг кинетик энергияси  $T$  (мегаэлектрон вольтларда) аниқлансин.
22. Қандай  $v$  тезликда исталган модда заррасининг кинетик энергияси унинг тинчликдаги Энергиясига тенг бўлади?
23. Агар электроннинг кинетик энергияси: 1)  $T = 4$  МэВ; 2)  $T = 1$  КэВ бўлса, унинг тезлиги  $v$  аниқлансин.
24. Агар кинетик энергияси 1)  $T = 1$  МэВ; 2)  $T = 1$  ГэВ бўлса, протоннинг тезлиги  $v$  топилсин.
25.  $v \ll c$  да кинетик энергиянинг  $T = (m - m_0)c^2$  релятивистик ифодаси классик механиканинг мос ифодасига классик механиканинг мос ифодасига ўтиши кўрсатилсин.
26. Релятивистик зарранинг кинетик энергиясини ҳисоблашда  $T = (m - m_0)c^2$  релятивистик ифода

$\frac{1}{2}$

ўрнига  $T = \frac{1}{2} m_0 v^2$  классик ифодадан фойдаланилса қандай нисбий хатога йўл қўйилади? Ҳисоблаш қуйидаги икки ҳол учун бажарилсин: 1)  $v = 0.2c$ ; 2)  $v = 0.8c$ .

Релятивистик зарранинг энергияси ва импульси орасидаги боғланиш

27. Кинетик энергияси тинчликдаги энергиясига тенг балган зарранинг импульси  $p$  аниқлансин ( $m_0c^2$  бирликларда).
28. Импульси  $p = m_0c$  бўлган релятивистик зарранинг кинетик энергияси  $T$  аниқлансин ( $m_0c^2$  бирликларда).
29. Релятивистик зарранинг кинетик энергияси унинг тинчликдаги энергиясига тенг. Агар зарранинг кинетик энергияси  $n = 4$  марта ошса, унинг импульси неча марта ортади?
30. Релятивистик зарранинг импульси  $p = m_0c$ . Ташқи куч таъсирида зарра импульси икки марта ортади. Бунда зарранинг: 1) кинетик; 2) тўлиқ энергияси неча марта ортади?
31.  $p = m_0c$  импульсга эга бўлган зарра худди шундай ҳаракатсиз зарра билан ноқайишқоқ тўқнашиши натижасида қўшма зарра ҳосил бўлади. 1) зарранинг тўқнашишидан олдинги тезлиги  $v$  ( $c$  бирликларда); 2) қўшма зарранинг релятивистик массаси ( $m_0$  бирликларда); 3) қўшма зарранинг тезлиги; 4) қўшма зарранинг тинчликдаги массаси ( $m_0$  бирликларда); 5) зарранинг тўқнашишдан олдинги кинетик энергияси ҳамда қўшма зарранинг кинетик энергияси ( $m_0c^2$  бирликларда) аниқлансин.

32.  $T = m_0 c^2$  кинетик энергияли зарра лаборатория санок тизимида харакатсиз бўлган худди шундай бошқа заррага урилади. Зарралар тизимининг инерция маркази билан боғланган санок тизимидаги зарраларнинг йиғинди кинетик энергияси  $T$  топилсин.

## 5-AMALIY MASHG'ULOT

### MOLEKULAR KINETIK NAZARIYANING ASOSIY QONUNLARI VA TENGLAMALARIGA DOIR MASALALAR YECHISH

Masalalar yechish namunalari

1-masala.

Hajmi  $V = 1 \text{ mm}^3$  bo'lgan suvdagi molekulalar soni  $N$  ni va suv molekulasining massasi  $m$  ni aniqlang. Shartli ravishda, suv molekulalarini shar shaklida deb, o'zaro bir-biriga tegib turganda, molekula diametri  $d$  ni toping.

Yechimi:

$m$ - massaga ega bo'lgan biror tizimda molekulalar soni  $N$  Avogadro doimiysi-  $N_A$  ning modda miqdoriga ko'paytmasiga teng:

$$N = \nu N_A$$

$$N = \frac{m}{\mu} N_A$$

Bu formulada massa zichligini hajm  $V$  ga ko'paytmasi orqali ifodalab quyidagini hosil qilamiz:

$$N = \frac{\rho V N_A}{\mu} \quad (1)$$

Hisoblash vaqtida  $\mu = 18 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$  deb olib,  $N = 3,64 \cdot 10^{19}$  ta molekulani topamiz. Bitta molekula massasi quyidagicha formula bilan topiladi:

$$m_1 = \frac{\mu}{N_A} \quad (2)$$

$\mu$  va  $N_A$  ning qiymatlarini qo'yib, suvning  $m_1$  massasini topamiz:

$$m_1 = 2,99 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

Agar suvning molekulalari o'zaro zich joylashgan bo'lsa, unda har bir molekula  $V = d^3$  hajm (kub yacheykasi) to'g'ri keladi; Bunda  $d$ -molekula diametridir. Bundan

$$d = \sqrt[3]{V_1} \quad (3)$$

$V_1$  hajmni molyar hajmi  $V_m$  ni molekulalar soni  $N_A$  ga bo'lish bilan topiladi.

$$V_1 = \frac{V_m}{N_A} \quad (4)$$

(4)-ifodani (3)-ifodaga qo'ysak

$$d = \sqrt[3]{\frac{V_m}{N_A}} \quad \text{bunda} \quad V_m = \frac{M}{\rho} \quad \text{ni hisobga olib natijada}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho N_A}} \quad (5)$$

ni hosil qilamiz.

Endi (5) ifodaning o'ng tomoni uzunlik birligini ifodalashni tekshiramiz :

$$\left\{ \frac{[M]}{[\rho][N_A]} \right\} = \left\{ \frac{1 \text{ kg/mol}}{1 \text{ kg/m}^3 * 1/\text{mol}} \right\} = 1 \text{ M}$$

Hisoblashni yakunlaymiz:

$$d = \sqrt{\frac{18 \cdot 10^3}{10^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}} \quad M = 3,11 \cdot 10^{-10}$$

M=311 mm.

2-masala.

Harorati  $T=286 \text{ }^\circ\text{E}$  bo'lgan kislorodning aylanma harakatdagi bitta molekulasini o'rtacha kinetik energiyasi  $\langle E \rangle$  ni hamda massasi  $m=4 \text{ g}$  bo'lgan kislorod barcha molekularning aylanma harakat kinetik energiyasi  $W$  ni toping.

Yechimi: Ma'lumki gaz molekularining har bir erkinlik darajasiga bir xil o'rtacha energiya to'g'ri keladi va u shunday ifodalanadi:

$$\langle \varepsilon_1 \rangle = \frac{1}{2} kT$$

Kislorod molekulasini ikki atomli bo'lgani uchun u ikkita aylanma harakat erkinlik darajasiga ega, shu tufayli kislorodning aylanma harakat o'rtacha kinetik energiyasi 2 marta katta bo'ladi va quyidagicha aniqlanali:

$$\langle \varepsilon_1 \rangle = \frac{1}{2} kT = kT$$

bunda  $k=1,38 \cdot 10 \text{ J/k}$  ga teng, demak  $\varepsilon = 3,94 \cdot 10^{21} \text{ J}$  ni topamiz.

Hamma molekularning aylanma harakat o'rtacha ; kinetik energiyasi

$$W = N \langle \varepsilon \rangle \quad (1)$$

ifoda bilan topiladi, agar tizimdagi molekular soni Avagadro doimiysining moddalar soni  $\nu$  ga ko'paytmasiga teng deb olsak (1) tenglik quyidagini ifodalaydi

$$W = \nu N_A \langle \varepsilon \rangle = \frac{m}{\mu} N_A \langle \varepsilon \rangle \quad (2)$$

yerda  $m$ -gazning massasi;  $\mu$ -uning molyar massasi (2) ga tegishli kattaliklarni qo'yib

$W=296 \text{ J}$  ni topamiz.

3-masala.

Biror hajmdagi gaz molekularining soni Avagadro doimiysi  $N_A$  ga teng. Ushbu gazni ideal deb,  $V$  tezligi ehtimollik tezligidan  $0,001$  ga kichik bo'lganda molekular soni  $\Delta N$  aniqlansin.

Yechimi: Masalani yechimida molekular nisbiy tezliklarining  $U$  bo'yicha taqsimotidan foydalanish qulaydir.

Nisbiy tezliklari  $U$  dan  $U+dU$  oralig'ida bo'lgan molekular soni  $dN(U)$  quyidagi formula bilan topiladi:

$$dN(U) = -\frac{4N_A}{\sqrt{\pi}} e^{-U^2} U dU \quad (1)$$

bu yerda  $N$ -ko'rilayotgan hajmdagi hamma molekular soni; Masala shartiga ko'ra molekularning maksimal tezligi

$$U_{\max} = 0,001 U_b \quad \text{yoki} \quad U_{\max} = \frac{v_{\max}}{v_h} = 0,001$$

Bunday qiymatlar uchun (1) ifodani soddalashtirib,  $U \ll 1$  uchun  $e^{-U^2} = 1 - U^2$  deb olib,  $U^2$  - ifodani ushbu ko'rinishda yozish mumkin

$$dN(U) = \frac{4N_A}{\sqrt{\pi}} U^2 dU \quad (2)$$

2-ifodani  $U$  bo'yicha  $0$  dan  $U_{\max}$  gacha integrallash natijasida quyidagini hosil qilamiz:

$$\Delta N = \frac{4N_A}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\max} U dU = \frac{4N_A}{\sqrt{\pi}} \left| \frac{U^2}{2} \right|_0^{\max} = \frac{4N_A}{2\sqrt{\pi}} U_{\max}^2 \quad (3)$$

Bu formulaga  $N_A$  ni qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:  $\Delta N=4,63 \cdot 10^4$  ta molekula.

4-masala.

Massalari  $m=10-18 \text{ g}$  bo'lgan chang zarrachalari havoda muallaq holda turibdi. Chang zarrachalari konsentratsiyasining farqi  $1 \%$  dan oshmaydigan havo qatlamini aniqlang. Havoning harorati butun hajm bo'yicha bir xil va  $T=300 \text{ }^\circ\text{E}$  ni tashkil etadi.

Yechimi: Muvozanat holatda chang zarrachalarining taqsimlanishidan konsentratsiya farqat vertikal yo'nalishdagi  $o'q$  bo'yicha koordinataga bog'liq.

Bu holatda chang zarrachalarini taqsimoti uchun Boltsman formulasidan foydalanish mumkin

$$n = n_0 e^{-\frac{W}{kT}}$$

Chunki bir jinsli maydonda og'irlik kuchi  $W_p = mgh$

$$n = n_0 e^{-\frac{mgh}{kT}}$$

Masalaning shartiga ko'ra balandlikka qarab konsentratsiyaning o'zgarishi

$n \left| \frac{\Delta n}{n} \right| = 0,01$  ga nisbatan juda kichikdir. Shu sababli konsentratsiya o'zgarishi  $\Delta n$  ni differensial  $dn$  bilan almashtirish mumkin. (2)- ifodani  $z$  bo'yicha differensiallab, quyidagini hosil qilamiz

$$dn = -n_0 \frac{mg}{kT} e^{-\frac{mgZ}{kT}} dZ$$

Bu yerda  $n_0 e^{-\frac{mgZ}{kT}} = n$  bo'lgani uchun  $dn = -\frac{mg}{kT} n dZ$ . Ushbu tenglamadan bizni qiziqtirayotgan koordinatalar o'zgarishini topamiz:

$$dZ = -\frac{kT \Delta n}{mg n}$$

Bu yerdagi manfiy ishora koordinatalarning musbat tomonga o'zgarishi ( $dZ > 0$ ) konsentratsiyaning kamayishiga olib kelishini ifodalaydi. Bu masalada manfiy ishora ahamiyatsiz bo'lgani uchun,  $dZ$  va  $dn$  differensiallarni  $\Delta Z$  va  $\Delta n$  tugallangan ortirma bilan almashtirib

$$\Delta Z = -\frac{kT}{mg} * \frac{\Delta n}{n}$$

ni topamiz. Kattaliklarning qiymatini quyamiz:

$$\frac{\Delta n}{n} = 0,001; k = 1,38 * 10^{-23} \text{ J/K}; T = 300 \text{ K}; m = 10^{-21} \text{ kg}; g = 9,8 \text{ m/s}^2 \quad \Delta Z = 4,23 \text{ mm}$$

bo'ladi.

Hosil bo'lgan natijalarga ko'ra, quyilagini aytish mumkin. Juda kichik chang zarrachalarining ( $m = 10^{-18} \text{ kg}$ ) konsentratsiyasi ham balandlik bo'yicha juda tez o'zgaradi.

### MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

Quyidagi gazlarning molyar massasini va bitta molekula massasini toping.

1. kislorod

2. azot

3. azot oksidi (NO)

Harorati  $T = 300 \text{ K}$ , bosimi  $P = 1 \text{ mPa}$  bo'lgan ideal gaz molekularining konsentratsiyasining aniqlang

Normal sharoitda hajmi  $V = 0,5 \text{ l}$  bo'lgan kolbada joylashgan ideal gaz molekularining sonini toping.

Massasi  $m = 1 \text{ g}$  bo'lgan quyidagi gazlarda nechtdan atom bor? a) geliy; b) uglerod; v) fluor.

Hajmi  $V = 3 \text{ litr}$ li ballonda massasi  $m = 4 \text{ g}$  bo'lgan kislorod bor. Gazning miqdorini va molekular konsentratsiyasi  $n$  ni aniqlang.

Harorat  $T = 300 \text{ K}$  va bosim  $P = 5 \text{ MPa}$  bo'lganda, hajmi  $V = 30 \text{ l}$  balonida nechta gaz molekulasi bo'ladi?

Massasi  $m = 10 \text{ g}$  bo'lgan azot molekularining uchdan bir qismi atomlarga parchalandi. Shunday gazdagi hamma zarrachalar soni  $N$  ni aniqlang.

Harorat  $T = 290 \text{ K}$ , bosim  $P = 5 \text{ kPa}$  bo'lganda hajmi (sig'imi)  $V = 240 \text{ sm}^3$  kolbadagi moddaning miqdori  $V$  va gazning molekular soni  $N$  ni aniqlang.

Suyuqlikning molekulari shar shaklida, o'zaro bir-biriga yopishgan sharoitda uglerod sulfati  $\text{CS}_2$  ning molekula diametrini aniqlang. Suyuqlikning zichligi ma'lum, deb qabul qiling.

Hajmi  $V = 100 \text{ sm}^3$  bo'lgan kolbada harorati  $T = 300 \text{ K}$  ga teng gaz bor. Agar kolbada to'kilish natijasida  $N = 1020$  molekula chiqib ketsa, gazning bosimi  $P$  qanchaga o'zgaradi?

Normal sharoitdagi suv bug'i molekulari markazlari orasidagi o'rtacha masofani toping va uni molekulaning diametri bilan taqqoslang ( $d = 0,31 \text{ nm}$ ).

Idishda kislorod va vodorod aralashmasi bor. Aralashmaning massasi  $m = 3,6 \text{ g}$  ga teng. Kislorodning massa ulushi  $0,6$ . Aralashmadagi modda miqdori  $V$  va  $v_1$ ;  $v_2$  liar bir gaz uchun alohida topilsin.

V=4 l bo'lgan idishda massasi m=1 g vodorod bor. Idishning 1 sm hajmidagi molekular soni aniqlansin. Hajmi V=80 m<sup>3</sup> harorat t=17°C va bosimi P=750 mm. sim. ust. bo'lgan xonada qancha molekula bor? Sig'imi(hajmi) 2,24 l bo'lgan idishda normal sharoitda kislorod bor. Idishdagi kislorod modd miqdori V ni massasini va molekular konsentratsiyasini aniqlang?  
 Massasi 0.5 kg bo'lgan kislorod modda miqdori V ni va molekular soni N ni aniqlang  
 Massasi m=1 g, modda miqdori P=0,2 mol bo'lgan simobda qancha atom bor?  
 Hajmi 1 m<sup>3</sup> bo'lgan suvning harorati t=4°C, suvdagi modda miqdori V va molekular soni N ni aniqlang.  
 Ish tutuzilgan molyar massa ö ni va bitta molekula massasi m ni toping.  
 Modda miqdori V=0,2 mol bo'lib, 2 l hajmi egallagan kislorod molekularining konsentratsiyaning konsentratsiyasini toping?  
 3l idishni egallagan vodorod modda miqdorini aniqlang. Bunda gaz molekularining konsentratsiyasini 2\*10<sup>18</sup> m<sup>3</sup> ga teng deb oling.

#### 14-AMALIY MASHG'ULOT

#### GAZ MOLEKULARINING ISSIQLIK HARAKATIGA DOIR MASALALAR YECHISH

#### MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

Sig'imi 3 l idishda bosimi P=540 kPa gazning hamma molekulari ilgariylanma harakatni umumiy kinetik energiyasi  $\langle E_k \rangle$  toping.  
 Geliyning miqdori  $\nu = 1.5$  mol, harorati T=120 K. Gazning hamma molekulari ilgariylanma harakatining umumiy kinetik energiyasini toping.  
 Harorati T=500 K bo'lgan bug'ning bitta molekulasi o'rtacha kinetik energiyasi  $\langle E_o'r \rangle$  ni toping.  
 Gazning bosimi P=1 mPa, molekular konsentratsiyasi  $n=10^{10}$  m<sup>-3</sup> bo'lganda gaz harorati T ni molekular ilgariylanma harakat o'rtacha kinetik energiyasi  $\langle E \rangle$  ni toping;  
 Harorati T=600 K bo'lgan suv bug'i molekulasi ilgariylanma harakati o'rtacha kinetik energiyasi  $\langle E_k \rangle$  ning va to'liq kinetik energiyasi  $\langle E \rangle$  ning o'rtacha qiymatini hamda  $\nu=1$  kmol modda miqdoriga ega bo'lgan suv bug'ining hamma molekulari ilgariylanma harakat energiyasi W ni aniqlang.  
 Harorat T=400 K bo'lganda geliy, kislorod va suv bug'ning bitta molekulasini to'liq kinetik energiyasi o'rtacha qiymati  $\langle E \rangle$  ni toping.  
 Havosi simob bug'i bilan ifloslangan xonaning V=1 m hajmida t=20° N da bo'lgan, agar shu haroratda to'yingan simob bugining bosimi P=0,13 Pa bo'lsa simob molekularining N soni aniqlansin.  
 Harorat t=27° N bo'lganda ammiyak (NH<sub>3</sub>) bitta molekulasi o'rtacha kinetik energiyasini va aylanma harakat kinetik energiyasini toping.  
 Modda miqdori 1 mol bo'lgan vodorod gazning hamma molekularini dissotsiatsialashi uchun zarur bo'lgan energiya W<sub>m</sub>= 419 kJ mol ga teng. Gazning harorati qanday bo'lganda, uning molekulari ilgariylanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi ularni parchalash uchun yetarli bo'ladi?  
 Qanday haroratda gaz molekulasi ilgariylanma harakati o'rtacha kinetik energiyasi  $\langle E_{ilg} \rangle = 4,14 \cdot 10^{-21}$  J ga teng bo'ladi.  
 Massasi m=20 g bo'lgan kislorodni t=10°C haroratdagi ichki energiyasi U ni toping. Bu energiyaning qanday qismi molekulaning ilgariylanma harakatiga, qanday qismi aylanma harakatga to'g'ri keladi?  
 Massasi m=1 kg azotdagi molekularning t=7°C haroratdagi aylanma harakat energiyasi  $\langle E_{ay} \rangle$  ni toping.  
 Hajmi V=2 l bo'lgan idishda 150 kPa bosim ostida turgan ikki atomli gazning ichki energiyasi U ni toping. Tezliklari o'rtacha arifmetik tezlikdan 0,5% dan ko'pga farq qilmaydigan molekularning nisbiy soni topilsin.  
 T<sub>1</sub> va T<sub>2</sub>=2T<sub>1</sub> haroratlarda Maksvell taqsimoti egri chiziqlari tezlik  $\nu$  ning qanday qiymatlarida o'zaro kesishadi?  
 Hajmi V=2 m<sup>3</sup> ga, bosimi P=200 kPa ga teng bo'lgan gaz molekulasi o'rtacha kvadratik tezligi  $\langle V_{kv} \rangle$  ni toping, gaz massasi m=0,3 g.  
 Oltinugurt angidridi (SO<sub>2</sub>) ning harorati T=473 K. Molekularining qanday qismining tezliklari V<sub>1</sub>=420 m/s bilan V<sub>2</sub>= 430 m/s oralig'ida yotadi ?  
 Muvozanat holatda turgan azotning harorati T=421 K. Tezliklari V<sub>1</sub>= 499.9 m/s dan V<sub>2</sub>= 500 m/s gacha bo'lgan oralig'ida yotgan molekularning nisbiy soni  $\Delta N/N$  topilsin.  
 Havoning qanday T haroratida azot va kislorod molekularining o'rtacha arifmetik tezliklari  $\Delta V = 20$  m/s ga farq qiladi ?  
 Harorati T=300 K ga teng bo'lganda molekulasi o'rtacha kinetik energiyasi eng katta bo'lgan tezlik qanday bo'ladi?



Tezliklari o'rtacha kvadratik tezlikdan 0,5% dan ko'pga farq qilmaydigan gaz molekularining nisbiy soni topilsin.

Azot oksidi NO ning harorati  $T=300$  K. Tezliklari  $V_1=820$  m/s dan  $V_2=830$  m/s gacha bo'lgan oraliqda bo'lgan molekularning ulushi aniqlansin

Vodorod harorati  $t=7^\circ\text{C}$  bo'lganda azot molekulari sonining qanday qismi  $v_1=500$  m/s dan  $V_2=510$  m/s gacha oraliqdagi tezlikka ega?

Normal sharoitda vodorod  $V=1$  sm hajmni egallab turibdi. Shu hajmda  $V_{\max}=1$  m/s tezlikdan kichik tezliklarga ega bo'lgan molekular soni  $n$  topilsin.

Agar  $P=133$  Pa bosimda gaz zichligi  $\rho=1,475 \cdot 10^{-5}$  kg/m bo'lsa, azot molekularining o'rtach arifmetik tezligi va ularning ilgarilanma harakat energiyasi aniqlansin.

Hajmi  $V=10,5$  l bo'lgan ballondagi vodorod harorati  $t=0^\circ\text{C}$  va bosimi  $P=750$  mm.sim.ust.ga teng. Tezliklari  $V_1=1,19 \cdot 10$  m/s dan  $V_2=1,21 \cdot 10$  m/s gacha oraliqda bo'lgan vodorod molekularining soni topilsin.

Gaz molekularining qanday qismi tezliklari ehtimolligi eng katta bo'lgan tezlikdan 0,5% dan ko'pga farq qilmaydi?

Qanday haroratda 200m/s oraliqdagi tezlikka ega bo'lgan vodorod molekularining soni tezliklari  $2000\text{m/s} \pm 1\text{m/s}$  oraliqda bo'lgan molekular soniga teng bo'ladi?

Gaz molekulari qanday qismining ilgarilanma harakat kinerik energiyalari ilgarilanma harakat o'rtacha kinetik energiyadan 1% dan ko'pga farq qilmaydi?

Harorat  $T$  ga teng bo'lganda kislorod molekularining issiqlik harakat tezligi 600 m/s qiymatga ega bo'lish ehtimolligi harorat  $2T$  bo'lgandagiga teng harorat  $T$  topilsin.

Bosimi  $P=40$  kPa va zichligi  $\rho=0,3$  kg/m<sup>3</sup> bo'lgan gaz molekularining o'rtacha arifmetik  $\langle V_{\text{ar}} \rangle$ , o'rtacha kvadratik  $\langle V_{\text{kv}} \rangle$  va ehtimollik eng katta bo'lgan  $V_0$  - tezliklarni toping

Qanday haroratda azot molekularining o'rtacha kvadratik tezligining ehtimolligi eng katta bo'lgan tezlikdan  $\Delta V=50$  m/s ga katta bo'ladi?

Bir xil haroratda geliy va azot molekularining o'rtacha kvadratik tezliklarining nisbatini toping.

Bosim  $P=266,6$  Pa bo'lganda idishning birlik hajmidagi vodorod molekularining soni  $n$  topilsin, agar vodorod molekularining o'rtacha molekularining o'rtacha kvadratik tezligi  $\langle V_{\text{kv}} \rangle=24$  km/s ga teng bo'lsa.

Biror bir gazning zichligi  $\rho=0,06$  kg/m, molekularining o'rtacha kvadratik tezligi  $\langle V_{\text{kv}} \rangle=500$  m/s ga teng. Gazning idish devorlariga ko'rsatayotgan  $P$  bosim topilsin.

Impulsning qiymati eng katta ehtimollikka ega qiymat  $Reh$  ga aniq teng bo'lgan ideal gaz molekularining soni topilsin.

Havoda muallaq turgan chang zarrachasining o'rtacha kvadratik tezligi havo molekularining o'rtacha kvadratik tezligidan necha marta kichik? Chang massasi  $m=10^{-8}$  g. Havoni bir jinsli gaz deb hisoblab, uning molyar massasini  $29 \cdot 10^{-3}$  kg/mol deb oling.

Harorat  $t=20^\circ\text{C}$  bo'lganda vodorod molekulasining impulsi  $P$  topilsin. Molekula tezligini o'rtacha kvadratik tezlikka teng deb hisoblang.

Hajmi  $V=2$  l bo'lgan idishda  $P=90,6$  kPa bosim ostida  $m=10$  g massali kislorod joylashgan. Gaz molekularining o'rtacha kvadratik tezligi  $\langle V_{\text{kv}} \rangle$  topilsin.

Ballonda  $m=15$  g kislorod joylashgan. Tezliklari o'rtacha kvadratik tezligi qiymatidan yuqori bo'lgan kislorod molekularining soni topilsin.

Normal sharoitda biror bir gazning o'rtacha kvadratik tezligi  $\langle v_{\text{kv}} \rangle=461$  m/s ga teng. Massasi  $m=1$  g bo'lgan bunday gazda nechta molekula bor?

40 kPa bosimda zichligi 0,3 kg/m bo'lgan gaz molekularining ehtimolligi eng katta bo'lgan tezligi topilsin. Ideal gaz molekularining qanday qismining energiyasi xuddi shu haroratdagi molekularning ilgarilanma harakat o'rtacha energiyasi  $\langle v \rangle$  dan 1% dan ortiq farq qilmaydi?

Ideal gazning ushbu molekula tezligi  $V_{\text{eh}}$  dan 1% ortiq farq qilmasligining ehtimolligi topilsin.

$t=17^\circ\text{C}$  haroratda havo molekularining qanday qismining tezligi  $\Delta V=0,1$   $V_{\text{eh}}$  dan farqi  $\Delta V=0,5$  m/s dan ko'p emas?

Molekular qanday kishining energiyasi  $E_1=0$  bilan  $E_2=0,01$  qanday oralig'da yotadi?

Ideal gaz molekularining impulslari ehtimolligi eng katta  $P_{\text{eh}}$  qiymatga ega bo'lganlari uchun kinetik energiya ifodasi topilsin.

Kinetik energiyasi ehtimolligi eng katta bo'lgan energiya qiymatidan 1% dan ortiq farq qilmaydigan ideal gaz molekularining nisbiy soni topilsin

Ideal gaz harorati bir da o'zgarsa, molekulaning ehtimolligi eng katta bo'lgan impulsi  $P_{\text{eh}}$  ning qiymati necha foizga o'zgaradi?

Qanday balandlikda havo bosimi dengiz satxidagi bosimining 75 foizini tashkil etadi? Harorat o'zgarmas va  $0^\circ \text{N}$  deb hisoblang

2.3 km balandlikda havoning bosimi dengiz satxidagi bosimning necha foizini tashkil etadi? Harorat o'zgarmas va  $0^\circ \text{C}$  deb hisoblang.

2700 m balandlikda havo bosimini toping. Yer sirtidagi bosim  $P_0 = 101 \text{ kPa}$ . Havo harorati  $t = 0^\circ \text{C}$ .

Yer sirtida atmosferadagi massalari  $m_1$  va  $m_2$  bo'lgan molekular kontsentratsiyalarining nisbati  $k_0$  ga teng. Bu nisbat  $h$  kilometr balandlikda qanday bo'ladi? Haroratni o'zgarmas va  $T$  ga teng deb hisoblang.

Yer sirtidan  $h = 4 \text{ km}$  balandlikda  $V = 1 \text{ m}$  havoning massasi qanday? Havo haroratini o'zgarmas va  $t = 0^\circ \text{C}$  ga deb hisoblang. Yer sirtidagi havo bosimi  $P_0 = 105 \text{ Pa}$  ga teng.

Dengiz sathidan qanday balandlikda havoning zichligi 1 marta kamayadi? Havo harorati  $0^\circ \text{C}$ . Havoning harorati, molyar massasi va og'irlik kuchi tezlanishi balandlikka bog'liq emas.

Qanday balandlikda volorodning zichligi dengiz satxidagiga nisbatan 50 % tashkil etadi? Haroratni o'zgarmas va  $0^\circ \text{C}$  deb hisoblang.

Kuzatuvchining yer sirtidan  $h = 150 \text{ m}$  ga ko'tarilishida atmosfera bosimi qanchagacha kamayadi? Haroratni o'zgarmas va  $15^\circ \text{C}$  deb hisoblang. Yer sirtida bosim  $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Havoda muallaq turgan chang zarrachalarining massasi  $m = 10\text{-}18 \text{ g}$ . Balandlik  $\Delta h = 10 \text{ m}$  ga oshirilganda, ularning kontsentratsiyasi necha marta kamayadi? Havo harorati  $300 \text{ K}$ .

Harorati  $T = 220 \text{ K}$  va bosimi  $P = 25 \text{ kPa}$  bo'lgan biror bir balandlikdagi bosim o'zgarishi topilsin.

Dengiz satxidagi  $h = 2 \text{ km}$  balandlikda havo bosimi va birlik hajmdagi molekular soni topilsin. Dengiz satxida bosim  $P = 101 \text{ kPa}$ , harorat esa  $t = 10^\circ \text{C}$ , Haroratning balandlik bo'yicha o'zgarishini e'tiborga olmag.

Yer sirtidan qanday  $h$  balandlikda bosim yer sirtidagi bosimning 45 % ni taslikil etadi? Haroratni o'zgarmas va  $T = 300 \text{ K}$  ga teng deb oling.

Dengiz sathidan qanday  $h$  balandlikda havoning zichligi ikki marta kamayadi? Havoning harorati  $0^\circ \text{C}$ , Havoning haroratini, molyar massani va erkin tushish tezlanishini balandlikka bog'liq emas deb qarang.

Qanday balandlikda atmosferadagi azotning miqdori karbonat angidrid gaziga nisbatan ikki marta katta bo'ladi? Balandlik bo'yicha o'rtacha haroratni  $0^\circ \text{C}$  ga deb oling.

Qanday balandlikda atmosferadagi kislorodning zichligi 1% ga kamayadi. Kislorodning harorati  $t = 27^\circ \text{C}$ . Haroratni  $17^\circ \text{C}$  ga va bosim  $P_0 = 100 \text{ kPa}$  ga teng bo'lganda, yer sirti yaqinida bosimning  $\Delta P = 100 \text{ kPa}$  ga o'zgarishi balandlikning qanday  $\Delta h$  ga o'zgarishiga mos keladi?

Shaxtada  $h = 10 \text{ km}$  chuqurlikda havo bosimi topilsin yer sirtida bosim  $P_0 = 100 \text{ kPa}$ . Havo harorati  $t = 0^\circ \text{C}$ . Havoning molyar massasi va harorati balandlikga bog'liq emas deb qaralsin.

Har birining massasi  $m = 10\text{-}12 \text{ g}$  bo'lgan bir xil zarrachalar kuchlanganligi  $G = 0,2 \text{ mN/k}$  ga teng bir jinsli maydonda taqsimlangan. Bir-biridan  $\Delta Z = 10 \text{ m}$  masofada bo'lgan ekvipotensial sathlarda joylashgan zarralar kontsentratsiyalarining nisbati aniqlansin. Hamma qarlamalarda harakat bir xil va  $290 \text{ K}$  ga teng.

Yer sirtidan  $h = 4 \text{ km}$  balandlikda  $V = 1 \text{ m}$  havoning massasi qanday bo'ladi? Havo haroratini o'zgarinas va  $t = 0^\circ \text{C}$  deb hisoblang. Yer sirtida havo bosimi  $P_0 = 10 \text{ Pa}$ .

Agar havoning bir kilomolining massasi  $29 \text{ kg/kmol}$ , butun balandlik bo'yicha harorat o'zgarmas va  $27^\circ \text{C}$  ga teng bo'lsa, Yer sirtida havo bosimi esa  $P = 105 \text{ Pa}$  bo'lsa chuqurligi  $8 \text{ km}$  bo'lgan quduq tubida havo bosimi qanday bo'ladi?

Havoda muallaq holda turgan chang zarachalari har birining massasi  $m = 10\text{-}19 \text{ g}$ .  $H_i = 1 \text{ m}$  balandlikdagi havoda muallaq holda turgan chang zarachalari konsentratsiyasi  $n_i$  ning ularning  $h = 0$  balandlikdagi konsentratsiyasi  $n_0$  ga nisbati  $0,787$  ga teng. Havo harorati  $T = 300 \text{ K}$ . shu berilganlar bo'yicha Avagadro doimisi  $N_A$  ning qiymati topilsin.

Molekularning impulsar bo'yicha taqsimot funksiyasi  $f(p)$  ni bilgan holda, impulsning o'rtach kvadratik qiymati  $\langle p \rangle$  aniqlansin.

## 15-AMALIY MASHG'ULOT

### GAZ MOLEKULALARINING ISSIQLIK HARAKATIGA DOIR MASALALAR YECHISH

#### MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Agar gazning hajmi ikki marta oshsa, 1 atmosfera bosimdagi va bo'shanligi temperaturasi  $0^\circ \text{C}$  holatda bo'lsa 8 mоль  $\text{O}_2$  gasi qanday ish bajaradi. a) izotermik b) doimiy bosim uchun

2. Gazning zichligi muhosabatlarini e'zining

a) doimiy bosimning temperatura ga bog'liqligi

b) doimiy bosimning doimiy temperatura ga bog'liqligi

3. 0оС температурага эга бўлган секинлик билан изотермик 2,5л газ қандай иш бажаради, 0оС да 1,5л сиқилсачи?
- 4.Изотермик равишда V1 ва V2 кенгайса 1 моль Ван-дер-Ваальс гази қандай иш бажаради?
- 5.Водород газининг хона температурасида бўлган доимий босимда ва доимий ҳажмда иссиқлик сиғимини боҳаланг?
6. Дастлабки температураси 20оС бўлган 120м<sup>3</sup> азот гази 1 атм босимда ҳажми икки марта ошиш учун унга қанча иссиқлик бериш керак?
7. Ҳимояланган системанинг ҳар доим температураси бир хил бўладими?
- 8.Сенат саройининг залининг ҳажми 30000м<sup>3</sup> ва унга 2500 киши келган.Агар зал вентилятори залнинг температураси қанчага ортади?
- 9.Температураси 600К бўлган икки атомли 3,0 моль газнинг ички энергияси нимага тенг? Агар барча эркилик даражаси актив бўлса?
10. а) Идеал газнинг ҳавода тарқалиш тезлиги қуйидаги формула билан ифодаланади.М-газнинг молекуляр массаси.  
б) бир хил температурада бўлган ҳар хил газларнинг тезликлар нисбати қандай?
11. 400 К температурада бўлган идеал газ ўзининг дастлабки ҳалотидан беш марта ортди.Газлар а) бир атомли б) икки атомли ҳолати учун охириги температурани ҳисобланг?
12. Массаси m=20 г бўлган кислороднинг t=100 С ҳароратдаги иссиқлик ҳаракат энергияси топилсин. Шу энергиянинг қанча қисми илгариланма ҳаракатига ва қанча қисми айланма ҳаракатига тўғри келади.
13. Ҳаво молекуласи иссиқлик ҳаракат қилмоқда. t=150 С да m=1 г ҳаво молекуласининг иссиқлик энергияси қанча. Ҳаво учун  $\mu=29 \cdot 10^{-3}$  кг/моль деб олинсин.
14. m=1 кг азот молекулаларининг t=70 С ҳароратда айланма ҳаракат энергиясини аниқланг.
15. Икки атомли газ мавжуд. У ҳажми V=2 л бўлган идишда сақланмоқда. Босими P=1,5 10<sup>5</sup> Н/м<sup>2</sup>. Шу газ энергиясини аниқланг?
16. Ҳажми 0,02 м<sup>3</sup> бўлган баллондаги азот молекуласининг кинетик энергияси E<sub>к</sub>=5 10<sup>3</sup> Ж, молекуланинг ўртача квадратик тезлиги 2 10<sup>3</sup>м/с. Баллонда қанча азот бор. Баллондаги босим қанча?
17. 1) V=const ҳолда ҳам 2) P=const ҳолда кислороднинг солиштира иссиқлик сиғимини топинг.
18. Икки атомли газнинг иссиқлик сиғими C<sub>v</sub> ни топинг. Газ зичлиги  $\rho=1,43$  кг/м<sup>3</sup>, босими P=10<sup>5</sup> Па, температураси T=273 К.
19. Ўзгармас босимда 2 кмоль азот ва 3 кмоль аргон аралашмасининг солиштира иссиқлик сиғми топилсин.
20. m<sub>1</sub>=8 г гелий гази ва m<sub>2</sub>=16г кислород гази аралашмаси учун C<sub>p</sub>/C<sub>v</sub> қийматини топинг.
21. t=100 С ҳароратда m=10 г кислород P=3 10<sup>5</sup> Н/м<sup>2</sup> ўзгармас босимда иситилгандан кейин газ кенгайиб V=10 л ҳажми эгаллайди. 1) газнинг олган иссиқлик миқдори, 2) газ молекулаларининг истилгандан олдинги ва кейинги иссиқлик ҳаракат энергияси топилсин.
22. m=12 г азот, ҳажми V=2 л бўлган ёпиқ идишда t=100 С да сақланмоқда. Газ истилгач босими P=104 мм.сим.уст. тенг бўлади. Газга қанча миқдорда иссиқлик берилган.
23. Ҳажми V=2 л бўлган азот P=10<sup>5</sup> Н/м<sup>2</sup> босим остида турибди. P=const ҳолда унинг ҳажмини икки барабар орттириш учун, 2) V=const бўлганда босимни икки марта орттириш учун қанчадан иссиқлик миқдори бериш керак.
24. Ҳажми V=10 л бўлган идишда P=10<sup>5</sup> Н/м<sup>2</sup> босимда ҳаво бор. Газ босимини 5 мартта орттириш учун қанча иссиқлик зарур.
25. Ҳажми V=2 л бўлган идишда зичлиги  $\rho=1,4$  кг/м<sup>3</sup> га тенг азот бор. Шу азотни  $\Delta T=100$  К га иситиш учун қанча иссиқлик керак.
27. Ҳажми V=3 л бўлган ёпиқ идишда t=270С ҳароратда P<sub>1</sub>=3 · 10<sup>5</sup> Па. босимда азот гази бор. Иситилганда босим P<sub>2</sub>=25 · 10<sup>5</sup> Па. га кўтарилади. 1) иситилган газ ҳароратини аниқланг. 2) иситиш учун қанча иссиқлик сарфланган.
28. Ёпиқ идишда t=70 С ҳароратли m=10 г азот бор. 1) Азот молекуласининг ўртача квадратик тезлигини икки барабар орттириш учун унга қанча иссиқлик бериш керак. 2) Бунда ҳарорат неча марта ортади. 3) Газнинг идиш деворига бўлган босими неча марта ортади.
29. Ёпиқ идишда гелий бор, идиш ҳажми V=2 л, ҳарорати t=200С, босими P=10<sup>5</sup>Н/м<sup>2</sup>. 1) Гелий ҳароратини 1000С га ошириш учун қанча иссиқлик миқдори бериш керак. 2) 1000С ҳароратда газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги қандай бўлади. 3) Босим қандай бўлиб қолади. 4) Гелий зичлиги қандай бўлади.5) Унинг молекулалари иссиқлик ҳаракатининг энергияси қандай бўлади.

30. Қандай шароитда азот молекуласининг ўртача квадратик тезлиги шу азот молекуласининг ўртача эҳтимолликка эга тезлигидан 50 м/с катта бўлади.
40. Кислород молекуласининг қанча қисми  $t=00$  С да  $v_1=100$  м/с тезликдан  $v_2=110$  м/с тезликкача эга бўлади.

## 16-AMALIY MASHG'ULOT IDEAL GAZ ICHKI ENERGIYASIGA DOIR MASALALAR YECHISH

### MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

Водород  $P=200$  мм.с.м.уст. босимда унинг ўртача квадратик тезлиги 2400 м/с бўлса 1 см<sup>3</sup> ҳажмда неча водород молекуласи бор.

Маълум газ мавжуд, унинг зичлиги  $\rho=6 \cdot 10^{-2}$  кг/м<sup>3</sup> шу газнинг молекуласининг ўртача квадратик тезлиги 500 м/с. Газнинг босимини аниқланг.

$t=200$  С да водород молекуласининг импульсини аниқланг. Тезлик сифатида ўртача квадратик тезлик қийматини олинг.

Ҳажми  $V=2$  л бўлган идишда  $m=10$  г кислород бор. Унинг босими  $P=105$  Н/м<sup>2</sup>. Газнинг зичлигини ва ўртача квадратик тезлигини топинг.

Маълум газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги 450 м/с, газ босими  $P=5 \cdot 10^4$  Н/м<sup>2</sup>. Шу газ зичлигини топинг.

Зичлиги  $\rho=8,2 \cdot 10^{-5}$  г/см<sup>3</sup> бўлган,  $P=105$  Н/м<sup>2</sup> босимда бўлган газнинг молекулалари ўртача квадратик тезлигини топинг.  $t=170$  С да шу зичликда газнинг 1 киломоль массасини топинг.

Бирор газ молекуласининг ўртача квадратик тезлиги нормал шароитда 461 м/с. Шу газнинг  $m=1$  г массасида қанча молекула бор?

Массаси  $m=20$  г бўлган кислороднинг  $t=100$  С ҳароратдаги иссиқлик ҳаракат энергияси топилсин. Шу энергиянинг қанча қисми илгариланма ҳаракатига ва қанча қисми айланма ҳаракатига тўғри келади.

Ҳаво молекуласи иссиқлик ҳаракат қилмоқда.  $t=150$  С да  $m=1$  г ҳаво молекуласининг иссиқлик энергияси қанча. Ҳаво учун  $\mu=29 \cdot 10^{-3}$  кг/моль деб олинсин.

$m=1$  кг азот молекулаларининг  $t=70$  С ҳароратда айланма ҳаракат энергиясини аниқланг.

Икки атомли газ мавжуд. У ҳажми  $V=2$  л бўлган идишда сақланмоқда. Босими  $P=1,5 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup>. Шу газ энергиясини аниқланг?

Ҳажми 0,02 м<sup>3</sup> бўлган баллондаги азот молекуласининг кинетик энергияси  $E_k=5 \cdot 10^3$  Ж, молекуланинг ўртача квадратик тезлиги 2103 м/с. Баллонда қанча азот бор. Баллондаги босим қанча? Иссиқлик двигатели 2250 Ж фойдали иш бажариб, 7250 Ж иссиқлик ишлаб чиқаради. Двигателнинг Ф.И.К нимага тенг?

Автомобиль двигателидаги бензин ёнганда 4 л бензиндан 3104 ккал ажиралади. Агар автомобиль 90 км/соат тезликда 33 км юриш учун ўтгача 4 л бензин ишлатса. У ҳолда двигателнинг Ф.И.К нимага тенг?

3.480оС ва 305оС бўлган температуралар билан термостат ораллигида ишлаётган иссиқлик двигателининг Ф.И.К нимага тенг?

Иссиқлик двигателини бераётган иссиқлиги (совуткич температураси) 280оС га тенг. Агар Карно циклини Ф.И.К 32% тенг бўлиши учун исситкичнинг температураси нимага тенг бўлиши керак.

Карно максимал қийматининг яримига тенг Ф.И.К билан ишлаётган двигателнинг исситкич ва совуткичларнинг температуралари мос равишда 525 ва 290оС. Двигатель 850 кВт қувватга эга бўлиб иш бажаради. У бир соат ичида қанча иссиқлик беради?

Карно двигатели 650 кВт қувватга эга бўлиб бир секундда 1250 ккал иссиқлик сарфлайди. Исситкич температураси 590оС, ортиқча иссиқлик берилганда музлатгич температураси нимага тенг.

Иссиқлик двигатели 610оС исситкичдан фойдаланиб Ф.И.К Карно Ф.И.К га тенг, яъни 27%. Ф.И.К ни 35% га кўтариш учун исситкич температураси қандай бўлиши керак.

Исситкич электростанциясида буғ двигатели жуфт бўлиб ишлайди. Уларнинг биридан чиқаётган иссиқлик бошқасида тўлиқ ютилади. Биринчи буғ двигателининг исситкичи васовуткичининг температураси мос равишда 670 ва 430оС. Иккинчиси учун 420 ва 280оС га тенг. Агар кўмир ёнганида чиқаётган иссиқлиги 2,8107 Ж/кг бўлса, станция 450 МВт қувват бериши учун ўчоғда

кўмирни қандай тезликда ёкиш керак? Ҳар бир двигателнинг Ф.И.К максимал Карно Ф.И.К нинг 65% ташкил қилади деб ҳисоблансин.

Массаси 3 кг бўлган яшиқ юзаси гадир-будур бўлган столда 2,2м/с тезлик билан ҳаракатланиб кейин тўхтади. Оламнинг тўла энтропиясини ўзгаришини баҳоланг. Ҳамма жисмлар хона температурасида (293К) ҳолатида турибди. 280оС температурада ушлаб туриладиган.

Алюминий стержин 160кал/с тезликда 22оС температурага эга бўлган катта массага эга бўлган сувга иссиқлик ўтказди. Бу жараёнда энтропия қандай тезликда кўпаяди.

Агар 2,5 кг сув 0оС да музлаб ва шу температурада температураси -10оС ли 45 кг музга тегиб музга айланса энтропияни тўла ўзгариши нимага тенг?

Агар иссиқлик ўтказувчанлиги яхши 20оС температурадаги 2 кг сув 80оС температурали 1 кг сувга кўшилса системанинг энтропияси ўзгариши нимага тенг?

Ҳар бирининг массалари 1400 кг бўлган автомобиллар 30 км/соат тезлик билан ҳаракатланиб, бир-бири билан тўқнашади ва тухтайди. Бу тўқнашишдан кейин оламнинг энтропияси қанчага ўзгаради.

14.1 кг сувни 0оС дан 100оС гача қиздирилганда энтропиянинг ўзгаришини ҳисобланг?

Карно холодиллиги -17оС температурада музлатгич бўлишидан иссиқлик ютади ва 25оС температурада хонага узатади.

25оС температурада 0,5 кг сувни -17оС температурали музга айлантириш учун музлатгич қандай иш бажаради?

Агар компрессор қуввати 200 Вт га тенг бўлса қандай максимал вақт мобайнида 25оС температурали 0,5 кг сувни 0оС гача совутиш мумкин?

Нима учун Карно Циклидаги энтропияни ўзгариши нолга тенглигини кутиш керак. Шуни тасдиқловчи ҳисоблашни бажаринг.

Термодинамик жарёнларни PV,PT, ва TS (температура ва энтропия) диаграммалари билан тасвирлаш мумкин. а) Карно цикли учун TS диаграммаларини чизинг.

Бу диаграммадаги эгри чизиқ билан чегараланган юза нимани намойиш қилади.

Электростанция 1000МВт қувватни таъминласин ва бўғ трубинасини ишлатсин. Бўғ трубинага 520оК температурагача исситилган ҳолда берилсин ва ортиқча иссиқликни 290К температурали дарёга берсин. Трубина қайтар Карно цикли бўйича ишляпди.

Агар дарё сувини сарфланиши 40м<sup>3</sup>/с бўлса электростанциядан сувнинг куйи оқида дарё сувининг температураси қанчага ошади?

t=100 С ҳароратда m=10 г кислород P=3 10<sup>5</sup> Н/м<sup>2</sup> ўзгармас босимда иситилгандан кейин газ кенгайиб V=10 л ҳажми эгаллайди. 1) газнинг олган иссиқлик миқдори, 2) газ молекулаларининг истилгандан олдинги ва кейинги иссиқлик ҳаракат энергияси топилсин.

m=12 г азот, ҳажми V=2 л бўлган ёпиқ идишда t=100 С да сақланмоқда. Газ истилгач босими P=104 мм.с.м.уст. тенг бўлади. Газга қанча миқдорда иссиқлик берилган.

Ҳажми V=2 л бўлган азот P=105 Н/м<sup>2</sup> босим остида турибди. P=const ҳолда унинг ҳажмини икки баравар орттириш учун, 2) V=const Ҳажми V=2 л бўлган идишда зичлиги ρ=1,4 кг/м<sup>3</sup> га тенг азот бор. Шу азотни ΔT=100 К га иситиш учун қанча иссиқлик керак.

Ҳажми V=3 л бўлган ёпиқ идишда t=270С ҳароратда P<sub>1</sub>=3·10<sup>5</sup> Па. босимда азот гази бор.

Иситилганда босим P<sub>2</sub>=25·10<sup>5</sup> Па. га кўтарилади. 1) иситилган газ ҳароратини аниқланг. 2) иситиш учун қанча иссиқлик сарфланган.

Ёпиқ идишда t=70 С ҳароратли m=10 г азот бор. 1) Азот молекуласининг ўртача квадратик тезлигини икки баравар орттириш учун унга қанча иссиқлик бериш керак. 2) Бунда ҳарорат неча марта ортади. 3) Газнинг идиш деворига бўлган босими неча марта ортади.

Ёпиқ идишда гелий бор, идиш ҳажми V=2 л, ҳарорати t=200С, босими P=105Н/м<sup>2</sup>. 1) Гелий ҳароратини 1000С га ошириш учун қанча иссиқлик миқдори бериш керак. 2) 1000С ҳароратда газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги қандай бўлади. 3) Босим қандай бўлиб қолади. 4) Гелий зичлиги қандай бўлади. 5) Унинг молекулалари иссиқлик ҳаракатининг энергияси қандай бўлади. Қандай шароитда азот молекуласининг ўртача квадратик тезлиги шу азот молекуласининг ўртача эҳтимолликка эга тезлигидан 50 м/с катта бўлади.

## MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Иссиқлик двигатели 2250 Ж фойдали иш бажариб, 7250 Ж иссиқлик ишлаб чиқаради. Двигателнинг Ф.И.К нимага тенг?

2. Автомобиль двигателидаги бензин ёнганда 4 л бензиндан 3104 ккал ажиралади. Агар автомобиль 90 км/соат тезликда 33 км юриш учун ўтгача 4 л бензин ишлатса. У ҳолда двигателнинг Ф.И.К нимага тенг?

3. 480°C ва 305°C бўлган температуралар билан термостат оралигида ишлаётган иссиқлик двигателининг Ф.И.К нимага тенг?

4. Иссиқлик двигателини бераётган иссиқлиги (совутқич температураси) 280°C га тенг. Агар Карно циклини Ф.И.К 32% тенг бўлиши учун исситқичнинг температураси нимага тенг бўлиши керак.

5. Карно максимал қийматининг яримига тенг Ф.И.К билан ишлаётган двигателнинг исситқич ва совутқичларнинг температуралари мос равишда 525 ва 290°C. Двигатель 850 кВт қувватга эга бўлиб иш бажаради. У бир соат ичида қанча иссиқлик беради?

6. Карно двигатели 650 кВт қувватга эга бўлиб бир секундда 1250 ккал иссиқлик сарфлайди. Исситқич температураси 590°C, ортиқча иссиқлик берилганда музлатгич температураси нимага тенг.

7. Иссиқлик двигатели 610°C исситгичдан фойдаланиб Ф.И.К Карно Ф.И.К га тенг, яъни 27%. Ф.И.К ни 35% га кўтариш учун исситгич температураси қандай бўлиши керак.

8. Исситгич электростанциясида буғ двигатели жуфт бўлиб ишлайди. Уларнинг биридан чиқаётган иссиқлик бошқасида тўлиқ ютилади. Биринчи буғ двигателининг исситқичи васовутгичининг температураси мос равишда 670 ва 430°C. Иккинчиси учун 420 ва 280°C га тенг. Агар кўмир ёнганида чиқаётган иссиқлиги 2,8107 Ж/кг бўлса, станция 450 МВт қувват бериши учун ўчоғда кўмирни қандай тезликда ёқиш керак? Ҳар бир двигателнинг Ф.И.К максимал Карно Ф.И.К нинг 65% ташкил қилади деб ҳисоблансин.

9. Массаси 3 кг бўлган яшик юзаси гадир-будур бўлган столда 2,2 м/с тезлик билан ҳаракатланиб кейин тўхтади. Оламнинг тўла энтропиясини ўзгаришини баҳоланг. Ҳамма жисмлар хона температурасида (293 К) ҳолатида турибди. 280°C температурада ушлаб туриладиган.

10. Алюминий стержин 160 ккал/с тезликда 22°C температурага эга бўлган катта массага эга бўлган сувга иссиқлик ўтказади. Бу жараёнда энтропия қандай тезликда кўпаяди.

11. Агар 2,5 кг сув 0°C да музлаб ва шу температурада температураси -10°C ли 45 кг музга тегиб музга айланса энтропияни тўла ўзгариши нимага тенг?

12. Агар иссиқлик ўтказувчанлиги яхши 20°C температурадаги 2 кг сув 80°C температурали 1 кг сувга кўшилса системанинг энтропияси ўзгариши нимага тенг?

13. Ҳар бирининг массалари 1400 кг бўлган автомобиллар 30 км/соат тезлик билан ҳаракатланиб, бир-бири билан тўқнашади ва тухтайди. Бу тўқнашишдан кейин оламнинг энтропияси қанчага ўзгаради.

14. 1 кг сувни 0°C дан 100°C гача қиздирилганда энтропиянинг ўзгаришини ҳисобланг?

а) Атрофнинг энтропияси ўзгарадими? Агар ўзгарса қандай катталиққа ўзгаради?

15. Карно холодильникни -17°C температурада музлатгич бўлишидан иссиқлик ютади ва 25°C температурада хонага узатади.

а) 25°C температурада 0,5 кг сувни -17°C температурали музга айлантириш учун музлатгич қандай иш бажаради?

б) Агар компрессор қуввати 200 Вт га тенг бўлса қандай максимал вақт мобайнида 25°C температурали 0,5 кг сувни 0°C гача совутиш мумкин?

16. Нима учун Карно Циклидаги энтропияни ўзгариши нолга тенглигини кутиш керак. Шуни тасдиқловчи ҳисоблашни бажаринг.

17. Термодинамик жарёнларни PV, PT, ва TS (температура ва энтропия) диаграммалари билан тасвирлаш мумкин. а) Карно цикли учун TS диаграммаларини чизинг.

б) Бу диаграммадаги эгри чизик билан чегараланган юза нимани намойиш қилади.

18. Электростанция 1000 МВт қувватни таъминласин ва буғ турбинасини ишлатсин. Буғ турбинага 520°C температурагача исситилган ҳолда берилсин ва ортиқча иссиқликни 290 К температурали дарёга берсин. Турбина қайтар Карно цикли бўйича ишляпти.

а) Агар дарё сувини сарфланиши 40 м<sup>3</sup>/с бўлса электростанциядан сувнинг куйи оқимида дарё сувининг температураси қанчага ошади?

б) Энтропиянинг ўзгариши нимага тенг?

19.  $t=100$  С ҳароратда  $m=10$  г кислород  $P=3 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup> ўзгармас босимда иситилгандан кейин газ кенгайиб  $V=10$  л ҳажми эгаллайди. 1) газнинг олган иссиқлик миқдори, 2) газ молекулаларининг истилгандан олдинги ва кейинги иссиқлик ҳаракат энергияси топилсин.
20.  $m=12$  г азот, ҳажми  $V=2$  л бўлган ёпиқ идишда  $t=100$  С да сақланмоқда. Газ истилгач босими  $P=104$  мм.сим.уст. тенг бўлади. Газга қанча миқдорда иссиқлик берилган.
21. Ҳажми  $V=2$  л бўлган азот  $P=105$  Н/м<sup>2</sup> босим остида турибди.  $P=\text{const}$  ҳолда унинг ҳажмини икки барабар орттириш учун, 2)  $V=\text{const}$  бўлганда босимни икки марта орттириш учун қанчадан иссиқлик миқдори бериш керак.
22. Ҳажми  $V=10$  л бўлган идишда  $P=105$  Н/м<sup>2</sup> босимда ҳаво бор. Газ босимини 5 марта орттириш учун қанча иссиқлик зарур.
23. Ҳажми  $V=2$  л бўлган идишда зичлиги  $\rho=1,4$  кг/м<sup>3</sup> га тенг азот бор. Шу азотни  $\Delta T=100$  К га иситиш учун қанча иссиқлик керак.
24. Ҳажми  $V=3$  л бўлган ёпиқ идишда  $t=270$ С ҳароратда  $P_1=3 \cdot 10^5$  Па. босимда азот гази бор. Иситилганда босим  $P_2=25 \cdot 10^5$  Па. га кўтарилади. 1) иситилган газ ҳароратини аниқланг. 2) иситиш учун қанча иссиқлик сарфланган.
25. Ёпиқ идишда  $t=70$  С ҳароратли  $m=10$  г азот бор. 1) Азот молекуласининг ўртача квадратик тезлигини икки барабар орттириш учун унга қанча иссиқлик бериш керак. 2) Бунда ҳарорат неча марта ортади. 3) Газнинг идиш деворига бўлган босими неча марта ортади.
26. Ёпиқ идишда гелий бор, идиш ҳажми  $V=2$  л, ҳарорати  $t=200$ С, босими  $P=105$ Н/м<sup>2</sup>. 1) Гелий ҳароратини  $1000$ С га ошириш учун қанча иссиқлик миқдори бериш керак. 2)  $1000$ С ҳароратда газ молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги қандай бўлади. 3) Босим қандай бўлиб қолади. 4) Гелий зичлиги қандай бўлади. 5) Унинг молекулалари иссиқлик ҳаракатининг энергияси қандай бўлади.
27. Қандай шароитда азот молекуласининг ўртача квадратик тезлиги шу азот молекуласининг ўртача эҳтимолликка эга тезлигидан  $50$  м/с катта бўлади.

## 18-AMALIY MASHG'ULOT SUYUQLIKLAR FIZIKASIGA DOIR MASALALAR YECHISH

### MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Ichki radiusi  $r = 1$ mm bo'lgan vertikal trubadan suv toamdi . Tomchining uzilishi vaktidagi radiusi topilsin. Tomchini sferik deb xisoblansin . Tomchining uziladigan joyining diametrini turabanning diametriga teng deb olinsin.
2. Xar birining radiusi 1mm bo'lgan ikkita simob tomchisining kushilishidan xosil bo'lgan tomchi necha gradusga isiydi ?
3. Radiusi 3mm bo'lgan simobning sferik tomchisini bir xil ikkita tomchiga ajratish uchun uning sirt taranglik kuchiga qarshi qancha ish bajarish kerak ?
4. 4sm diametrli sovun pufagini (  $\alpha = 0,043$  n/m ) xosil qilish uchun , uning sirt taranglik kuchiga qarshi qancha ish bajarish kerak ?
5. Suv sirtidan  $h = 20$ sm chukurlikda bo'lgan  $d = 0,01$  mm diametrli xavo pufakchadagi xavoning bosimi ( mm. sim. ust. larda ) aniqlansin. Tashqi bosim  $R_1 = 765$  mm. si. ust. ga teng.
6. Sovun pufagining ichidagi xavoning bosimi atmosfera bosimidan 1mm.sim.ust. ga katta . Pufakning diametri nimaga teng ? Sovun .eritmasining sirt taranglik koeffitsientini  $0,043$  n/m ga teng deb xisoblang.
7. Xavo pufagi suv sirtidan qanday chukurlikda bo'lganda , undagi xavoning zichligi  $2$  kg/m<sup>3</sup> ga teng bo'ladi ? Pufakning diametri  $0,015$  mm, temperaturasi  $200$  S va atmosfera bosimi  $760$  mm.sim.ust. ga teng.
8. Simobli idishning ichiga ichki diametri  $d = 3$  mm bo'lgan ikki uchi ochiq kapillyar naycha tushirlgan . Idishdagi va kapillyar naychadagi simob satxi balandliklarining farki  $\Delta h = 3,7$  mm. Kapillyar naychadagi simob meniskning egirlik radiusi nimaga teng.



9. Ichki diametri  $d = 1\text{ mm}$  bo'lgan kapillyar naychada benzol qanday balandlikka kuta- riladi ? Benzol tula xyllovchi deb xisoblansin.
10. Suv to'la xullovchi bo'lganda kapillyarda  $2\text{ sm}$  kutarilish uchun kapilyar naychaning ichki diametri qanday bo'lishi kerak ? Masala , kapillyar naycha 1) Erda va 2) Oyda bo'lgan xollar uchun yechilsin.
11. Diametrlari  $d_1 = 1\text{ mm}$  va  $d_2 = 2\text{ mm}$  bo'lgan tutash kapillyar naychadagi simob satxi balandiklarining farki topilsin . Simob to'la xullamovchi deb xisoblansin.

## 19 –AMALIY MASHG'ULOT ELEKTROSTATIKAGA DOIR MASALALAR YECHISH

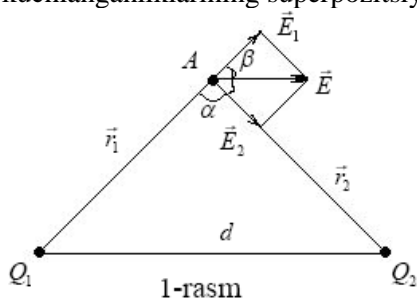
### MASALALAR YECHISH NAMUNALARI

1-masala.

Ikkita nuqtaviy zaryad  $q_1 = 10^{-9}\text{ K1}$  va  $q_2 = 2 \cdot 10^{-9}\text{ K1}$  havoda bir-biridan  $d = 10\text{ sm}$  masofada joylashtirilgan. Zaryadlardan  $r_1 = 9\text{ sm}$  va  $r_2 = 7\text{ sm}$  masofadagi A nuqtada maydon kuchlanganligi va potentsiali aniqlansin.

Yechish.

A nuqtadagi natijalovchi maydon kuchlanganligi vektori zaryadlar hosil qilgan elektr maydon kuchlanganliklarining superpozitsiyasi bilan topiladi:



$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ , bu yerda,  $E_1$  va  $E_2$  lar mos ravishda  $Q_1$  va  $Q_2$  zaryadlar hosil qilgan maydon kuchlanganliklari 1-rasmda  $E_1$  -vektor  $Q_1$  - dan chiqadi, chunki bu zaryad musbat.  $E_2$ -vektor  $Q_2$  tomonga yo'nalgan, chunki  $Q_2$  manfiy zaryad. Natijalovchi  $E$  vektorning yo'nalishi va qiymati parallelogramning diogonaliga mos keladi.  $E$  vektorning absolyut qiymati quyidagicha topiladi:

$$\vec{E} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \beta} \quad (1)$$

$\beta = \pi - \alpha$  bo'lgani uchun

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2 \cos \alpha} \quad (2)$$

Nuqtaviy zaryadning maydon kuchlanganligi

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Kosinuslar teoremasidan :

$$\cos \alpha = \frac{r_1^2 + r_2^2 - d^2}{2r_1r_2}$$

Berilganlarni Xalqaro birliklar tizimi(XBT)da formulaga qo'yib hisoblaymiz:

$$E_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-9}}{(0.09)^2} = 1.11 \cdot 10^3 \frac{V}{m},$$

$$E_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-9}}{(0.07)^2} = 3.68 \cdot 10^3 \frac{V}{m}$$

$$\cos \alpha = \frac{(0.09)^2 + (0.07)^2 - (0.1)^2}{2 \cdot 0.09 \cdot 0.07} = 0.238$$

$$E = \sqrt{(1.11 \cdot 10^3)^2 + (3.68 \cdot 10^3)^2 - 2 \cdot 1.11 \cdot 10^3 \cdot 3.68 \cdot 10^3 \cdot 0.238} = 3.58 \cdot 10^3 \frac{V}{m}$$

Natijalovchi maydonning potentsiali ( $\varphi$ ) zaryadlar ( $Q_1$  va  $Q_2$ ) hosil qilgan maydon potentsiallarining algebraik yig'indisiga teng

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 \quad (5)$$

$Q_1$  - musbat zaryad bo'lgani uchun, uning maydonining potentsiali musbatdir,  $Q_2$  - manfiy zaryad, shu sababli uning maydonining potentsiali manfiydir. Nuqtaviy zaryadni maydon potentsiali quyidagi formuladan topiladi:

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} = k \frac{Q}{r}.$$

Berilganlarni o'rniga qo'yib quyidagini hosil qilamiz:

$$\varphi_1 = 100V, \quad \varphi_2 = -257V, \quad \varphi = 100 + (-257) = -157V$$

2-masala.

Zaryadning sirt zichligi  $\sigma = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Kl/m}^2$  bo'lgan cheksiz tekislik hosil qilgan elektr maydon ichiga joylashtirilgan (chiziqli zaryad zichligi  $\tau = 10^{-7} \text{ Kl/m}$ ) cheksiz uzun ipning har bir uzunlik birligiga ta'sir etuvchi kuch topilsin (2-rasm).

Yechish:

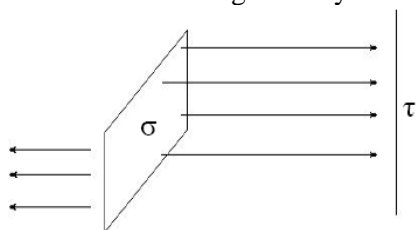
Ta'sir etuvchi kuch

$$F = QE \quad (1)$$

$E$  - zaryadlangan tekislikning bir jinsli elektr maydon kuchlanganligi:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \quad (2)$$

bunda:  $\sigma$  - tekislikning sirt zaryad zichligi,  $\epsilon_0$  - elektr doimiysi.



2-rasm

Maydon ichiga joylashtirilgan ipning zaryadi:

$$Q = \tau \cdot l \quad (3)$$

$\tau$  - bir tekis zaryadlangan ipning chiziqli zaryad zichligi

(2) va (3) formulalarni (1) ga qo'yamiz:

$$F = \frac{\tau \cdot l \cdot \sigma}{2\epsilon_0} \quad (4)$$

Ipning uzunlik birligiga ta'sir etuvchi kuchni topish uchun  $F$  ni  $l$  ga bo'lamiz:

$$\frac{F}{l} = \frac{\tau \sigma}{2\epsilon_0}$$

$$\frac{F}{l} = \frac{10^{-7} \cdot 4 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} = 2.25 \cdot 10^{-3} \frac{N}{m}$$

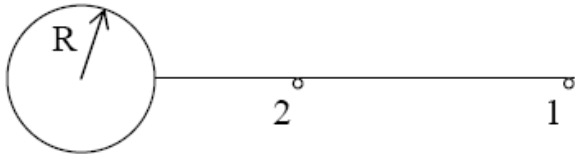
3-masala.

Radiusi  $R=0.1$  m bo'lgan zaryadlangan sferani sirtidan  $l_1=0.5$  m masofada zaryad miqdori  $Q=10^{-8}$  C bo'lgan nuqtaviy zaryad joylashtirilgan (3-rasm). Nuqtaviy zaryadni zaryadlangan sfera tomon  $l_2=0.2$  m masofagacha yaqinlashtirish uchun qanday ish bajarish kerak? Sfera  $\varphi=25$  kV gacha zaryadlangan.

Yechish:

Elektr maydonida zaryadni siljitish uchun bajarilgan ish:

$$A = Q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (1)$$



3 -rasm

Sferaning hosil qilgan maydoni  $r \gg R$  bo'lganda ham zaryadni markazga joylashtirgandagi kabi bo'ladi. 1 va 2 nuqtalarning potentsiali:

$$\varphi_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_1} \quad (2)$$

$$\varphi_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_2} \quad (3)$$

$r_1 = R + l_1$  va  $r_2 = R + l_2$  lar mos ravishda markazigacha bo'lgan masofalar. Sferaning zaryadi ( $Q$ ) ni

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R}$$

topamiz :

$$Q = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R \varphi$$

$\epsilon=1$  deb olib, (4) ni (2) va (3) ga qo'yamiz

$$\varphi_1 = \frac{4\pi\epsilon_0 \varphi R}{4\pi\epsilon_0 (R + l_1)} = \frac{R \varphi}{R + l_1}$$

$$\varphi_2 = \frac{R \varphi}{R + l_2}$$

$\varphi_1, \varphi_2$  ning qiymatlarini (1) ga qo'yamiz:

$$A_{1,2} = Q_0 \left( \frac{R \varphi}{R + l_1} - \frac{R \varphi}{R + l_2} \right) = Q_0 R \varphi \frac{l_2 - l_1}{(R + l_1)(R + l_2)},$$

$$A_{1,2} = 10^{-8} \cdot 0.1 \cdot 25 \cdot 10^3 \frac{0.3}{0.6 \cdot 0.9} = 8.2 \cdot 10^{-5} J.$$

$$[A] = Kl \cdot m \cdot V \cdot \frac{m}{m^2} = Kl \cdot V = J.$$

#### MUSTAQIL ISHLASH UCHUN MASALALAR

Elektron  $R$  radiusli orbita bo'ylab yadro atrofida aylanmoqda. Yadro zaryadi  $Ze$ . Elektronning tezligi  $v$  va aylanish  $T$  davri topilsin.

Vakuumda bir-biridan  $r=1$  sm masofada joylashgan va  $q_1=q_2=1$  C bo'lgan nuqtaviy zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi aniqlansin.

Massalari  $m_1=m_2=1$  g bo'lgan sharlarning o'zaro bir-birini itarish kuchi bilan gravitatsion tortishuv kuchi bir-biriga teng bo'lishi uchun sharlarga qanday zaryad berish kerak?

Ikkita bir xil kattalikdagi suv tomchilarining har biriga bittadan ortiqcha elektron joylashgan. Elektrostatik itarish kuchi gravitatsion kuchga teng bo'lishi uchun tomchilarning radiusi  $r$  qancha bo'lishi kerak?

Qo'zg'almay turgan natriy Na yadrosi a-zarracha bilan bombardimon qilishda o'zaro itarish kuchi  $F=140$  N ga teng bo'lsa, a- zarrachasi natriy yadrosiga qanday  $r$  masofagacha yaqinlashishi mumkin?

Radiusi  $R=2$  sm, zaryadining sirt zichligi  $\sigma = 2 \cdot 10^{-9} \text{ C/sm}^2$  bo'lgan zaryadlangan sharni uning sirtidan  $r=2$  sm masofada joylashtirilgan nuqtaviy zaryad ( $Q = 6.7 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ ) ga ta'sir etuvchi kuch topilsin.

O'zaro tortishuv kuchi ta'sirida manfiy zaryadlangan kichik sharcha nuqtaviy musbat zaryad  $q = 1.1 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  atrofida tekis aylanmoqda. Manfiy zaryadlangan sharchaning aylanish radiusi  $r=1.5$  sm, aylanish tezligi  $3 = 20 \text{ sm/s}$ . Sharcha zaryadini uning massasiga nisbati aniqlansin.

Agar vodorod atomining diametri  $d=2 \cdot 10^{-8} \text{ s sm}$  deb olinsa, uning elektronini yadro qanday kuch bilan tortadi?

Ikkita protonni elektrostatik itarish kuchini gravitatsion tortishish kuchiga nisbati topilsin. Shunday hisoblarni ikkita elektron uchun ham bajaring.

Metall sharga  $Q=3.3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  zaryad berilgan. Shunchalik zaryadga ega bo'lishi uchun shardan qancha elektron olish kerak?

Bir elektron  $r=1$  sm masofada turgan ikkinchi elektronga bera oladigan tezlanish  $a$  hisoblansin.

Vakuumdagi bir-biridan  $r=6$  sm masofada va o'zaro  $F=0.1 \text{ N}$  kuch bilan ta'sir etayotgan nuqtaviy zaryadlarning zaryad miqdori topilsin.

Ikkita zaryad havoda  $r=5$  sm masofada  $F_1=120 \text{ mN}$  kuch bilan o'zaro ta'sir ko'rsatadi. Agar ularni suyuqlik ichida  $r = 10 \text{ sm}$  ga joylashtirilsa, ta'sir kuchi  $F_2=15 \text{ mN}$  bo'ladi. Suyuqlikning dielektrik singdiruvchangligi topilsin.

Dielektrik singdiruvchangligi  $\epsilon = 3$  ga teng bo'lgan yog' ichida joylashtirilgan zaryadlar orasidagi masofa  $r$  topilsin, agar da vakuumdagi  $r=30$  sm masofada joylashtirilgan zaryadlar orasidagi ta'sir kuchi yog' ichidagi bilan teng bo'lsa.

Elektrondan taslikil topgan va umumiy massasi  $m=1 \text{ g}$  ga teng bo'lgan ikkita zaryad  $r=10-11 \text{ m}$  masofada joylashgan. Ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi aniqlansin.

Ikkita nuqtaviy  $Q_1$  va  $Q_2$  zaryadlar  $r$  masofada joylashtirilgan. Agar ular orasidagi masofa  $\Delta r = 50 \text{ sm}$  ga kamaytirilsa, ularning o'zaro ta'sir kuchi 2 marta ortadi.  $r$  masofani aniqlansin.

Metall sharchaga  $N=5 \cdot 10^5$  ta ortiqcha elektron berilgan. Bu sharchadan  $r=1 \text{ m}$  masofada joylashtirilgan boshqa sharchada  $Q=13.2 \cdot 10^{-14} \text{ C}$  zaryad bo'lsa, ularning o'zaro ta'sir kuchi qanday? Agar sharchalarni bir-biriga tekkizilsa, birinchi sharchada nechta ortiqcha elektron qoladi?

Vakuumdagi bir-biridan  $r=30 \text{ sm}$  masofada joylashtirilgan zaryadlarni biri ikkinchisidan 3 marta ortiq bo'lib, o'zaro  $30 \text{ N}$  kuch bilan ta'sir etadi. Zaryadlar miqdori topilsin.

Ikkita nuqtaviy zaryadlarni zaryad miqdori 4 martaga va oraliq masofasi 2 martaga kamaytirilsa, ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi qanchaga o'zgaradi? Zaryadlardan birining miqdori 4 marta orttirilsa-chi? Zaryadlardan biri 4 marta ortsa, zaryadlarni o'zaro ta'sir kuchi o'zgarmas qolishi uchun ular orasidagi masofani necha marta oshirish kerak?

Ikkita manfiy  $Q_1 = -1.8 \cdot 10^{-7} \text{ C}$  va  $Q_2 = -0.72 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  zaryadlarning orasidagi masofa  $r=3 \text{ sm}$ . Ulardan ma'lum uzoqlikda  $Q_3$  zaryad joylashtirilsa, zaryadlar muvozanatlashadi. Uchinchi zaryad va uning joylashgan masofasi aniqlansin.

Kvadratning uchlariga 4 ta  $Q=10^{-8} \text{ C}$  zaryad joylashtirilgan. Zaryadlar tizimi muvozanatda saqlanishi uchun kvadratning markaziga qanday nuqtaviy zaryad joylashtirish kerak?

Tomonlari  $a=10 \text{ sm}$  bo'lgan kvadratning uchlariga 4 ta absolyut qiymatlari bir xil bo'lgan  $Q=4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  zaryad joylashtirilgan bo'lib, ularning ikkitasi musbat, ikkitasi esa manfiy, lekin bir jinsli zaryadlar yonma-yon joylashgan. Kvadratning markazida joylashgan nuqtaviy  $Q_0=5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  musbat zaryadga ta'sir etuvchi kuch topilsin.

4 ta bir xil qiymatli  $Q=4 \text{ nC}$  zaryad, tomonlari  $a=10 \text{ sm}$  bo'lgan kvadratning uchlariga joylashtirilgan. Shu zaryadlarning biriga qolgan 3 ta zaryadlarni ta'sir etuvchi kuchi topilsin.

Massalari  $m_1=m_2=m_3=5 \text{ g}$  bo'lgan shar bitta ilgakka uzunliklari  $l=1 \text{ m}$  bo'lgan iplar bilan osilgan. Hamma sharga bir xil miqdorda  $Q$  zaryad berilgan, iplar orasidagi burchaklar  $40^\circ$  bo'ldi. Sharlarga berilgan zaryad miqdori  $Q$  topilsin.

Kvadrat markazida  $Q=250 \text{ nC}$  zaryad joylashtirilgan. Kvadratning uchlariga qoyilgan qanday bir xil zaryadlar tizimi muvozanatda bo'la oladi?

Ikkita zaryadlangan bir xil kattalikdagi metall sharlar bir-biridan  $60 \text{ sm}$  masofada turibdi. Ular orasidagi itarishish kuchi  $F=70 \text{ mN}$ . Sharlarni bir biriga tegizib, qaytadan o'z o'rniga qo'yilganda ular orasidagi itarishish kuchi  $F=160 \text{ mN}$  ga yetgan. Sharlarning diametri  $d$  ular orasidagi masofa  $r$  dan juda kichik deb hisoblanib, sharlarni to'qnashgunga qadar bo'lgan zaryadlari  $Q_1$  va  $Q_2$  lar topilsin.

Massalari  $m_1 = m_2 = 0.1 \text{ g}$  bo'lgan ikkita shar uzunligi  $l=0.2 \text{ m}$  iplar bilan bitta nuqtaga osilgan. Sharlardan birini chetga tortib, unga zaryad berildi. Sharlar to'qnashgandan so'ng ular bir-biridan qochib, iplar orasida  $60^\circ$  burchak hosil bo'lgan. Sharga berilgan  $Q$  zaryad topilsin.

Massasi 4 g va zaryadi  $Q_1=278$  nC bo'lgan shar havoda ipak ipga osilgan. Agar  $Q_1$  ga teskari ishorali  $Q_2$  zaryadini yaqinlashtirsak, ip vertikal holatdan  $45^\circ$  burchakka og'adi va  $Q_1, Q_2$  lar orasidagi masofa  $r=6$  sm ga teng bo'ladi.  $Q_1$  zaryad topilsin.

Ikkita bir xil shar bir xil uzunlikdagi iplarga osilgan. Ularga zaryad berilsa iplar orasidagi burchak  $90^\circ$  bo'lgan. Lekin biroz vaqtdan so'ng iplar orasidagi burchak  $60^\circ$  ga teng bolib qolgan. Sharlarga berilgan boshlang'ich zaryad miqdorini qanday qismi sharda qolgan?

Berilgan zaryadlar  $Q_1=Q$  va  $Q_2=-2Q$  bir-biridan I masofada joylashgan. I masofani teng o'rtasida  $Q_3=3Q$  zaryad joylashtirilgan. Agar  $Q=2 \cdot 10^{-8}$  C,  $l=20$  sm bo'lsa,  $Q_1$  va  $Q_2$  zaryadlarning  $Q_3$  zaryadga teng ta'sir etuvchi kuchi aniqlansin.

Ikkita bir xil uzunlikdagi iplarga osilgan va zaryadlari teng sharchalar zichligi  $\rho=800$  kg/m<sup>3</sup> bo'lgan suyuq dielektrikka tushirilgan. Sharchalar osilgan iplarning bir-biridan og'ish burchaklari havoda va suyuqlikda teng bo'lishi uchun sharchalarning zichliklari qanday bo'lishi kerak? Muhitning dielektrik singdiruvchangligi  $\epsilon=2.2$ .

Radiuslari  $r_1=r_2$  va massalari  $m_1=m_2$  bo'lgan sharchalar shunday osib qo'yilganki, ularning sirtlari bir-biriga tegib turibdi. Iplarning taranglik kuchlarini 0.098 N ga teng qilish uchun sharlarga qanday zaryad berish kerak? Ip osilgan nuqtadan sharchaning markazigacha bo'lgan masofa  $l=10$  sm, sharcha massasi  $m=5 \cdot 10^{-3}$  kg.

O'tkazgichdan yasalgan ikkita sharchalarning zaryadlari  $Q_1=2 \cdot 10^{-9}$  K1 va  $Q_2=-10^{-9}$  K1. Ular tortishish tufayli bir-birlari bilan to'qnashib, yana bir-biridan  $r=4$  sm masofaga uzoqlashgan. Sharchalarda qolgan zaryad miqdori va ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi aniqlansin.

Massalari va o'lchamlari bir xil bo'lgan ikkita shar shunday osilganki, ularning sirtlari tegib turibdi. Ularga  $Q=5 \cdot 10^{-8}$  C zaryad berilgandan so'ng, ular bir-biridan qochib, iplar orasidagi burchak  $60^\circ$  ga teng bo'ldi. Iplar osilgan nuqtadan sharlarning markazigacha bo'lgan masofa  $l=20$  sm bo'lsa, sharlarning massalari topilsin. Sharlarning diametri ( $d \ll l$ ) iplarning uzunligiga nisbatan juda kichik.

Ikkita musbat zaryad  $Q$  va  $4Q$  bir-biridan  $r=60$  sm masofada joylashgan. Ular orasidagi to'g'ri chiziqning qaysi nuqtasiga ishorasi va miqdori qanday bo'lgan uchinchi zaryad joylashtirilganda zaryadlar orasidsagi muvozanat saqlanadi.

Zaryadlari  $Q_1=1$  mkC va  $Q_2=2$  mkC bo'lgan zaryadlar orasidagi masofa  $r=10$  sm. Birinchi zaryaddan  $r_1=6$  sm, ikkinchi zaryaddan  $r_2=8$  sm masofada joylashtirilgan  $Q_3=0.1$  mkC zaryadga  $Q_1$  va  $Q_2$  lar qanday kuch bilan ta'sir etadilar?

Zaryadlari  $Q_1=Q_2$  bo'lgan sharlar uzunligi  $M_0$  sm iplar bilan bir nuqtada osilganda, iplar bir-biridan a burchakka og'gan. Sharlar zichligi  $\rho=800$  kg/m<sup>3</sup> bo'lgan suyuqlikka tushirilganda a burchak o'zgarmagan. Sharlar yasalgan moddaning zichligi 1600 kg/m<sup>3</sup>. Suyuqlikning dielektrik singdiruvchngligi topilsin.

Zaryadlari  $Q_1=Q_2=Q_3=2$  nC ga teng nuqtaviy zaryadlar tomonlari  $g=10$  sm bo'lgan teng tomonli uchburchakning uchlariga joylashtirilgan. Shu zaryadlardan biriga qolgan ikkita zaryadlar ta'sir etuvchi kuchining kattaligi va yo'nalishi topilsin.

Teng tomonli uchburchakning uchlariga uchta nuqtaviy zaryadlar  $Q_1=Q_2=Q_3=1$  nC joylashtirilgan.

Zaryadlar tizimini muvozanatda saqlash uchun uchburchakning markaziga qanday  $Q_4$  zaryad joylashtirish kerak?

Ingichka ipak ip  $T=9.8 \cdot 10^{-3}$  N taranglik kuchiga chidaydi. Unga osilgan massasi  $m=0.6$  g sharcha  $Q_1=1$  nC zaryadga ega. Uning tagidan osilish chizig'i yo'nalishi bo'yicha zaryad miqdori  $Q_2=-1.3$  nC bo'lgan sharchani birinchi sharchaga qanday  $r$  masofaga yaqinlashtirsak ip uziladi?

Miqdorlari teng  $Q_1=Q_2=Q_3=7$  nC zaryadlar teng tomonli uchburchakning uchlariga joylashtirilgan. Har bir zaryadga ta'sir etuvchi kuch  $F=0.01$  N bo'lsa uchburchakning tomonlari a aniqlansin.

Absolyut qiymati  $Q=7$  nC nuqtaviy zaryad tomonlari  $a=20$  sm bo'lgan kvadratni uchlariga joylashtirilgan. Ulardan ikkitasi musbat, ikkitasi manfiy ishorali. Kvadratning markaziga joylashtirilgan  $Q=7$  nC zaryadga ta'sir etuvchi kuch topilsin.

Ikkita kichik sharchalar musbat zaryadlangan. Zaryadlarning umumiy miqdori  $Q=5 \cdot 10^{-5}$  Kl. Ular orasidagi masofa  $r=2$  m bo'lganda ularning o'zaro ta'sir kuchi  $F=1$  N ga teng bo'lsa, zaryadlar sharchalarda qanday taqsimlanadi?

Massasi  $m=9.8$  g bo'lgan sharchaga  $Q=1$  mkC zaryad berildi. Shu sharchaning tagiga xuddi shunday massa va zaryadga ega bo'lgan ikkinchi sharcha yaqinlashtirilganda, ipga ta'sir etuvchi taranglik kuchi  $T$  to'rt marta kamaygan. Sharchalar bir-biriga qanchalik  $r$  masofaga yaqinlashtirilgan?

Massasi  $m$  va zaryadi  $Q$  bo'lgan sharcha uzunligi  $l$  ipga osilgan. U xuddi shunday boshqa qo'zg' almas sharcha atrofida aylanma harakat qilsa, aylanayotgan sharchaning ipi vertikal dan a burchakka oggan. Sharchaning burchakli tezligi va ipning taranglik kuchi topilsin.

Massasi  $m=150$  mg bo'lgan sharcha dielektrikdan yasalgan ipga osilgan va  $Q=-10^{-2}$  C zaryadga ega. Uning tagidan  $r=32$  sm masofaga yaqinlashtirilgan sharchani zaryad miqdori va ishorasi qanday bo'lganda, ipning taranglik kuchi ikki marta ortadi.

Massasi  $m=588$ mg bo'lgan zaryadlangan sharcha ipak iplarga osilgan (4-rasm), iplar sharcha osilgan nuqtada hosil qilayotgan burchak  $\alpha=90^\circ$  ga teng. Shu sharchadan vertikal yo'nalish bo'yicha pastdan  $r=4.2$  sm masofagacha massasi va zaryadi birinchi sharchanikidek bo'lgan ikkinchi sharchani yaqinlashtirsak iplarning taranglik kuchlari ikki marta ortgan, sharchalarning o'zaro ta'sir Kulon kuchini, zaryad miqdorini va ipning taranglik kuchini toping.

Ipga osilgan va  $Q_1=7$  nC zaryadga ega bo'lgan sharcha tagiga hajmi  $V=9$  mm, zichligi  $\rho=7.8 \cdot 10^3$  kg/m va zaryadi  $Q_2=-2.1$  nC ga teng bo'lgan po'lat zarrachani qanchalik masofada joylashtirsak, ular orasida muvozanat saqlanadi?

$R_1=2.4$  sm masofada joylashgan va zaryadlari  $Q_1=25$  nC va  $Q_2=-25$  nC bo'lgan zaryadlar ularning har biridan  $r_2=15$  sm masofada joylashgan  $Q_3=2$  nC zaryadga qanday kuch bilan ta'sir etadilar?

Cheksiz yupqa devorli silindrdagi zaryad sirt zichligi  $\sigma=10^{-6}$  Kl/m bilan tekis taqsimlangan, silindrni diametri  $d=10$  sm. Silindr sirtidan  $5$  sm masofada joylashgan nuqtada elektr maydon kuchlanganligi  $E$  aniqlansin.

Sirt zichligi  $\sigma=10^{-6}$  Kl/m<sup>2</sup> zaryad bilan tekis zaryadlangan va radiusi  $R=1$  sm bo'lgan sferadan  $r=9$  sm masofada joylashgan nuqtada maydon kuchlanganligi  $E$  va potentsiali topilsin.

Zaryadlangan juda uzun sim o'zidan  $r=5$  sm masofada xosil qilgan maydon kuchlanganligi  $E=1.2$  V/sm ga teng. Simning chiziqli zaryad zichligi  $\tau$  topilsin.

Ikkita cheksiz o'lchamga ega bo'lgan va zaryadlarning sirt zichligi  $\sigma=2$  mkKl/m<sup>2</sup> bo'lgan plastinkalarning bir-birini yuza birligiga to'g'ri keladigan itarish kuchi topilsin.

Bir xil ishorali zaryad bilan zaryadlangan va bir-biriga perpendikulyar ravishda joylashgan chegaralanmagan tekisliklarni elektr maydoni kuchlanganligi qanday bo'ladi? Tekisliklar zaryadining sirt zichligi  $-\sigma$  va  $-\sigma$ .

Zaryadlarning chiziqli zichliklari  $\tau_1=0.1$  mkKl/m va  $\tau_2=0.2$  mkKl/m ga teng bo'lib, o'zaro har bir metr ga mos kelgan  $F=3.6$  mN kuch bilan ta'sirlashib turgan cheksiz uzun iplarning oraliq masofasi  $r$  qanchaga teng?

Har biri yuza birligiga mos keluvchi  $F=2$  mN kuch bilan o'zaro ta'sirlashib turgan va tekis zaryadlangan cheksiz katta, o'zaro parallel tekisliklarning zaryadlarini sirt zichligi topilsin.

Tekis zaryadlangan cheksiz katta tekislik zaryadining sirt zichligi  $\sigma=9$  mkKl/m tekislik tepasida zaryadi  $Q=3.68 \cdot 10^{-7}$  C ga teng bo'lgan alyumin sharcha joylashgan. Sharcha tekislikka tushib ketmasligi uchun uning radiusi  $r$  qanday bo'lishi kerak? Alyuminning zichligi  $\rho=2.7 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup>.

Zaryadning sirt zichligi  $\sigma=4$  mkKl/m bo'lgan tekislikka parallel ravishda, zaryadning chiziqli  $\tau=100$  nKl/m bo'lgan cheksiz uzun ip joylashgan. Tekislik tomonidan ipning uzunlik birligiga ta'sir etuvchi kuch topilsin.

Zaryadlari  $|Q|=90$  nC va oralig'i (yelkasi)  $1$  sm bo'lgan dipol kerosin ichida joylashgan. Dipol o'qining o'rtasida elektr maydon kuchlanganligi topilsin.

Uzunligi  $150$  sm va  $Q_1=2 \cdot 10^{-7}$  C zaryad miqdori tekis taqsimlangan to'g'ri simdan  $r=4$  mm masofada zaryadi  $Q_2=-2 \cdot 10^{-6}$  C bo'lgan zarracha joylashgan. Shu zarrachaga ta'sir etuvchi kuch  $F$  topilsin.

Radiusi  $r=10^{-3}$  mm bo'lgan zaryadlangan yog' tomchisi maydon kuchlanganligi  $E=7.85$  kV/m ga teng bo'lgan elektr maydonida muvozanatda turibdi. Yog'ning zichligi  $\rho=900$  kg/m<sup>3</sup>. Yog' tomchisi zaryadi topilsin.

Bir-biridan  $r=20$  mm masofada turgan va zaryadlarning zichligi  $\tau=3 \cdot 10^{-5}$  Kl/m bo'lgan cheksiz uzun parallel iplarning har bir uzunlik birligiga to'g'ri keladigan o'zaro ta'siri topilsin.

Zaryadlari miqdori  $Q_1=8$  nC va  $Q_2=-5.3$  nC bo'lgan ikkita zaryadlar bir-biridan  $r=40$  sm masofada joylashgan. Zaryadlar orasidagi masofani teng o'rtasida elektr maydon kuchlanganligi  $E_1$  topilsin. Agar ikkinchi zaryad  $Q_2$  ning ishorasi musbat bo'lsa, elektr maydon kuchlanganligi  $E_2$  topilsin.

Bir xil ishorali zaryad bilan zaryadlangan va yuza bo'ylab zaryad tekis taqsimlangan ikkita cheksiz parallel plastinkalarning sirt zaryad zichligi  $\sigma_1=\sigma_2=1$  nKl/m<sup>2</sup> ga teng. Elektr maydon kuchlanganligi topilsin: 1) plastinkalar orasida; 2) plastinkalar tashqarisida.

Ikkita doira shaklida va yuzasi  $S=100$  sm<sup>2</sup> bo'lgan plastinkalar bir-biriga parallel joylashgan. Plastinkalar birini zaryadi  $Q_1=100$  nKl, ikkinchisidiki  $Q_2=-100$  nKl. Ular orasidagi masofa  $r=2$  sm. Plastinkalarning o'zaro tortishuv kuchi topilsin.

Nuqtaviy  $Q=1$  mkC zaryad cheksiz katta (zaryadi tekis taqsimlangan) plastinkaning markazidan ma'lum masofada joylashgan. Plastinka nuqtaviy zaryadga  $F=60$  mN kuch bilan ta'sir etadi. Plastinkaning sirt zaryad zichligi topilsin.

Sirti tekis zaryadlangan metall plastinka zaryadining sirt zichligi  $\sigma=10$  nKl/m. Plastinkaning unga yaqin joylashgan va zaryadi  $Q=100$  nC ga teng bo'lgan nuqtaviy zaryadga tasir etuvchi kuchi topilsin.

Yassi kondensatorning plastinkalari orasida nuqtaviy  $Q=30$  nC zaryad joylashgan. Unga kondensatorning elektr maydoni  $F=10$  mN kuch bilan ta'sir etadi. Kondensator plastinkalarining o'zaro tortishuv kuchi  $F_2$  topilsin. Plastinka yuzasi  $S=100$  sm<sup>2</sup>.

Zaryadi  $Q_1=4 \cdot 10^{-9}$  C ga teng bo'lgan sharcha ipda yassi plastinkalar orasida osib qo'yilgan.

Kondensator plastinkalari gorizontol holda joylashgan. Agar plastinkalarga  $Q_2=10^{-6}$  C zaryad berilsa, ipning taranglik kuchi ikki barobar oshadi. Kondensator plastinkalarining yuzasi  $S=100$  sm<sup>2</sup>. Sharchaning massasi topilsin. Ipinning massasi hisobga olinmasin. Kondensator ichidagi maydon bir jinsli deb hisoblansin.

Ipka ipga osilgan va zaryadi  $Q_1=2 \cdot 10^{-9}$  C bo'lgan sharcha vertikal holda joylashgan zaryadlangan kondensator plastinkalari orasiga tushirilgan. Kondensator plastinkalariga  $Q_2=0.9 \cdot 10^{-6}$  C zaryad berilsa, sharcha osilgan ip tik holatdan  $30^\circ$  ga og'adi. Kondensator plastinkalarining yuzasi  $S=30$  sm<sup>2</sup>, uning ichidagi maydonni bir jinsli deb qabul qilamiz. Ipinning massasi hisobga olinmasin, sharchaning massasi topilsin.

Elektron  $107$  m/s tezlik bilan vertikal kondensator plastinkalari orasiga uchib kiradi. Kondensator uzunligi  $5$  sm, kondensatorning elektr maydon kuchlanganligi  $E=100$  V/sm. Elektronni kondensatordan chiqishidagi harakat yo'nalishi va tezligi  $v_2$  topilsin.

$Q_1= -4.4 \cdot 10^{-8}$  C va  $Q_2=7 \cdot 10^{-7}$  C zaryadlar orasidagi masofa  $r=5$  sm. Zaryadlarning birinchisidan  $r_1=4$  sm, ikkinchisidan  $r_2=3$  sm masofadagi nuqtada maydon kuchlanganligi topilsin.

Vertikal holda qoyilgan cheksiz tekislik tekis zaryadlangan (zaryadning sirt zichligi  $0.98 \cdot 10^{-5}$  Kl/m).

Tekislik yaqiniga massasi  $m=1$  g bo'lgan zaryadlangan sharcha osib qo'yilganda ip vertikal holatdan  $45^\circ$  ga og'gan. Ipin cheksiz uzun va vaznsiz deb hisoblab, (sharchaning cheksiz tekislikdagi zaryad taqsimotiga ta'siri hisobga olinmasa bo'ladi) sharchaning zaryadi  $Q$  topilsin.

Proton va  $\alpha$ -zarracha bir xil tezlik bilan yassi kondensatorni qoplamalari orasiga uchib kiradilar.

Kondensator maydoni ta'sirida  $\alpha$ -zarrachaning og'ishi protonning og'ishidan necha marta katta bo'ladi?  $\alpha$ -zarrachaning zaryadi proton zaryadidan 2 marta katta, massasi esa protonnikidan 4 marta katta.

Ikkita nuqtaviy  $Q_1=+9q$  va  $Q_2=+q$  zaryadlar orasidagi masofa  $r=8$  sm. Zaryadlar yotadigan to'g'ri chiziq bo'ylab, birinchi zaryaddan qanday  $r_1$  masofada joylashgan nuqtada berilgan zaryadlar hosil qilgan elektr maydonning  $E$  natijaviy kuchlanganligi nolda teng?

Vertikal joylashgan cheksiz tekislik bir tekis zaryadlangan. Shu tekislik yaqiniga massasi  $m=10$  g, zaryadi  $Q=0.88 \cdot 10^{-4}$  C bo'lgan sharcha osilgan. Sharcha osilgan tekislik bilan  $\alpha=45^\circ$  burchak hosil qilgan. Ipin cheksiz uzun va vaznsiz deb olib, tekislikdagi zaryadni sirt zichligi topilsin.

Zaryadlari  $Q=2.5 \cdot 10^{-8}$  C bo'lgan ikkita musbat nuqtaviy zaryadlar  $r_1=5$  sm masofada joylashtirilgan.

Ularning har biridan  $r_2=5$  sm masofada joylashgan nuqtada maydan kuchlanganligi  $E$  va potentsiali  $\varphi$  topilsin.

Teng tomonli ( $a=4$  sm) uchburchakning ikkita uchiga miqdorlari teng  $Q=3.2 \cdot 10^{-5}$  C va ishoralari teskari zaryadlar joylashtirilgan. uchburchakning uchinchi uchida paydo bo'lgan maydon kuchlanganligi  $E$  va potentsiali topilsin.

Ikkita ingichga uzun parallel joylashtirilgan simlar orasi  $r=20$  sm. Ikkala sim ham bir tekis qarama qarshi ishorali zaryadlangan bo'lib, chiziqli zaryad zichligi  $r=1.1 \cdot 10^{-9}$  Kl/m. Birinchi zaryaddan  $r_1=6$  sm va ikkinchisidan  $r_2=8$  sm masofada joylashgan nuqtada elektr maydon kuchlanganligi  $E$  topilsin.

Ikkita to'g'ri uzun o'tkazgichlar bir-biridan  $r=20$  sm masofada joylashtirilgan. Zaryadlarini chiziqli zichliklari  $r_1=10^{-9}$  Kl/m va  $r_2=2 \cdot 10^{-9}$  Kl/m. Ular orasidagi tik chiziqning qaysi nuqtasida elektr maydon kuchlanganligi  $E=0$  bo'ladi.

Ikkita ingichka, uzun simlar bir-biriga parallel  $r=10$  sm masofada joylashtirilgan. Ulardagi zaryadlarning chiziqli zichligi  $-0.66 \cdot 10^{-7}$  Kl/sm va  $4.4 \cdot 10^{-8}$  Kl/sm. O'tkazgichlarning biridan  $r_1=6$  sm, ikkinchisidan  $r_2=8$  sm masofada joylashgan nuqtadagi elektr maydon kuchlanganligi  $E$  topilsin.

Elektron  $t=3.6 \cdot 10^4$  km/s tezlik bilan gorizontol yassi kondensator qoplamalari orasida harakatlanmoqda.

Kondensator qoplamalarini uzunligi  $l=20$  sm va ular orasidagi maydon kuchlanganligi  $E=37$  V/sm. Elektron harakati davomida kondensator ichidagi elektr maydon ta'sirida vertikal yo'nalish bo'yicha qancha masofaga siljiydi?

Tomonlari  $a$  ga teng bo'lgan oltiburchakning uchlariga qiymatlari va ishoralari bir xil nuqtaviy zaryadlar joylashgan. Oltiburchakning markazida maydon kuchlanganligi  $E$  va potentsiali topilsin.

Boshlang'ich tezligi  $3 \cdot 10^6$  m/s bo'lgan elektron kuchlanganligi  $E=150$  V/m ga teng bir jinsli elektr maydoniga uchib kiradi. Boshlang'ich tezlik vektori elektr maydon kuch chiziqlariga perpendikulyar bo'lsa:

1) elektronga ta'sir etuvchi kuch; 2) elektron olgan tezlanish; 3) harakat boshlanganidan  $t=0.1$  s o'tgach, elektron tezligi topilsin.

Zaryadlangan cheksiz tekislik yaqinida, massasi  $m=1$  g bo'lgan va bir jinsli  $Q=1$  nC zaryadli sharcha osilgan. Agar cheksiz tekislik zaryadining sirt zichligi  $4 \cdot 10^{-9}$  Kl/sm bo'lsa, sharcha osilgan ip qanday burchakka og'adi?



Tekis zaryadlangan vertikal tik turgan cheksiz tekislik yaqiniga bir jinsli  $Q=670$  nC zaryad bilan zaryadlangan va massasi  $m=40$  mg bo'lgan sharcha osilgan. Ipining taranglik kuchi  $T=490$  mN. Tekislik zaryadining sirt zichligi topilsin.

Ikkita nuqtaviy  $Q_1=40$  nC va  $Q_2=-10$  nC zaryadlar bir-biridan  $r=10$  sm masofada joylashgan. Birinchi zaryaddan  $r_1=12$  sm, ikkinchisidan  $r_2=6$  sm uzoqlikda joylashgan nuqtada maydon kuchlanganligi topilsin. Teng tomonli uchburchakning uchlarida bir jinsli bir-biriga teng zaryadlar joylashgan. Uchburchak markazida maydon kuchlanganligi  $E$  topilsin. Agar zaryadlarning birortasini ishorasi o'zgarganida, maydon kuchlanganligi qanday bo'ladi?

Elektr maydoni sirt zaryad zichligi  $400$  nKl/m<sup>2</sup> bo'lgan cheksiz tekislik va chiziqli zaryad zichligi  $100$  nKl/m bo'lgan ip elektr maydon hosil qiladi.  $r=10$  sm masofaga joylashgan  $Q=10$  nC zaryadga ta'sir etuvchi kuch topilsin, ip zaryadlangan tekislikka parallel bo'lgan tekislikda yotibdi.

Tomonlari  $g=2.84$  sm kvadratning uchlarida  $Q_1=1.6 \cdot 10^{-9}$  Kl,  $Q_2=3.2 \cdot 10^{-9}$  Kl,  $Q_3=-3.2 \cdot 10^{-9}$  Kl,  $Q_4=-1.6 \cdot 10^{-9}$  C zaryadlar bor. Kvadratning markazida elektr maydon kuchlanganligi  $E$  va potensial topilsin.

Elektr momenti  $p=2 \cdot 10^{-12}$  Kl·m ga teng bo'lgan nuqtaviy dipolning markazidan uning o'qiga perpendikulyar yo'nalishda  $r=10$  sm masofada dipolni elektr maydon kuchlanganligi topilsin.

Dipolning zaryadlari orasidagi masofa  $1$  mkm. Ikkala zaryaddan  $r=2$  sm masofada joylashgan nuqtadagi maydon kuchlanganligi  $E=1.8$  V/m. Dipol uchidagi zaryadlarning miqdori topilsin.

Tomonlari  $a$  bo'lgan ikkita teng tomonli uchburchakdan tuzilgan rombni o'tkir burchak uchlariga va o'tin as uchlaridan biriga musbat  $Q$  zaryadlar joylashtirilgan. Romkning to'rtinchi uchida elektr maydon kuchlanganligi  $E$  topilsin.

Romb dioganallarining uzunligi  $d_1=96$  sm va  $d_2=32$  sm. Uzun diogonal uchlariga  $Q_1=22$  nKl,  $Q_2=120$  nC va qisqa diogonal uchlariga  $Q_3=3$  nKl,  $Q_4=13$  nC nuqtaviy zaryadlar joylashgan. Qisqa diogonalga nisbatan romb markazida elektr maydon kuchlanganligi  $E$  ning yo'nalishi va kattaligi topilsin.

Kuchlanganligi  $E=35$  V/m bo'lgan gorizontal elektr maydonidagi ip uchiga massasi  $m=0.25$  g va zaryadi  $Q=7$  mC sharcha osilgan. Ip vertikalga nisbatan qanday burchak hosil qiladi?

Vertikalga nisbatan  $30^\circ$  burchak ostida yo'nalgan va kuchlanganligi  $E=1$  V/m bo'lgan bir jinsli elektr maydonda  $m=2$  g massali va  $Q=10$  nC zaryadli sharcha ipga osilgan. Ipining taranglik kuchi topilsin.

Kuchlanganligi  $E=120$  V/m bo'lgan bir jinsli maydon bo'ylab elektron harakatlanmoqda. Agar elektronning boshlang'ich tezligi  $1000$  km/s bo'lsa, elektron to'xtagunga qadar qancha masofa bosib o'tadi? Shu masofani elektron qancha vaqtda o'tishi mumkin?

Yerga tushayotgan  $m=5$  g massali jismga  $Q=4 \cdot 10^{-8}$  C zaryad berilsa, uning tezlanishi qanchaga o'zgaradi? Yer yuzasidagi elektr maydon kuchlanganligi  $E=100$  V/m.

Zaryadlangan cheksiz tekislik yaqinida nuqtaviy zaryad  $Q=3$  nC joylashgan. Elektr maydon kuchlanganligi ta'sirida zaryad maydon kuch chiziqlarining yo'nalishi bo'ylab  $10$  sm masofaga ko'chgan. Zaryadni ko'chirishda  $A=1$  mJ ish bajarilgan. Cheksiz katta tekislikning zaryad sirt zichligi topilsin.

## 20 – AMALIY MASHG'ULOT OSTROGRADSKIY-GAUSS TEOREMASIGA DOIR MASALALAR YECHISH

### MASALA YECHISH NAMUNALARI

#### 1-masala

Havoda ( $\epsilon=1$ ) yassi kondensator plastinkalari oraliq'iga  $U_1=3000$  V potentsiallar ayirmasi qo'yilgan. Kondensator manbadan uzilgach, plastinkalar oraliq'iga ebonit ( $\epsilon=2.6$ ) kiritilgan. Plastinkalar orasidagi potentsiallar ayirmasi qanchaga teng bo'ladi?

Yechish: Kondensator manbadan uzilgan bo'lgani uchun uning plastinkalaridagi zaryad miqdori, ular orasiga ebonit kirgunga qadar va kirgandan keyin birday bo'ladi, ya'ni:

$$Q_1 = Q_2. \quad (1)$$

Kondensatoridagi zaryad miqdorini kuchlanish va elektr sig'im orqali ifodalaymiz:

$$Q_1 = C_1 U_1, \quad Q_2 = C_2 U_2. \quad (2)$$

Yassi kondensatorning elektr sig'imi quydagicha aniqlanadi:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

bunda,  $\epsilon_0$  - elektr doimiysi,  $\epsilon$  - nisbiy dielektrik singdiruvchanligi,  $S$  - plastinkalarning yuzasi,  $d$  - plastinkalar orasidagi masofa. Demak, zaryadlangan kondensatorni dastlabki sig'imi:

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 S}{d} \quad (3)$$

Ebonit kiritilgandan keyingi zaryadlangan kondensatorning sig'imi:

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_2 S}{d} \quad (4)$$

(3) va (4) ni (2) ga qo'yamiz:

$$\frac{\epsilon_0 \epsilon_1 S U_1}{d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_2 S U_2}{d} \quad (5)$$

Bundan,

$$U_2 = \frac{\epsilon_1 U_1}{\epsilon_2}; \quad U_2 = \frac{300 V}{2.6} = 115 V$$

2-masala.

Ikkita metall sharlardan birini radiusi  $R_1 = 3$  cm, unga  $Q_1 = 10^{-8}$  C zaryad berilgan. Ikkinchi sharning radiusi  $R_2 = 2$  cm, unga 9000 V potensial berilgan. Ularni bir-biridan uzoq joylashtirib, so'ngra sim bilan ulashgan. Sharlar ulangandan keyin qanday zaryadga va potensialga ega bo'ladilar? Razryadlanishda bajarilgan ish topilsin.

Yechish: Zaryad miqdorini saqlanish qonuniga asosan, sharlardagi zaryadlar yigindisi ular bir-biriga ulangandan keyin ham o'zgarmaydi. Har qanday o'tkazgichning sirti ekvipotensial sirtidir, ya'ni sharlar ulangandan keyin ularni potentsiali bir xil bo'lishini e'tiborga olib, ularni zaryadi va potentsialini aniqlash mumkin. Zaryad miqdorining saqlanish qonuniga asosan

$$Q_1 + Q_2 = Q_1' + Q_2', \quad (1)$$

$Q_1$ ,  $Q_1'$ ,  $Q_2'$  zaryadlarni elektr sig'imlar va potentsiallar orqali ifodalaymiz:

$$Q_2 = C_2 \varphi_2; \quad Q_1' = C_1 \varphi; \quad Q_2' = C_2 \varphi; \quad (2)$$

$\varphi$  sharlar ulangandan keyingi umumiy potensial.

Sharning elektr sig'imi uning radiusi bilan quyidagicha bog'langan:

$$C = 4\pi\epsilon_0 R. \quad (3)$$

Shuning uchun

$$C_1 = 4\pi\epsilon_0 R_1, \quad C_2 = 4\pi\epsilon_0 R_2 \quad (4)$$

(4) va (2) ni birlashtirib, (1) ga qo'yamiz:

$$Q_1 + \pi\epsilon_0 R_2 \varphi_2 = (4\pi\epsilon_0 R_1 + 4\pi\epsilon_0 R_2) \varphi \quad (5)$$

(5) dan

$$\varphi = \frac{Q_1 + 4\pi\epsilon_0 R_2 \varphi_2}{4\pi\epsilon_0 (R_1 + R_2)} \quad (6)$$

(6) ga son qiymatlarni qo'yib  $\varphi$  ni topamiz

$$\varphi = \frac{10^{-8} \text{ K} + 4 \cdot 3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 9 \cdot 10^3 \text{ V}}{3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} (3 + 2) \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 5400 \text{ V}.$$

(2), (4) va (6) formulalardan foydalanib, sharlar ulangandan keyingi zaryadlarni topamiz:

$$Q_1' = C_1 \varphi = \frac{4\pi\epsilon_0 R_1 (Q_1 + 4\pi\epsilon_0 R_2 \varphi_2)}{4\pi\epsilon_0 (R_1 + R_2)} = \frac{R_1 (Q_1 + 4\pi\epsilon_0 R_2 \varphi_2)}{R_1 + R_2} = 1.8 \cdot 10^{-8} \text{ K}$$

$$Q_2' = C_2 \varphi = \frac{R_2(Q + 4\pi\epsilon_0 R_2 \varphi_2)}{R_1 + R_2} = 1.2 \cdot 10^{-8} \text{ Kl.}$$

Razryadlanish ishini topish uchun energiyani saqlanish qonunidan foydalanamiz. Bu ish sharlar ulangunga qadar ega bo'lgan energiyalarning yig'indisidan, ular ulangandan keyin ega bo'lgan umumiy energiyalarini ayirmasiga teng, ya'ni

$$A = W_1 + W_2 - W \quad (7)$$

bunda,  $W_1, W_2$  - sharlarni ulangunga qadar energiyasi,  $W$  - sharlarni ulangandan keyingi umumiy energiyasi. Masalani shartiga ko'ra:

$$W_1 = \frac{Q_1^2}{2C_1} = \frac{Q_1^2}{8\pi\epsilon_0 R_1},$$

$$W_2 = \frac{C_2 \varphi_2^2}{2} = \frac{4\pi\epsilon_0 R_2 \varphi_2^2}{2}$$

$$W = \frac{(Q_1 + 4\pi\epsilon_0 R_2 \varphi_2)^2}{2(C_1 + C_2)} = \frac{(Q_1 + 4\pi\epsilon_0 R_2 \varphi_2)^2}{8\pi\epsilon_0 (R_1 + R_2)}$$

(8), (9) va (10) ni (7) qoyamiz:

$$A = \frac{Q_1^2}{8\pi\epsilon_0 R_1} + \frac{4\pi\epsilon_0 R_2 \varphi_2^2}{2} - \frac{(Q_1 + 4\pi\epsilon_0 R_2 \varphi_2)^2}{8\pi\epsilon_0 (R_1 + R_2)}$$

Son qiymatlari va birliklarini qo'yib, ishni topamiz:  $A = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ J}$ .

3-masala.

Yassi kondensatorning plastinkalari orasi  $d = 5 \text{ cm}$  bo'lib, u dielektrik qabul qiluvshanligi  $1$  ga teng bo'lgan dielektrik bilan to'ldirilgan. Plastinkalarga  $U = 4000 \text{ V}$  potentsiallar ayirmasi berilgan. Plastinkalardagi zaryadning sirt zichligi  $\sigma$  va dielektrikdagi bog'langan zaryadning sirt zichligi topilsin.

Yechish: Dielektrikdagi bog'langan zaryadning sirt zichligi miqdor jihatdan qutblanish vektorining moduliga teng. Qutblanish vektori esa, dielektrikdagi maydon kuchlanganligiga proporsional:

$$\sigma_b = P = \chi \epsilon_0 E. \quad (1)$$

Bir jinsli maydonda

$$E = U/d. \quad (2)$$

(2) ni (1) ga qo'yamiz

$$\sigma_b = \chi \epsilon_0 E = \chi \epsilon_0 \frac{U}{d} = 1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \frac{4000 \text{ V}}{5 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 7,1 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Kl}}{\text{m}^2} \quad (3)$$

Maydon kuchlanganligini zaryadning sirt zichligi orqali ifodalaymiz

$$E = U/d = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} \quad (4)$$

Bundan

$$\sigma = \frac{\epsilon_0 \epsilon U}{d} \quad (5)$$

Sirt zichligini topish uchun dielektrik singdruvchanligini bilish kerak, u esa dielektrik qabul qiluvchanlik  $\chi$  bilan quydagicha bog'langan

$$\epsilon = 1 + \chi \quad (6)$$

(6) ni (5) ga qo'yamiz:

$$\sigma = \frac{\epsilon_0 (1 + \chi) U}{d} = 1,4 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Kl}}{\text{m}^2}$$

#### MUSTAQIL ISHLASH UCHUN MASALALAR

Diametri  $d = 20 \text{ sm}$  bo'lgan va  $10 \text{ V}$  potentsialgacha zaryadlangan shar zaryadini sirt zichligi topilsin.

Yerni elektr o'tkazuvchan va radiusi  $R = 6400 \text{ km}$  bo'lgan shar deb qabul qilib, uning sirti yaqinidagi elektr maydon kuchlanganligi  $E = 100 \text{ V/m}$  ga teng bo'lganda, undagi zaryad miqdori  $Q$  va uning potentsiali aniqlansin.

Sharcha  $800 \text{ V}$  potentsialgacha zaryadlangan. Sharchadagi zaryadning sirt zichligi  $0,3 \cdot 10^{-11} \text{ C/m}^2$ . Sharni radiusi  $R$  topilsin.

Radiusi  $r=2$  sm bo'lgan sharcha manfiy zaryad bilan  $2000$  V gacha zaryadlangan. Sharga berilgan zaryadni tashkil etuvchi hamma elektronlarning massasi topilsin.

O'tkazgichdan yasalgan sharcha zaryadning sirt zichligi  $3.2 \cdot 10^{-7}$  C/m<sup>2</sup>. Shar radiusi  $R=0.2$  m. Sharchaning sirtidan  $3R$  masofada yotgan nuqtadagi maydon kuchlanganligi va potentsiali topilsin.

Izolyatsiyalangan sharga  $Q=10^{-9}$  C zaryad berilgan, uning sirtidan  $r=5$  sm masofada yotgan nuqtada maydon kuchlanganligi topilsin. Shaming potentsiali  $1.82 \cdot 10^3$  V.

Ichi bo'sh, radiusi  $R=2.5$  sm bo'lgan metall sharchaga  $Q=0.5$  nC zaryad berilgan. Sharchaning markazida, sirtida va markazidan  $r=5$  sm masofada maydon kuchlanganligi va potentsiali topilsin.

O'tkazgichdan yasalgan zaryadlangan shaming sirtidan  $r_1=5$  sm va  $r_2=10$  sm masofada maydon kuchlanganligi va potentsiallar  $300$  V va  $210$  V ga teng bo'lsa, shar qanday potentsialgacha zaryadlangan ?

Bir tekis zaryadlangan va zaryadining sirt zichligi  $10^{-9}$  C/m<sup>2</sup> ga teng bo'lgan sferaning markazidan  $r_1=16$  sm va  $r_2=35$  sm masofadagi nuqtalarda maydon potentsiali va maydon kuchlanganligi  $E$  topilsin. Sferani radiusi  $R=20$  sm.

Diametri  $d=2$  sm bo'lgan metall shar  $300$  V potentsialgacha zaryadlangan. Sharni markazidan  $r_1=40$  sm masofadagi  $B$  nuqtadan, shar markaziga nisbatan  $r_2=50$  sm dagi  $C$  nuqtaga  $Q=10^{-5}$  C zaryadni ko'chirish uchun qanday ish bajarish kerak ?

$600$  V gacha zaryadlangan shar hosil qilgan maydonda biror nuqtaviy zaryadni shaming markaziga nisbatan  $r_1=40$  sm masofadagi nuqtadan  $r_2=50$  sm masofadagi nuqtaga ko'chirilganda  $A=6 \cdot 10^{-9}$  J ish bajarilgan. Shaming diametri  $d=4$  sm. Ko'chirilgan zaryadning miqdori  $Q$  aniqlansin.

Oraliq masofasi  $d=5 \cdot 10^{-3}$  m bo'lgan yassi kondensator plastinkalari orasiga  $90$  V potentsial qo'yilgan. Plastinkalardagi zaryad mirdori  $Q=10^{-7}$  C. Plastinkalar yuzasi  $S$  aniqlansin.

Yassi kondensator  $U=1000$  V potentsiallar ayirmasigacha zaryadlangan. Uning plastinkalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchi  $F=0.04$  N ga teng, oraliq masofa esa  $d=0.1$  sm. Kondensator plastinkalari yuzasi  $S$  topilsin.

Yassi kondensator plastinkalaridagi bir tekis taqsimlangan zaryadning sirt zichligi  $0.2$  mkC/m<sup>2</sup>. Plastinkalar orasidagi masofa  $d_1=1$  mm. Agar oraliq masofani  $d_2=3$  mm gacha oshirsak, plastinkalar orasidagi potentsiallar ayirmasi qanchaga o'zgaradi ?

Slyudali kondensator plastinkalarining yuzasi  $S=6 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>. Ular orasidagi masofa  $d=2.2$  mm. Plastinkalar  $F=0.4$  mN kuch bilan o'zaro tortishadi. Plastinkalar orasidagi potentsiallar ayirmasi va kondensatorning elektr sig'imi topilsin. Slyudaning dielektrik singdiruvchanligi  $6$ .

Yassi kondensator, radiuslari  $R=20$  sm li, doira shaklidagi plastinkalardan yasalgan. Plastinkalar orasidagi masofa  $d=5$  mm. Kondensator  $U=3000$  V kuchlanishli manbaga ulangan. Agar plastinkalar orasida: 1) havo bo'lsa; 2) shisha bo'lsa, kondensatoridagi zaryad  $Q$  va elektr maydon kuchlanganligi topilsin.

Shisha uchun yassi kondensatorning sig'imi  $C$ , potentsiallar ayirmasi  $U$ , plastinkalar orasidagi masofa  $d$  bo'lsa, plastinkalar o'zaro qanday kuch bilan tortiladi?

Radiusi  $R_1=3$  sm va zaryadi  $Q=10^{-9}$  C bo'lgan sharni, ikkinchi  $R_2=4$  sm radiusli shar ichiga konsentrik joylashtirib qo'yilsa, ichki sharni potentsiali qanchaga teng bo'ladi? Ikkinchi shar yerga ulangan.

Yog' ichiga tushirilgan shaming sig'imi, radiuslari  $R_1=10$  sm va  $R_2=10.5$  sm li va orasiga yog' to'ldirilgan sferik kondensatorning sig'imiga teng bo'lishi uchun, sharni radiusi qanday bo'lishi kerak? Yog' uchun  $2.5$ .

Ikki konsentrik metall sfera radiuslari  $R_1=6$  sm,  $R_2=10$  sm, zaryadlari esa  $Q_1=10^{-9}$  C va  $Q_2=2 \cdot 10^{-9}$  C. Sferalar markazidan  $r_1=5$  sm,  $r_2=8$  sm va  $r_3=15$  sm masofada yotgan nuqtalardagi maydon kuchlanganligi va potentsiallari topilsin.

Radiuslari  $R_1=2$  sm va  $R_2=6$  sm bo'lgan metall sharlar o'tkazgich bilan bir-biriga ulangan. Ularga  $Q=1$  nC zaryad berilgan. Sharlardagi zaryadning sirt zichliklari topilsin.

Radiusi  $R_1=6$  sm bo'lgan shar  $600$  V potentsialgacha va radiusi  $R_2=4$  sm li shar  $500$  V potentsialgacha zaryadlangan. Sharlar sim orqali ulansa, ularning potentsiali qanday bo'ladi?

Yassi kondensatorning qoplamalari orasiga shisha plastinka ( $\epsilon=7$ ) kiritib qo'yilgan va  $U_1=100$  V potentsiallar farqigacha zaryadlangan. Kondensator qoplamalari orasidan shisha plastinka chiqarib olinsa, plastinkalardagi potentsiallar ayirmasi  $U_2$  qanday bo'ladi ?

Plastinkalari orasida havo bo'lgan birinchi kondensatorni  $U_1=600$  V potentsiallar farqigacha zaryadlab, manbadan uzilgan. Keyin bu kondensatorga ikkinchi xuddi shunday, lekin oraligi farfor bilan to'ldirilgan, lekin zaryadlanmagan kondensator parallel ulangach, potentsiallar ayirmasi  $U_2=100$  V gacha kamaygan. Farforni dielektrik singdiruvchanligi aniqlansin.

Sig'imi  $C_1=0.2$  mkF bo'lgan kondensator  $320$  V kuchlanishgacha zaryadlangan. Unga  $U_2=450$  V kuchlanishgacha zaryadlangan ikkinchi kondensator parallel ulangach, ikkinchi kondensatorning kuchlanishi  $400$  V bo'ldi. Ikkinchi kondensatorning sig'imi  $C_2$  aniqlansin.

Uchta bir xil kattalikdagi simob tomchilari  $20$  V potentsialgacha zaryadlangandan keyin, ularni qo'shib bitta tomchi hosil qilngach, uning potentsiali qanday bo'ladi?

Ikkita shar, birini diametri  $d_1=10$  sm va zaryadi  $q_1=6 \cdot 10^{-10}$  C. Ikkinchisini diametri  $d_2=30$  sm va zaryadi  $q_2=-2 \cdot 10^{-9}$  C. Ular ingichka uzun sim bilan bir-biriga ulangan. Simdan qanday  $Q$  zaryad oqib o'tadi? Radiusi  $R_1=20$  sm bo'gan shar 100 V potentsialgacha zaryadlanib, ikkinchi zaryadsiz shar bilan ulanganda, potentsial 300 V gacha tushgan. Ikkinchi shaming radiusi topilsin.

Yassi kondensator plastinkalaridagi zaryadning sirt zichligi  $3 \cdot 10^{-7}$  C/m ga teng, sig'imi  $C=10$  pF. Plastinkalar yuzasi  $S=100$  sm<sup>2</sup>. Elektron plastinkalar orasidagi masofani o'tganda erishgan tezligi 3 topilsin. Plastinkalarining yuzasi  $S=150$  sm<sup>2</sup> va ular oralig'i  $d=5$  mm ga teng bo'lgan yassi kondensator elektr yurituvchi kuchi 9.42V ga teng bo'lgan akkumulyatorga ulanib, kerosinga tushirilsa ( $\epsilon=2$ ), simdan qancha  $Q$  o'tadi ?

Yassi kondensatorni kuchlanishi  $U=200$  V bo'lgan manba orqali zaryadlab, keyin manbadan uzib qo'yilgan. Plastinkalar oralig'i  $d_1=0.2$  mm dan  $d_2=0.7$  mm gacha kengaytirilsa va slyuda bilan to'ldirilsa, ular orasidagi kuchlanish qanday bo'ladi?

Sig'imlari  $C_1=1$  mkF va  $C_2=2$  mkF bo'lgan kondensatorlar mos ravishda  $U=20$  V va  $U_2=50$  V potentsiallar ayirmasigacha zaryadlangan, so'ngra ular bir jinsli uchlari bilan bir- biriga ulangan. Umumiy potentsiallar ayirmasi qanday bo'ladi ?

Sig'imi  $C_1=4$  mkF bo'lgan kondensatorni  $U_1=10$  V gacha, sig'imi  $C_2=6$  mkF bo'lgan kondensatorni esa  $U_2=20$  V gacha zaryadlab, ular parallel ulansa, birinchi kondensator plastinkalaridagi zaryad qanday bo'lib qoladi (kondensator qarama- qarshi ishorali zaryadga ega bo'lgan plastinka uchlari bilan ulangan)?

Radiusi  $R_1$  metall sharchaga  $Q_1$  zaryad berilib, uni ingichka uzun sim orqali radiusi  $R_2$  bo'lgan zaryadlanmagan sharga ulangandan keyin har bir shardagi zaryad va potentsial topilsin. Simdagi zaryad hisobga olinmasin.

Radiuslari  $R_1=4$  sm va  $R_2=10$  sm bo'lgan metall sharlarga  $Q_1=+0.6 \cdot 10^{-7}$  C va  $Q_2=-3 \cdot 10^{-7}$  C zaryad berilgan. Agar sharlarni uzun sim bilan ulansa zaryadlar taqsimoti qanday bo'ladi? Simni zaryadi hisobga olinmasin.

Kondensatorni potentsiallar ayirmasi  $U_1=20$  V gacha zaryadlab, uni sig'imi  $C_2=33$  mkF bo'lgan va  $U_2=4$  V potentsiallar ayirmasigacha zaryadlangan ikkinchi xuddi shunday kondensatorga ulanganda, kondensatorlardagi potentsiallar ayirmasi  $U=2$  V gacha tushib qolgan. Birinchi kondensator sig'imi  $C_1$  aniqlansin. Kondensatorlar turli ishorali zaryadlarga ega bo'lgan plastinkalar orqali ulangan.

Sig'imi  $C_1=1$  mkF bo'lgan kondensator  $U_1=1000$  V ga teng potentsiallar ayirmasigacha zaryadlangan. Ikkinchi  $C_2=2$  mkF sig'imga ega bo'lgan kondensator potentsiallar ayirmasi  $U_2$  gacha zaryadlangan. Kondensatorlarni turli ishorali plastinkalar uchlari bilan bir-biriga ulanganda umumiy kuchlanish  $U=200$  V bo'lgan bo'lsa,  $U_2$  kuchlanish qanday bo'ladi?

Radiusi  $R_1=10$  sm bo'lgan shar 20 V potentsialgacha, radiusi  $R_2=5$  sm ga teng shar esa 10 V potentsialgacha zaryadlanib, ular o'zaro ulansa, sharlardagi zaryadlarning sirt zichligi qanday bo'ladi?

Radiuslari  $R_1=1$  sm,  $R_2=2$  sm,  $R_3=3$  sm bo'lgan uchta zaryadlangan sharlar o'zaro ulansa, umumiy zaryad  $Q$  sharlarda qanday taqsimlanadi?

Radiuslari bir-biridan 5 marta farq qiladigan ikkita shar bir xil ishorali zaryadlar bilan teng miqdorda zaryadlangan. Agar ularni sim bilan bir-biriga ulasak, ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi necha marta o'zgaradi?

Zaryadlangan yassi kondensator qoplamalari orasiga dielektrik singdiruvchanligi bo'lgan dielektrik kiritilgan. Dielektrik plastinkalar oralig'ini zich egallab, ular yuzasini yarmisigacha egallaganda, plastinkalar orasidagi kuchlanish  $U$  necha marta o'zgaradi ?

Yassi kondensator plastinkalarini yuzasi  $S=25$  sm<sup>2</sup>, oraliq masofasi  $d_1=0.5$  mm. Kondensator  $U_1=10$  V gacha zaryadlanib, manbadan ajratilgan. Agar plastinkalar oralig'ini  $d_2=5$  mm o'zgartirilsa, hosil bo'lgan potentsiallar ayirmasi  $U_2$  ni aniqlang.

Radiusi  $R_i=6$  sm li shar  $\phi_1=300$  V potentsialgacha zaryadlanib, u  $\phi_2=500$  V gacha zaryadlangan ikkinchi shar bilan o'tkazgich yordamida ulangandan keyin umumiy kuchlanish  $\phi=380$  V gacha tushgan. Ikkinchi shaming radiusi  $R_2$  aniqlansin. O'tkazgich sig'imi hisobga olinmaydi.

Zaryadlangan yassi kondensator plastinkalari orasidagi masofa  $d=1$  mm. Oraliq masofani  $d_2=3$  mm gacha o'zgartirilsa, plastinkalar orasidagi potentsiallar ayirmasi  $\Delta U=22.6$  V ga o'zgaragan. Kondensator plastinkalaridagi zaryadning sirt zichligi o topilsin.

Koaksial kabel markazidagi o'tkazgichning radiusi  $r_1=1.5$  sm, uning tashqi qobig'ining radiusi  $r_2=3.5$  sm. Markaziy o'tkazgich bilan tashqi qobig' orasiga  $U=2300$  V kuchlanish berilgan. Kabel o'qidan  $x=2$  sm masofada joylashgan nuqtadagi elektr maydon kuchlanganligi aniqlansin.

Silindrik kondensatorning radiuslari  $R_1=1.5$  sm va  $R_2=3.5$  sm. Silindrlar orasiga  $U=2300$  V kuchlanish qo'yilgan. Shunday maydonda silindrlar o'qidan 2.5 sm masofadan 2 sm masofagacha ko'chgan elektron qanday tezlik oladi?

Radiuslari  $R_1=10$  sm va  $R_2=10.5$  sm ga teng bo'lgan konsentrik sferalardan tashkil topgan sferik kondensatorning qoplamalari orasi yog' bilan to'ldirilgan. Sferik kondensatorning  $C$  sig'imi ga teng sig'imga ega bo'lishi uchun, yog'ga tushirilgan shaming radiusi qanday bo'lishi kerak?

Sferik kondensatorni ichki sferasining radiusi  $R_1=1$  sm, tashqi sferaning radiusi  $R_2=4$  sm. Ular orasiga  $U=3000$  V potentsiallar ayirmasi qo'yilgan. Sferalarning markazidan  $x=5$  sm masofadagi nuqtada elektr maydon kuchlanganligi aniqlansin.

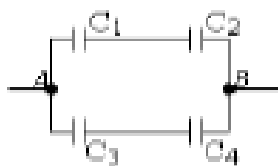
Ikkita o'tkazgichga bir xil miqdorda zaryad berilgan bo'lib, ular 40 V va 60 V potentsialga ega. Agar ular ingichka sim bilan bir-biriga ulansa, umumiy potentsial qanday bo'ladi? 7 joylashtirilgan yassi kondensator akkumulyator sim bilan ulangan, kondensatordagi zaryad  $Q_0=14$  mK ga teng. Plastinkalar orasidan slyuda chiqarilsa qancha zaryad  $Q$  simdan o'tadi?

Sig'implari  $C_1=2$  mK va  $C_2=3$  mK bo'lgan kondensatorlar o'zaro ketma-ket ulanib, keyin EYK 30V ga teng bo'lgan tok manbaiga ulangan. Kondensatorlardagi zaryad  $Q$  va ulardagi potentsiallar ayirmasi  $U$  aniqlansin. EYK 300 V li elektr manbaiga 2 pF, 3 pF sig'imga ega va o'zaro parallel ulangan ikkita yassi kondensator ulansa, kondensatorlardagi zaryad  $Q$  va kuchlanish  $U$  aniqlansin.

EYK 100 V li elektr manbaiga 0.1 mK, 0.6 mK, 0.15 mK sig'imli uchta kondensator ketma-ket ulangan. Kondensatorlarning har biridagi zaryad miqdori va plastinkalar orasidagi kuchlanishlar aniqlansin.

Sig'imi  $C_1=0.6$  mK bo'lgan kondensatorni  $U_1=300$  V gacha zaryadlab, uni sig'imi  $C_2=0.4$  mK va  $U_2=150$  V gacha zaryadlangan kondensator bilan parallel ulanganda birinchi kondensatordan ikkinchi kondensatorga oqib o'tgan zaryad miqdori topilsin.

Sig'implari  $Q=0.2$  mK, 0.3 mK, 0.5 mK bo'lgan kondensatorlar rasmda ko'rsatilgandek ulangan. A va B nuqtalar orasidagi potentsiallar ayirmasi  $U=320$  V. Har bir kondensatordagi kuchlanish aniqlansin.  $C_2=0.6$  mK (1-rasm).

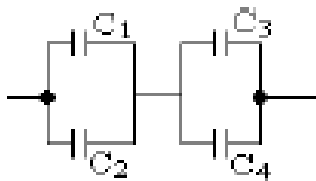


1-rasm

Sig'implari  $2 \cdot 10^{-10}$  F ga teng bo'lgan ikkita havo kondensatorlar o'zaro ketma-ket ulanib, EYK  $8 = 10$  V ga teng tok manbaiga ulangan. Agar kondensatordan birini qoplamalari oralg'iga dielektrik singdiruvchanligi 2 teng dielektrik kiritilsa, kondensatordagi zaryad qanchaga o'zgaradi?

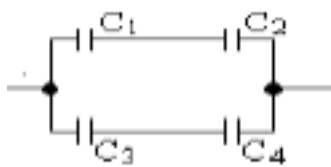
Har birining yuzasi  $S=100$  sm<sup>2</sup> ga teng, oralg'i shisha ( $\epsilon=7$ ) bilan to'ldirilgan va o'zaro ketma-ket ulangan uchta, yassi kondensatorlar batareyasining sig'imi  $C=9 \cdot 10^{-9}$  n F ga teng bo'lsa, shisha plastinkalarni qalinligi qanday bo'ladi?

Sig'implari  $C_1=0.2$  mK,  $C_2=0.1$  mK,  $C_3=0.3$  mK,  $C_4=0.4$  mK ga teng kondensatorlar rasmda ko'rsatilgandek 2-rasm ulangan. Kondensatorni umumiy sig'imi  $C$  aniqlansin (2- rasm).



2-rasm

To'rtta kondensatorlar 3-rasmda ko'rsatilgandek ulangan. Ularning umumiy sig'imi aniqlansin, agar  $C_1=10$  mK,  $C_2=40$  mK,  $C_3=20$  mK,  $C_4=30$  mK ga teng - bo'lsa (3-rasm).



3-rasm

Har birining sig'imi  $C_1=C_2=0.5$  mK bo'lgan ikkita kondensator o'zaro parallel ulangan. Ularga sig'imi  $C_3=1$  mK ga teng uchinchi kondensator ketma-ket ulangan. Shu tizimni EYK  $=20$  V bo'lgan tok manbaiga ulansa, har bir kondensatordagi zaryad  $Q$  va ularning plastinkalari orasidagi potentsiallar ayirmasi topilsin.

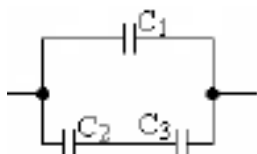
$n=21$  ta yupqa latun plastinkalari oralig'ida qalinligi  $d=2$  mm bo'lgan shisha ( $\epsilon=7$ ) plastinkalar qo'yilib kondensator batareyasi tuzilgan. Shisha va latun plastinkalarining yuzalari bir xil, ya'ni  $S=200$  sm<sup>2</sup>. Shu plastinkalar to'plamidan tuzilgan kondensator batareyasining umumiy sig'imini aniqlang.

Uchta ketma-ket ulangan kondensatordan tuzilgan batareya  $C_1=100$  pF,  $C_2=200$  pF,  $C_3=500$  pF) akkumulyatorga ulanganda, unda batareyaga  $Q=3.3$  nC zaryad o'tgan bo'lsa, har bir kondensatordagi kuchlanish aniqlansin.

Har birining sig'imi  $C_1=C_2=0.4$  mkF ga teng bo'lgan va o'zaro ketma-ket ulangan ikkita kondensatorga, sig'imi  $C_3=0.2$  mkF ga teng uchinchi kondensator parallel ulandi. Agar kondensatorlar tizimini EYK  $=20$  V bo'lgan tok manbaiga ulansa har bir kondensatordagi zaryad miqdori  $Q$  va plastinkalari orasidagi potentsiallar ayirmasi qanday bo'ladi?

Sig'irlari  $C_1=5$  mkF va  $C_2=30$  mkF ga teng bo'lgan o'zaro ketma-ket ulangan havo kondensatorlar, EYK  $=20$  V li batareyaga ulangach, ikkinchi kondensator kerosin ( $\epsilon=2$ ) bilan to'ldiriladi. Bunda tizimdan qancha zaryad  $Q$  oqib o'tadi?

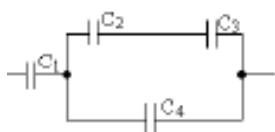
4-rasmdagi kondensatorlarning umumiy sig'imi  $C=5$  mkF ga teng. Ularga  $U=220$ V kuchlanish qo'yilgan.  $C_2=1.0$  mkF,  $C_3=4.0$  mkF, bo'lsa  $C_1$ ni qiymati va undagi  $Q_3$  zaryad aniqlansin (4-rasm).



4-rasm

Sig'irlari  $C_1=2$  mkF,  $C_2=2$  mkF,  $C_3=3$  mkF kondensatorlar 5-rasmda ko'rsatilgandek ulangan.

Kondensator  $C_4$  ni plastinkalari orasida  $U=100$ V kuchlanish qo'yilgan. Kondensatorlardagi umumiy zaryad hamda A va B nuqtalari orasidagi potentsiallar ayirmasi topilsin (5-rasm).



5-rasm

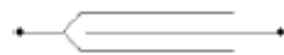
Har birining sig'imi  $C=0.2$  nF bo'lgan ikkita kondensator o'zaro ketma-ket ulanib,  $U_1=50$  V li manbadan zaryadlangan va manbadan uzib qo'yilgan, ulardan bittasini plastinkalari orasiga dielektrik ( $\epsilon=3$ ) kiritilgan. Kondensatorlardagi kuchlanish  $U_2$  qanday o'zgaradi?

Ikkita bir xil havoli yassi kondensator ketma-ket ulanib, EYK  $=12$  V ga teng bo'lgan tok manbaiga ulangan. Agar kondensatorlardan birini transformator yog'iga tushirilsa, ikkinchi kondensatordagi kuchlanish qanchaga o'zgaradi?

Ikkita bir xil kondensator o'zaro parallel ulanib,  $U_1=150$ V gacha zaryadlangan. Manbadan uzilgach, kondensatorlardan birining plastinkalari oralig'ini ikki marta kamaytirilsa, potentsiallar ayirmasi  $U_2$  qanday o'zgaradi?

Har birining sig'imi  $C=100$  pF bo'lgan ikkita yassi havo kondensatorlari o'zaro ketma-ket ulanib, tok manbaiga ulanadi. Agar ularning birini orasiga parafin ( $\epsilon=2$ ) kiritilsa, kondensatorlarning sig'imi qanchaga o'zgaradi?

Uchta yassi plastinkadan tuzilgan havo kondensatorlari rasmda ko'rsatilgandek ulangan. Plastinkalar har birining yuzasi  $S=100$  sm<sup>2</sup>, oraliq 6-rasm masofalari  $d=0.5$  sm bo'lsa kondensatorning sig'imi topilsin (6-rasm).



6-rasm

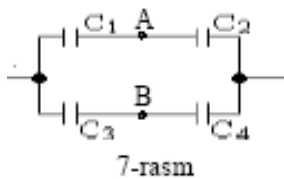
Uchta ketma-ket ulangan kondensatorlarning umumiy sig'imi  $C=1$  mkF, ulardan birining sig'imi  $C=2$  mkF ni tashkil etadi. Agar ular parallel ulansa, umumiy sig'im  $C=2$  mkF ni tashkil etadi. Qolgan ikki kondensatorlarning sig'imi  $C_2$  va  $C_3$  lar aniqlansin.

Yassi kondensator qoplamalarining yuzasi  $S$  ular orasidagi masofa  $d$ . Agar ularning orasiga kondensator qoplamasi yuzasiga teng, qalinligi esa  $d$  dan ancha kichik bo'lgan metall plastinka kiritilsa va kiritilgan plastinka kondensator qoplamalarining biridan / masofada joylashgan bo'lsa, kondensatorning sig'imi aniqlansin.



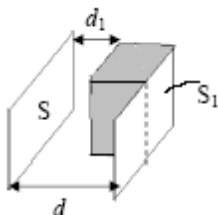
Yuzasi  $S$ , oraliq masofasi  $d$  ga teng yassi kondensator qoplamalari orasiga qalinligi  $d_1=d/3$  ga teng bo'lgan metall plastinka kiritilgandan so'ng kondensator sig'imi topilsin.

Sig'irlari  $C_1=0.5$  mkF,  $C_2=1$  mkF kondensatorlar va E.Yu.K. 2 V, 3 V bo'lgan tok manbalari 7-rasmda ko'rsatilgandek ulangan. A va B nuqtalardagi potentsiallar ayirmasi topilsin.



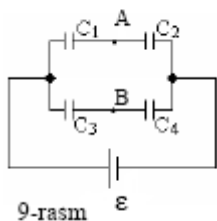
7-rasm

Yassi havo kondensator qoplamalari orasiga yuzasi  $S_1=S/2$ , qalinligi  $d_1=d/2$  ga teng bo'lgan dielektrik ( $\epsilon=2$ ) plastinka kiritilganda kondensatorning sig'imi necha marta o'zgaradi (8-rasm)?



8-rasm

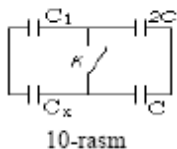
9-rasmda ko'rsatilgan sxemaning A va B nuqtalari orasidagi potentsiallar ayirmasi topilsin.



9-rasm

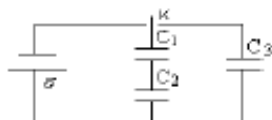
Qoplamalarining oraliq'i  $d=5$  mm bo'lgan yassi havo kondensator tok manбайдan  $U=50V$  potentsiallar ayirmasigacha zaryadlanib, keyin uzib qo'yilgan. Yuzasi kondensator qoplamasiga teng, qalinligi esa  $d_1=1$  mm bo'lgan metall plastinka kondensator qoplamalari orasiga kiritilsa, kondensator qoplamalaridagi potentsiallar ayirmasi qanchaga o'zgaradi ?

10-rasmda ko'rsatilgan kondensatorlar batareyasining sig'imi kalit ulanganda o'zgarmaydi. Kondensator  $C_x$  ni sig'imi topilsin.



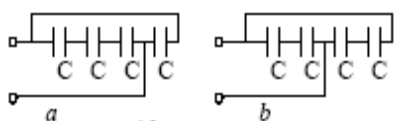
10-rasm

$C_1$  va  $C_2$  kondensatorlar kalit K yordamida tok manbaiga ulanadi. Keyin undan uzilib,  $C_3$  ga ulanadi.  $C_3$  kondensatorida paydo bo'lgan zaryad miqdori topilsin (11-rasm). Sig'imi  $C_1$  bo'lgan havo kondensator qoplamalari orasi dielektrik singdiruvchanligi  $\epsilon$  bo'lgan dielektrik bilan to'ldirilgan. Shu kondensator qanday sig'imdagi kondensatorga ketma-ket ulansa, hosil bo'lgan batareyaning sig'imi yana avvalgi  $C=C_1$  ga teng bo'ladi.



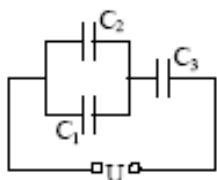
11-rasm

Bir xil sig'imga ega bo'lgan kondensatorlar batareyasini 12 a va 12 b rasmlarda ko'rsatilgan sxemadagidek ulangan. Batareyalarning qay birini sig'imi katta? 12-rasm



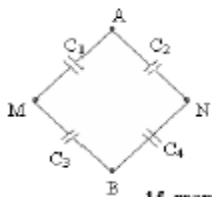
12-rasm

13-rasmda ko'rsatilgandek ulangan sxemada  $C_2$  kondensatorida "proboy" yuz bersa, ya'ni u o'tkazgichga aylanib qolsa,  $C_3$  kondensatoridagi zaryad  $Q$  va potentsiallar farqi  $U_3$  qanday va necha marta o'zgaradi?



13-rasm

14-rasmda keltirilgan sxemada  $C_1=2 \text{ mkF}$ ,  $C_2=5 \text{ mkF}$  ga teng. Elektr manbai A va B yoki M va N nuqtalarga ulanishi mumkin. Tok manbaiga liq qanday usul bilan ulanganda ham kondensatorlaridagi zaryad miqdori moduli teng bo'lsa, shu  $C_3$  va  $C_4$  kondensatorlar sig'implari aniqlansin.



14-rasm

Kondensatorlarning har bir qoplamasidagi zaryad  $Q=10 \text{ nC}$ , qoplamalar orasidagi o'zaro tortishuv kuchi  $F=50 \text{ N}$ , kondensator energiyasi  $W=0.4 \text{ MJ}$  bo'lsa, qoplama orasidagi potentsiallar ayirmasi  $U$  va ular orasidagi masofa  $d$  topilsin.

Radiusi  $R=3 \text{ sm}$  ga teng va  $3 \text{ kV}$  gacha zaryadlangan sharni Yerga ulansa, qanday miqdorda issiqlik ajralib chiqadi ?

Yassi kondensator qoplamalarini yuzasi  $S=300 \text{ sm}^2$ . Kondensator  $U=1000 \text{ V}$  gacha zaryadlangan, qoplamalar orasidagi masofa  $d=4 \text{ sm}$ . Kondensator qoplamalari orasiga dielektrik shisha kiritilgan. Kondensator maydonining energiyasi va energiya zichligi topilsin.

Kerosinga botirilgan sharning potentsiali  $4500 \text{ V}$ , zaryadning sirt zichligi  $11 \text{ mkC/m}$ . Sharning energiyasi topilsin.

Yassi kondensator qoplamalari orasidagi o'zaro tortishuv kuchi  $F=0.04 \text{ N}$ . Qoplamalari har birining yuzasi  $S=100 \text{ sm}^2$ . Kondensator maydonining energiyasining hajmiy zichligi topilsin.

Yassi kondensator qoplamalarining har birining yuzasi  $S=100 \text{ sm}^2$ , ular orasidagi potentsiallar ayirmasi  $U=280 \text{ V}$ . Qoplamalaridagi zaryadning sirt zichligi  $\sigma=498 \text{ nC/m}$ . Kondensator maydonining energiyasi va qoplamalar orasidagi tortishuv kuchi topilsin.

Sig'implari  $C_1=1 \text{ mkF}$ ,  $C_2=2 \text{ mkF}$ ,  $C_3=3 \text{ mkF}$  bo'lgan kondensatorlar kuchlanishi  $U=1.1 \text{ kV}$  ga teng bo'lgan zanjirga parallel ulangan. Kondensatorlardan tuzilgan batareyaning maydon energiyasi topilsin?

Yassi havo kondensator qoplamalarining yuzasi  $S=100 \text{ sm}^2$ , ular orasidagi masofa  $d=5 \text{ sm}$ . Kondensator zaryadlanganda  $W=4.19 \text{ mJ}$  issiqlik ajralgan bo'lsa, kondensatorning qoplamalari orasida qanday potentsiallar ayirmasi bo'lgan?

Sig'implari  $C_1=1 \text{ mkF}$ ,  $C_2=2 \text{ mkF}$ ,  $C_3=3 \text{ mkF}$  ga teng bo'lgan kondensatorlar kuchlanishi  $U=1.1 \text{ kV}$  manbaga ketma-ket ulangan. Har bir kondensatorning energiyasi  $W_1, W_2, W_3$  topilsin ?

Yassi kondensatorlar qoplamalari (yuzasi  $S=300 \text{ sm}$ , oralaridagi masofa  $d=1 \text{ mm}$ ) orasi slyuda ( $\epsilon=7$ ) bilan to'ldirilgan.  $U=15 \text{ kV}$  potentsiallar ayirmasigacha zaryadlangan kondensatorning qoplamalari razryadlanganda, qancha issiqlik ajralib chiqadi?

Yassi kondensator qoplamalari orasidagi masofa  $d=2 \text{ mm}$ , ular orasiga qo'yilgan kuchlanish  $U=600 \text{ V}$ . Har bir qoplamada  $Q=40 \text{ nC}$  zaryad bor. Qoplamalar orasidagi tortishuv kuchi  $F$  va kondensator maydoning energiyasi  $W$  topilsin.

Har bir sig'imi  $C_0=4 \text{ mkF}$  bo'lgan va o'zaro parallel ulangan 20 ta kondensatorlar batareyasi zaryadlangan,  $W=20 \text{ J}$  issiqlik ajraladi. Kondensatorlar qanday potentsiallar ayirmasigacha zaryadlangan?

$10 \text{ kV}$  gacha zaryadlangan va  $W=2.602 \text{ J}$  energiyaga ega bo'lgan shardagi zaryad miqdori topilsin.

Sferik kondensator qoplamalarining radiusi  $R_1=1 \text{ m}$  va  $R_2=2 \text{ m}$ . Kondensator qoplamalari orasidagi maydon energiyasi  $W=20.2 \text{ mJ}$  ga teng. Kondensatoridagi zaryad miqdori topilsin.

Har birining yuzasi  $S=100 \text{ sm}^2$  ga teng bo'lgan yassi kondensator qoplamalari orasiga  $U=280 \text{ V}$  potentsiallar ayirmasi qo'yilgan. Kondensator elektr maydoni kuchlanganligi  $E=560 \text{ V/sm}$ . Kondensator maydonining energiyasi topilsin.

Manbadan uzilgan zaryadlangan yassi kondensator qoplamalari oraliq'i ikki marta kamaytirilganda, uning maydon energiyasi necha marta o'zgaradi?

Izolyator vazifasini bajaruvchi parafin shimdirilgan qog'oz ( $\epsilon=2$ ) qoplamalari oraliq'i  $d=2 \text{ mm}$  bo'lgan yassi kondensator qoplamalari orasiga kiritilgan. Qoplamalarga  $U=200 \text{ V}$  kuchlanish qo'yilgan maydon energiyasining zichligi  $w$  topilsin ?

21 – AMALIY MASHG'ULOT  
KONDENSATORLARGA DOIR MASALALAR YECHISH

MASALA YECHISH NAMUNALARI

1-masala

Havoda ( $\epsilon=1$ ) yassi kondensator plastinkalari oralig'iga  $U_1=3000$  V potentsiallar ayirmasi qo'yilgan. Kondensator manbadan uzilgach, plastinkalar oralig'iga ebonit ( $\epsilon=2,6$ ) kiritilgan. Plastinkalar orasidagi potentsiallar ayirmasi qanchaga teng bo'ladi?

Yechish: Kondensator manbadan uzilgan bo'lgani uchun uning plastinkalaridagi zaryad miqdori, ular orasiga ebonit kirgunga qadar va kirgandan keyin birday bo'ladi, ya'ni:

$$Q_1=Q_2. \quad (1)$$

Kondensatoridagi zaryad miqdorini kuchlanish va elektr sig'im orqali ifodalaymiz:

$$Q_1=C_1U_1, \quad Q_2=C_2U_2. \quad (2)$$

Yassi kondensatorning elektr sig'imi quydagicha aniqlanadi:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

bunda,  $\epsilon_0$  - elektr doimiysi,  $\epsilon$  - nisbiy dielektrik singdiruvchanligi,  $S$  - plastinkalarning yuzasi,  $d$  - plastinkalar orasidagi masofa. Demak, zaryadlangan kondensatorni dastlabki sig'imi:

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 S}{d} \quad (3)$$

Ebonit kiritilgandan keyingi zaryadlangan kondensatorning sig'imi:

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_2 S}{d} \quad (4)$$

(3) va (4) ni (2) ga qo'yamiz:

$$\frac{\epsilon_0 \epsilon_1 S U_1}{d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_2 S U_2}{d} \quad (5)$$

Bundan,

$$U_2 = \frac{\epsilon_1 U_1}{\epsilon_2}; \quad U_2 = \frac{3000 \text{ V}}{2.6} = 1154 \text{ V}$$

2-masala.

Ikkita metall sharlardan birini radiusi  $R_1=3$  cm, unga  $Q_1=10^{-8}$  C zaryad berilgan. Ikkinchi sharning radiusi  $R_2=2$  cm, unga  $9000$  V potentsial berilgan. Ularni bir- biridan uzoq joylashtirib, so'ngra sim bilan ulashgan. Sharlar ulangandan keyin qanday zaryadga va potentsialga ega bo'ladilar? Razryadlanishda bajarilgan ish topilsin.

Yechish: Zaryad miqdorini saqlanish qonuniga asosan, sharlardagi zaryadlar yigindisi ular bir-biriga ulangandan keyin ham o'zgarmaydi. Har qanday o'tkazgichning sirti ekvipotentsial sirtidir, ya'ni sharlar ulangandan keyin ularni potentsiali bir xil bo'lishini e'tiborga olib, ularni zaryadi va potentsialini aniqlash mumkin. Zaryad miqdorining saqlanish qonuniga asosan

$$Q_1+Q_2=Q_1'+Q_2', \quad (1)$$

$Q_1, Q_1', Q_2'$  zaryadlarni elektr sig'imlar va potentsiallar orqali ifodalaymiz:

$$Q_2=C_2\phi_2; \quad Q_1'=C_1\phi; \quad Q_2'=C_2\phi; \quad (2)$$

$\phi$  sharlar ulangandan keyingi umumiy potentsial.

Sharning elektr sig'imi uning radiusi bilan quyidagicha bog'langan:

$$C=4\pi\epsilon_0 R. \quad (3)$$

Shuning uchun

$$C_1=4\pi\epsilon_0 R_1, \quad C_2=4\pi\epsilon_0 R_2 \quad (4)$$

(4) va (2) ni birlashtirib, (1) ga qo'yamiz:

$$Q_1 + 4\pi\epsilon_0 R_2 \phi_2 = (4\pi\epsilon_0 R_1 + 4\pi\epsilon_0 R_2) \phi \quad (5)$$

(5) dan

$$\varphi = \frac{Q_1 + 4\pi\varepsilon_0 R_2 \varphi_2}{4\pi\varepsilon_0 (R_1 + R_2)} \quad (6)$$

(6) ga son qiymatlarni qo'yib  $\varphi$  ni topamiz

$$\varphi = \frac{10^{-8} \text{ Kl} + 4 \cdot 3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 9 \cdot 10^{-3} \text{ V}}{3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} (3 + 2) \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 5400 \text{ V.}$$

(2), (4) va (6) formulalardan foydalanib, sharlar ulangandan keyingi zaryadlarni topamiz:

$$Q_1' = C_1 \varphi = \frac{4\pi\varepsilon_0 R_1 (Q_1 + 4\pi\varepsilon_0 R_2 \varphi_2)}{4\pi\varepsilon_0 (R_1 + R_2)} = \frac{R_1 (Q_1 + 4\pi\varepsilon_0 R_2 \varphi_2)}{R_1 + R_2} = 1.8 \cdot 10^{-8} \text{ K}$$

$$Q_2' = C_2 \varphi = \frac{R_2 (Q_1 + 4\pi\varepsilon_0 R_2 \varphi_2)}{R_1 + R_2} = 1.2 \cdot 10^{-8} \text{ Kl.}$$

Razryadlanish ishini topish uchun energiyani saqlanish qonunidan foydalanamiz. Bu ish sharlar ulangunga qadar ega bo'lgan energiyalarning yig'indisidan, ular ulangandan keyin ega bo'lgan umumiy energiyalarini ayirmasiga teng, ya'ni

$$A = W_1 + W_2 - W \quad (7)$$

bunda,  $W_1$ ,  $W_2$  - sharlarni ulangunga qadar energiyasi,  $W$  - sharlarni ulangandan keyingi umumiy energiyasi. Masalani shartiga ko'ra:

$$W_1 = \frac{Q_1^2}{2C_1} = \frac{Q_1^2}{8\pi\varepsilon_0 R_1},$$

$$W_2 = \frac{C_2 \varphi_2^2}{2} = \frac{4\pi\varepsilon_0 R_2 \varphi_2^2}{2}$$

$$W = \frac{(Q_1 + 4\pi\varepsilon_0 R_2 \varphi_2)^2}{2(C_1 + C_2)} = \frac{(Q_1 + 4\pi\varepsilon_0 R_2 \varphi_2)^2}{8\pi\varepsilon_0 (R_1 + R_2)}$$

(8), (9) va (10) ni (7) qoyamiz:

$$A = \frac{Q_1^2}{8\pi\varepsilon_0 R_1} + \frac{4\pi\varepsilon_0 R_2 \varphi_2^2}{2} - \frac{(Q_1 + 4\pi\varepsilon_0 R_2 \varphi_2)^2}{8\pi\varepsilon_0 (R_1 + R_2)}$$

Son qiymatlari va birliklarini qo'yib, ishni topamiz:  $A = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ J}$ .

3-masala.

Yassi kondensatorning plastinkalari orasi  $d = 5 \text{ cm}$  bo'lib, u dielektrik qabul qiluvshanligi  $\chi$  ga teng bo'lgan dielektrik bilan to'ldirilgan. Plastinkalarga  $U = 4000 \text{ V}$  potentsiallar ayirmasi berilgan. Plastinkalardagi zaryadning sirt zichligi  $\sigma$  va dielektrikdagi bog'langan zaryadning sirt zichligi topilsin.

Yechish: Dielektrikdagi bog'langan zaryadning sirt zichligi miqdor jihatdan qutblanish vektorining moduliga teng. Qutblanish vektori esa, dielektrikdagi maydon kuchlanganligiga proporsional:

$$\sigma_b = P = \chi \varepsilon_0 E. \quad (1)$$

Bir jinsli maydonda

$$E = U/d. \quad (2)$$

(2) ni (1) ga qo'yamiz

$$\sigma_b = \chi \varepsilon_0 E = \chi \varepsilon_0 \frac{U}{d} = 1 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \frac{4000 \text{ V}}{5 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 7.1 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Kl}}{\text{m}^2} \quad (3)$$

Maydon kuchlanganligini zaryadning sirt zichligi orqali ifodalaymiz

$$E = U/d = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon}. \quad (4)$$

Bundan

$$\sigma = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon U}{d}. \quad (5)$$

Sirt zichligini topish uchun dielektrik singdruvchanligini bilish kerak, u esa dielektrik qabul qiluvchanlik  $\chi$  bilan quydagicha bog'langan

$$\varepsilon = 1 + \chi \quad (6)$$

(6) ni (5) ga qo'yamiz:

$$\sigma = \frac{\varepsilon_0(1 + \chi)U}{d} = 1.4 \cdot 10^{-5} \frac{Kl}{m^2}$$

#### MUSTAQIL ISHLASH UCHUN MASALALAR

Diametri  $d=20$  sm bo'lgan va  $10$  V potensialgacha zaryadlangan shar zaryadini sirt zichligi topilsin. Yerni elektr o'tkazuvchan va radiusi  $R=6400$  km bo'lgan shar deb qabul qilib, uning sirti yaqinidagi elektr maydon kuchlanganligi  $E=100$  V/m ga teng bo'lganda, undagi zaryad miqdori  $Q$  va uning potentsiali aniqlansin.

Sharcha  $800$  V potensialgacha zaryadlangan. Sharchadagi zaryadning sirt zichligi  $0.3 \cdot 10^{-11}$  C/m<sup>2</sup>. Sharni radiusi  $R$  topilsin.

Radiusi  $r=2$  sm bo'lgan sharcha manfiy zaryad bilan  $2000$  V gacha zaryadlangan. Sharga berilgan zaryadni tashkil etuvchi hamma elektronlarning massasi topilsin.

O'tkazgichdan yasalgan sharcha zaryadning sirt zichligi  $3.2 \cdot 10^{-7}$  C/m<sup>2</sup>. Shar radiusi  $R=0.2$  m. Sharchaning sirtidan  $3R$  masofada yotgan nuqtadagi maydon kuchlanganligi va potentsiali topilsin.

Izolyatsiyalangan sharga  $Q=10^{-9}$  C zaryad berilgan, uning sirtidan  $r=5$  sm masofada yotgan nuqtada maydon kuchlanganligi topilsin. Sharning potentsiali  $1.82 \cdot 10^3$  V.

Ichi bo'sh, radiusi  $R=2.5$  sm bo'lgan metall sharchaga  $Q=0.5$  nC zaryad berilgan. Sharchaning markazida, sirtida va markazidan  $r=5$  sm masofada maydon kuchlanganligi va potentsiali topilsin.

O'tkazgichdan yasalgan zaryadlangan sharning sirtidan  $r_1=5$  sm va  $r_2=10$  sm masofada maydon

kuchlanganligi va potentsiallar  $300$  V va  $210$  V ga teng bo'lsa, shar qanday potensialgacha zaryadlangan ?

Bir tekis zaryadlangan va zaryadining sirt zichligi  $10^{-9}$  C/m<sup>2</sup> ga teng bo'lgan sferaning markazidan  $r_1=16$  sm va  $r_2=35$  sm masofadagi nuqtalarda maydon potentsiali va maydon kuchlanganligi  $E$  topilsin. Sferani radiusi  $R=20$  sm.

Diametri  $d=2$  sm bo'lgan metall shar  $300$  V potensialgacha zaryadlangan. Sharni markazidan  $r_1=40$  sm masofadagi  $B$  nuqtadan, shar markaziga nisbatan  $r_2=50$  sm dagi  $C$  nuqtaga  $Q=10^{-5}$  C zaryadni ko'chirish uchun qanday ish bajarish kerak ?

$600$  V gacha zaryadlangan shar hosil qilgan maydonda biror nuqtaviy zaryadni sharning markaziga nisbatan  $r_1=40$  sm masofadagi nuqtadan  $r_2=50$  sm masofadagi nuqtaga ko'chirilganda  $A=6 \cdot 10^{-9}$  J ish bajarilgan.

Sharning diametri  $d=4$  sm. Ko'chirilgan zaryadning miqdori  $Q$  aniqlansin.

Oraliq masofasi  $d=5 \cdot 10^{-3}$  m bo'lgan yassi kondensator plastinkalari orasiga  $90$  V potensial qo'yilgan.

Plastinkalardagi zaryad mirdori  $Q=10^{-7}$  C. Plastinkalar yuzasi  $S$  aniqlansin.

Yassi kondensator  $U=1000$  V potentsiallar ayirmasigacha zaryadlangan. Uning plastinkalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchi  $F=0.04$  N ga teng, oraliq masofa esa  $d=0.1$  sm. Kondensator plastinkalari yuzasi  $S$  topilsin.

Yassi kondensator plastinkalaridagi bir tekis taqsimlangan zaryadning sirt zichligi  $0.2$  mkC/m<sup>2</sup>. Plastinkalar orasidagi masofa  $d_1=1$  mm. Agar oraliq masofani  $d_2=3$  mm gacha oshirsak, plastinkalar orasidagi potentsiallar ayirmasi qanchaga o'zgaradi ?

Slyudali kondensator plastinkalarining yuzasi  $S=6 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>. Ular orasidagi masofa  $d=2.2$  mm. Plastinkalar  $F=0.4$  mN kuch bilan o'zaro tortishadi. Plastinkalar orasidagi potentsiallar ayirmasi va kondensatorning elektr sig'imi topilsin. Slyudaning dielektrik singdiruvchanligi  $6$ .

Yassi kondensator, radiuslari  $R=20$  sm li, doira shaklidagi plastinkalardan yasalgan. Plastinkalar orasidagi masofa  $d=5$  mm. Kondensator  $U=3000$  V kuchlanishli manbaga ulangan. Agar plastinkalar orasida: 1) havo bo'lsa; 2) shisha bo'lsa, kondensatoridagi zaryad  $Q$  va elektr maydon kuchlanganligi topilsin.

Shisha uchun yassi kondensatorning sig'imi  $C$ , potentsiallar ayirmasi  $U$ , plastinkalar orasidagi masofa  $d$  bo'lsa, plastinkalar o'zaro qanday kuch bilan tortiladi?

Radiusi  $R_1=3$  sm va zaryadi  $Q=10^{-9}$  C bo'lgan sharni, ikkinchi  $R_2=4$  sm radiusli shar ichiga konsentrik joylashtirib qo'yilsa, ichki sharni potentsiali qanchaga teng bo'ladi? Ikkinchi shar yerga ulangan.

Yog' ichiga tushirilgan sharning sig'imi, radiuslari  $R_1=10$  sm va  $R_2=10.5$  sm li va orasiga yog' to'ldirilgan sferik kondensatorning sig'imiga teng bo'lishi uchun, sharni radiusi qanday bo'lishi kerak? Yog' uchun  $2.5$ .

Ikki konsentrik metall sfera radiuslari  $R_1=6$  sm,  $R_2=10$  sm, zaryadlari esa  $Q_1=10^{-9}$  C va  $Q_2=2 \cdot 10^{-9}$  C.

Sferalar markazidan  $r_1=5$  sm,  $r_2=8$  sm va  $r_3=15$  sm masofada yotgan nuqtalardagi maydon kuchlanganligi va potentsiallari topilsin.

Radiuslari  $R_1=2$  sm va  $R_2=6$  sm bo'lgan metall sharlar o'tkazgich bilan bir-biriga ulangan. Ularga  $Q=1$  nC zaryad berilgan. Sharlardagi zaryadning sirt zichliklari topilsin.

Radiusi  $R_1=6$  sm bo'lgan shar  $600$  V potensialgacha va radiusi  $R_2=4$  sm li shar  $500$  V potensialgacha zaryadlangan. Sharlar sim orqali ulansa, ularning potentsiali qanday bo'ladi?

Yassi kondensatorning qoplamalari orasiga shisha plastinka ( $\epsilon=7$ ) kiritib qo'yilgan va  $U_1=100V$  potentsiallar farqigacha zaryadlangan. Kondensator qoplamalari orasidan shisha plastinka chiqarib olinsa, plastinkalardagi potentsiallar ayirmasi  $U_2$  qanday bo'ladi ?

Plastinkalari orasida havo bo'lgan birinchi kondensatorni  $U_1=600V$  potentsiallar farqigacha zaryadlab, manbadan uzilgan. Keyin bu kondensatorga ikkinchi xuddi shunday, lekin oraligi farfor bilan to'ldirilgan, lekin zaryadlanmagan kondensator parallel ulangach, potentsiallar ayirmasi  $U_2=100V$  gacha kamaygan. Farforni dielektrik singdiruvchanligi aniqlansin.

Sig'imi  $C_1=0.2$  mkF bo'lgan kondensator  $320$  V kuchlanishgacha zaryadlangan. Unga  $U_2=450V$  kuchlanishgacha zaryadlangan ikkinchi kondensator parallel ulangach, ikkinchi kondensatorning kuchlanishi  $400$  V bo'ldi. Ikkinchi kondensatorning sig'imi  $C_2$  aniqlansin.

Uchta bir xil kattalikdagi simob tomchilari  $20$  V potentsialgacha zaryadlangandan keyin, ularni qo'shib bitta tomchi hosil qilingach, uning potentsiali qanday bo'ladi?

Ikkita shar, birini diametri  $d_1=10$  sm va zaryadi  $q_1=6 \cdot 10^{-10}C$ . Ikkinchisini diametri  $d_2=30$  sm va zaryadi  $q_2=-2 \cdot 10^{-9}C$ . Ular ingichka uzun sim bilan bir-biriga ulangan. Simdan qanday  $Q$  zaryad oqib o'tadi?

Radiusi  $R_1=20$  sm bo'gan shar  $100$  V potentsialgacha zaryadlanib, ikkinchi zaryadsiz shar bilan ulanganda, potentsial  $300$  V gacha tushgan. Ikkinchi sharning radiusi topilsin.

Yassi kondensator plastinkalaridagi zaryadning sirt zichligi  $3 \cdot 10^{-7} C/m$  ga teng, sig'imi  $C=10$  pF.

Plastinkalar yuzasi  $S=100$  sm<sup>2</sup>. Elektron plastinkalar orasidagi masofani o'tganda erishgan tezligi  $3$  topilsin. Plastinkalarining yuzasi  $S=150$  sm<sup>2</sup> va ular oralig'i  $d=5$  mm ga teng bo'lgan yassi kondensator elektr yurituvchi kuchi  $9.42V$  ga teng bo'lgan akkumulyatorga ulanib, kerosinga tushirilsa ( $\epsilon=2$ ), simdan qancha  $Q$  o'tadi ?

Yassi kondensatorni kuchlanishi  $U=200$  V bo'lgan manba orqali zaryadlab, keyin manbadan uzib qo'yilgan. Plastinkalar oralig'i  $d_1=0.2$  mm dan  $d_2=0.7$  mm gacha kengaytirilsa va slyuda bilan to'ldirilsa, ular orasidagi kuchlanish qanday bo'ladi?

Sig'implari  $C_1=1$  mkF va  $C_2=2$  mkF bo'lgan kondensatorlar mos ravishda  $U=20V$  va  $U_2=50$  V potentsiallar ayirmasigacha zaryadlangan, so'ngra ular bir jinsli uchlari bilan bir- biriga ulangan. Umumiy potentsiallar ayirmasi qanday bo'ladi ?

Sig'imi  $C_1=4$  mkF bo'lgan kondensatorni  $U_1=10$  V gacha, sig'imi  $C_2=6$  mkF bo'lgan kondensatorni esa  $U_2=20$  V gacha zaryadlab, ular parallel ulansa, birinchi kondensator plastinkalaridagi zaryad qanday bo'lib qoladi (kondensator qarama- qarshi ishorali zaryadga ega bo'lgan plastinka uchlari bilan ulangan)?

Radiusi  $R_1$  metall sharchaga  $Q_1$  zaryad berilib, uni ingichka uzun sim orqali radiusi  $R_2$  bo'lgan zaryadlanmagan sharga ulangandan keyin har bir shardagi zaryad va potentsial topilsin. Simdagi zaryad hisobga olinmasin.

Radiuslari  $R_1=4$  sm va  $R_2=10$  sm bo'lgan metall sharlarga  $Q_1=+0.6 \cdot 10^{-7} C$  va  $Q_2=-3 \cdot 10^{-7} C$  zaryad berilgan. Agar sharlarni uzun sim bilan ulansa zaryadlar taqsimoti qanday bo'ladi? Simni zaryadi hisobga olinmasin.

Kondensatorni potentsiallar ayirmasi  $U_1=20$  V gacha zaryadlab, uni sig'imi  $C_2=33$  mkF bo'lgan va  $U_2=4$  V potentsiallar ayirmasigacha zaryadlangan ikkinchi xuddi shunday kondensatorga ulanganda, kondensatorlardagi potentsiallar ayirmasi  $U=2$  V gacha tushib qolgan. Birinchi kondensator sig'imi  $C_1$  aniqlansin. Kondensatorlar turli ishorali zaryadlarga ega bo'lgan plastinkalar orqali ulangan.

Sig'imi  $C_1=1$  mkF bo'lgan kondensator  $U_1=1000$  V ga teng potentsiallar ayirmasigacha zaryadlangan.

Ikkinchi  $C_2=2$  mkF sig'imga ega bo'lgan kondensator potentsiallar ayirmasi  $U_2$  gacha zaryadlangan.

Kondensatorlarni turli ishorali plastinkalar uchlari bilan bir-biriga ulanganda umumiy kuchlanish  $U=200$  V bo'lgan bo'lsa,  $U_2$  kuchlanish qanday bo'ladi?

Radiusi  $R_1=10$  sm bo'lgan shar  $20$  V potentsialgacha, radiusi  $R_2=5$  sm ga teng shar esa  $10$  V potentsialgacha zaryadlanib, ular o'zaro ulansa, sharlardagi zaryadlarning sirt zichligi qanday bo'ladi?

Radiuslari  $R_1=1$  sm,  $R_2=2$  sm,  $R_3=3$  sm bo'lgan uchta zaryadlangan sharlar o'zaro ulansa, umumiy zaryad  $Q$  sharlarda qanday taqsimlanadi?

Radiuslari bir-biridan  $5$  marta farq qiladigan ikkita shar bir xil ishorali zaryadlar bilan teng miqdorda zaryadlangan. Agar ularni sim bilan bir-biriga ulasak, ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi necha marta o'zgaradi?

Zaryadlangan yassi kondensator qoplamalari orasiga dielektrik singdiruvchanligi bo'lgan dielektrik kiritilgan. Dielektrik plastinkalar oralig'ini zich egallab, ular yuzasini yarmisigacha egallaganda, plastinkalar orasidagi kuchlanish  $U$  necha marta o'zgaradi ?

Yassi kondensator plastinkalarini yuzasi  $S=25$  sm<sup>2</sup>, oraliq masofasi  $d_1=0.5$  mm. Kondensator  $U_1=10$  V gacha zaryadlanib, manbadan ajratilgan. Agar plastinkalar oralig'ini  $d_2=5$  mm o'zgartirilsa, hosil bo'lgan potentsiallar ayirmasi  $U_2$  ni aniqlang.

Radiusi  $R_1=6$  sm li shar  $\phi_1=300$  V potensialgacha zaryadlanib, u  $\phi_2=500$  V gacha zaryadlangan ikkinchi shar bilan o'tkazgich yordamida ulangandan keyin umumiy kuchlanish  $\phi=380$  V gacha tushgan. Ikkinchi sharning radiusi  $R_2$  aniqlansin. O'tkazgich sig'imi hisobga olinmaydi.

Zaryadlangan yassi kondensator plastinkalari orasidagi masofa  $d=1$  mm. Oraliq masofani  $d_2=3$  mm gacha o'zgartirilsa, plastinkalar orasidagi potentsiallar ayirmasi  $\Delta U=22.6$  V ga o'zgargan. Kondensator plastinkalaridagi zaryadning sirt zichligi o topilsin.

Koaksial kabel markazidagi o'tkazgichning radiusi  $r_1=1.5$  sm, uning tashqi qobig'ining radiusi  $r_2=3.5$  sm. Markaziy o'tkazgich bilan tashqi qobig' orasiga  $U=2300$  V kuchlanish berilgan. Kabel o'qidan  $x=2$  sm masofada joylashgan nuqtadagi elektr maydon kuchlanganligi aniqlansin.

Silindrik kondensatorning radiuslari  $R_1=1.5$  sm va  $R_2=3.5$  sm. Silindrlar orasiga  $U=2300$  V kuchlanish qo'yilgan. Shunday maydonda silindrlar o'qidan 2.5 sm masofadan 2 sm masofagacha ko'chgan elektron qanday tezlik oladi?

Radiuslari  $R_1=10$  sm va  $R_2=10.5$  sm ga teng bo'lgan konsentrik sferalardan tashkil topgan sferik kondensatorning qoplamalari orasi yog' bilan to'ldirilgan. Sferik kondensatorning  $C$  sig'imi ga teng sig'imga ega bo'lishi uchun, yog'ga tushirilgan sharning radiusi qanday bo'lishi kerak?

Sferik kondensatorni ichki sferasining radiusi  $R_1=1$  sm, tashqi sferaning radiusi  $R_2=4$  sm. Ular orasiga  $U=3000$  V potentsiallar ayirmasi qo'yilgan. Sferalarning markazidan  $x=5$  sm masofadagi nuqtada elektr maydon kuchlanganligi aniqlansin.

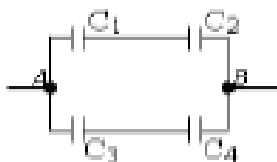
Ikkita o'tkazgichga bir xil miqdorda zaryad berilgan bo'lib, ular 40 V va 60 V potensialga ega. Agar ular ingichka sim bilan bir-biriga ulansa, umumiy potensial qanday bo'ladi? 7 joylashtirilgan yassi kondensator akkumulyator sim bilan ulangan, kondensatoridagi zaryad  $Q_0=14$  mK ga teng. Plastinkalar orasidan slyuda chiqarilsa qancha zaryad  $Q$  simdan o'tadi?

Sig'imlari  $C_1=2$  mK va  $C_2=3$  mK bo'lgan kondensatorlar o'zaro ketma-ket ulanib, keyin EYK 30V ga teng bo'lgan tok manbaiga ulangan. Kondensatorlardagi zaryad  $Q$  va ulardagi potentsiallar ayirmasi  $U$  aniqlansin. EYK 300 V li elektr manbaiga 2 pF, 3 pF sig'imga ega va o'zaro parallel ulangan ikkita yassi kondensator ulansa, kondensatorlardagi zaryad  $Q$  va kuchlanish  $U$  aniqlansin.

EYK 100 V li elektr manbaiga 0.1 mK, 0.6 mK, 0.15 mK sig'imli uchta kondensator ketma-ket ulangan. Kondensatorlarning har biridagi zaryad miqdori va plastinkalar orasidagi kuchlanishlar aniqlansin.

Sig'imi  $C_1=0.6$  mK bo'lgan kondensatorni  $U_1=300$  V gacha zaryadlab, uni sig'imi  $C_2=0.4$  mK va  $U_2=150$  V gacha zaryadlangan kondensator bilan parallel ulanganda birinchi kondensatordan ikkinchi kondensatorga oqib o'tgan zaryad miqdori topilsin.

Sig'imlari  $Q=0.2$  mK, 0.3 mK, 0.5 mK bo'lgan kondensatorlar rasmda ko'rsatilgandek ulangan. A va B nuqtalar orasidagi potentsiallar ayirmasi  $U=320$  V. Har bir kondensatoridagi kuchlanish aniqlansin.  $C_2=0.6$  mK (1-rasm).

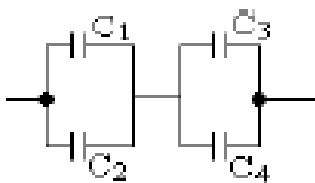


1-rasm

Sig'imlari  $2 \cdot 10^{-10}$  F ga teng bo'lgan ikkita havo kondensatorlar o'zaro ketma-ket ulanib, EYK  $U = 10$  V ga teng tok manbaiga ulangan. Agar kondensatordan birini qoplamalari oralig'iga dielektrik singdiruvchanligi 2 teng dielektrik kiritilsa, kondensatoridagi zaryad qanchaga o'zgaradi?

Har birining yuzasi  $S=100$  sm<sup>2</sup> ga teng, oralig'i shisha ( $\epsilon=7$ ) bilan to'ldirilgan va o'zaro ketma-ket ulangan uchta, yassi kondensatorlar batareyasining sig'imi  $C=9 \cdot 10^{-9}$  F ga teng bo'lsa, shisha plastinkalarni qalinligi qanday bo'ladi?

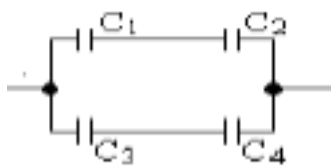
Sig'imlari  $C_1=0.2$  mK,  $C_2=0.1$  mK,  $C_3=0.3$  mK,  $C_4=0.4$  mK ga teng kondensatorlar rasmda ko'rsatilgandek 2-rasm ulangan. Kondensatorni umumiy sig'imi  $C$  aniqlansin (2- rasm).



2-rasm



To'rtta kondensatorlar 3-rasmda ko'rsatilgandek ulangan. Ularning umumiy sig'imi aniqlansin, agar  $C_1=10$  mkF,  $C_2=40$  mkF,  $C_3=20$  mkF,  $C_4=30$  mkF ga teng - bo'lsa (3-rasm).



3-rasm

Har birining sig'imi  $C_1=C_2=0.5$  mkF bo'lgan ikkita kondensator o'zaro parallel ulangan. Ularga sig'imi  $C_3=1$  mkF ga teng uchinchi kondensator ketma-ket ulangan. Shu tizimni EYK =20 V bo'lgan tok manbaiga ulansa, har bir kondensatordagi zaryad  $Q$  va ularning plastinkalari orasidagi potentsiallar ayirmasi topilsin.

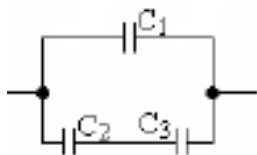
$n=21$  ta yupqa latun plastinkalari oralig'ida qalinligi  $d=2$  mm bo'lgan shisha ( $\epsilon=7$ ) plastinkalar qo'yilib kondensator batareyasi tuzilgan. Shisha va latun plastinkalarining yuzalari bir xil, ya'ni  $S=200$  sm<sup>2</sup>. Shu plastinkalar to'plamidan tuzilgan kondensator batareyasining umumiy sig'imini aniqlang.

Uchta ketma-ket ulangan kondensatordan tuzilgan batareya  $C_1=100$  pF,  $C_2=200$  pF,  $C_3=500$  pF) akkumulyatorga ulanganda, unda batareyaga  $Q=3.3$  nC zaryad o'tgan bo'lsa, har bir kondensatordagi kuchlanish aniqlansin.

Har birining sig'imi  $C_1=C_2=0.4$  mkF ga teng bo'lgan va o'zaro ketma-ket ulangan ikkita kondensatorga, sig'imi  $C_3=0.2$  mkF ga teng uchinchi kondensator parallel ulandi. Agar kondensatorlar tizimini EYK =20 V bo'lgan tok manbaiga ulansa har bir kondensatordagi zaryad miqdori  $Q$  va plastinkalari orasidagi potentsiallar ayirmasi qanday bo'ladi?

Sig'irlari  $C_1=5$  mkF va  $C_2=30$  mkF ga teng bo'lgan o'zaro ketma-ket ulangan havo kondensatorlar, EYK =20 V li batareyaga ulangach, ikkinchi kondensator kerosin ( $\epsilon=2$ ) bilan to'ldiriladi. Bunda tizimdan qancha zaryad  $Q$  oqib o'tadi?

4-rasmdagi kondensatorlarning umumiy sig'imi  $C=5$  mkF ga teng. Ularga  $U=220$ V kuchlanish qo'yilgan.  $C_2=1.0$  mkF,  $C_3=4.0$  mkF, bo'lsa  $C_1$ ni qiymati va undagi  $Q_3$  zaryad aniqlansin (4-rasm).



4-rasm

Sig'irlari  $C_1=2$  mkF,  $C_2=2$  mkF,  $C_3=3$  mkF kondensatorlar 5-rasmda ko'rsatilgandek ulangan.

Kondensator  $C_4$  ni plastinkalari orasida  $U=100$ V kuchlanish qo'yilgan. Kondensatorlardagi umumiy zaryad hamda A va B nuqtalari orasidagi potentsiallar ayirmasi topilsin (5-rasm).



5-rasm

Har birining sig'imi  $C=0.2$  nF bo'lgan ikkita kondensator o'zaro ketma-ket ulanib,  $U_1=50$  V li manbadan zaryadlangan va manbadan uzib qo'yilgan, ulardan bittasini plastinkalari orasiga dielektrik ( $\epsilon=3$ ) kiritilgan.

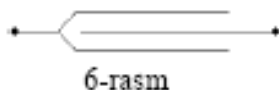
Kondensatorlardagi kuchlanish  $U_2$  qanday o'zgaradi?

Ikkita bir xil havoli yassi kondensator ketma-ket ulanib, EYK =12 V ga teng bo'lgan tok manbaiga ulangan. Agar kondensatorlardan birini transformator yog'iga tushirilsa, ikkinchi kondensatordagi kuchlanish qanchaga o'zgaradi?

Ikkita bir xil kondensator o'zaro parallel ulanib,  $U_1=150$ V gacha zaryadlangan. Manbadan uzilgach, kondensatorlardan birining plastinkalari oralig'ini ikki marta kamaytirilsa, potentsiallar ayirmasi  $U_2$  qanday o'zgaradi?

Har birining sig'imi  $C=100$  pF bo'lgan ikkita yassi havo kondensatorlari o'zaro ketma-ket ulanib, tok manbaiga ulanadi. Agar ularning birini orasiga parafin ( $\epsilon=2$ ) kiritilsa, kondensatorlarning sig'imi qanchaga o'zgaradi?

Uchta yassi plastinkadan tuzilgan havo kondensatorlari rasmda ko'rsatilgandek ulangan. Plastinkalar har birining yuzasi  $S=100 \text{ sm}^2$ , oraliq masofalari  $d=0.5 \text{ sm}$  bo'lsa kondensatorning sig'imi topilsin (6-rasm).



6-rasm

Uchta ketma-ket ulangan kondensatorlarning umumiy sig'imi  $C=1 \text{ mkF}$ , ulardan birining sig'imi  $C=2 \text{ mkF}$  ni tashkil etadi. Agar ular parallel ulansa, umumiy sig'im  $C=2 \text{ mkF}$  ni tashkil etadi. Qolgan ikki kondensatorlarning sig'imi  $C_2$  va  $C_3$  lar aniqlansin.

Yassi kondensator qoplamalarining yuzasi  $S$  ular orasidagi masofa  $d$ . Agar ularning orasiga kondensator qoplamasi yuzasiga teng, qalinligi esa  $d$  dan ancha kichik bo'lgan metall plastinka kiritilsa va kiritilgan plastinka kondensator qoplamalarining biridan / masofada joylashgan bo'lsa, kondensatorning sig'imi aniqlansin.

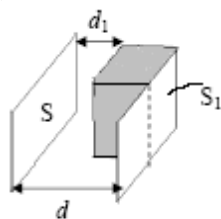
Yuzasi  $S$ , oraliq masofasi  $d$  ga teng yassi kondensator qoplamalari orasiga qalinligi  $d_1=d/3$  ga teng bo'lgan metall plastinka kiritilgandan so'ng kondensator sig'imi topilsin.

Sig'implari  $C_1=0.5 \text{ mkF}$ ,  $C_2=1 \text{ mkF}$  kondensatorlar va E.Yu.K.  $2 \text{ V}$ ,  $3 \text{ V}$  bo'lgan tok manbalari 7-rasmda ko'rsatilgandek ulangan. A va B nuqtalardagi potentsiallar ayirmasi topilsin.



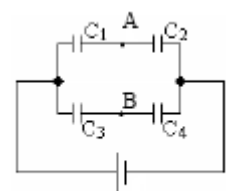
7-rasm

Yassi havo kondensator qoplamalari orasiga yuzasi  $S_1=S/2$ , qalinligi  $d_1=d/2$  ga teng bo'lgan dielektrik ( $\epsilon=2$ ) plastinka kiritilganda kondensatorning sig'imi necha marta o'zgaradi (8-rasm)?



8-rasm

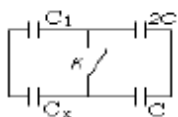
9-rasmda ko'rsatilgan sxemaning A va B nuqtalari orasidagi potentsiallar ayirmasi topilsin.



9-rasm

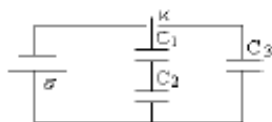
Qoplamalarining oraliqi  $d=5 \text{ mm}$  bo'lgan yassi havo kondensator tok manbaidan  $U=50 \text{ V}$  potentsiallar ayirmasigacha zaryadlanib, keyin uzib qo'yilgan. Yuzasi kondensator qoplamasiga teng, qalinligi esa  $d_1=1 \text{ mm}$  bo'lgan metall plastinka kondensator qoplamalari orasiga kiritilsa, kondensator qoplamalaridagi potentsiallar ayirmasi qanchaga o'zgaradi ?

10-rasmda ko'rsatilgan kondensatorlar batareyasining sig'imi kalit ulanganda o'zgarmaydi. Kondensator  $C_x$  ni sig'imi topilsin.



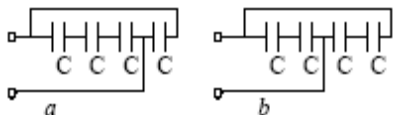
10-rasm

$C_1$  va  $C_2$  kondensatorlar kalit K yordamida tok manbaiga ulanadi. Keyin undan uzilib,  $C_3$  ga ulanadi.  $C_3$  kondensatorida paydo bo'lgan zaryad miqdori topilsin (1 l-rasm). Sig'imi  $C_1$  bo'lgan havo kondensator qoplamalari orasi dielektrik singdiruvchanligi  $r$  bo'lgan dielektrik bilan to'ldirilgan. Shu kondensator qanday sig'imdagi kondensatorga ketma-ket ulansa, hosil bo'lgan batareyaning sig'imi yana avvalgi  $C=C_1$  ga teng bo'ladi.



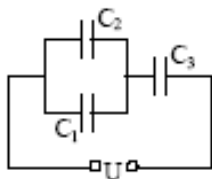
11-rasm

Bir xil sig'imga ega bo'lgan kondensatorlar batareyasini 12 a va 12 b rasmlarda ko'rsatilgan sxemadagidek ulangan. Batareyalarning qay birini sig'imi katta? 12-rasm



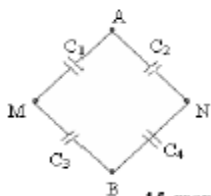
12-rasm

13-rasmda ko'rsatilgandek ulangan sxemada C2 kondensatorida "proboy" yuz bersa, ya'ni u o'tkazgichga aylanib qolsa, C3 kondensatoridagi zaryad Q va potentsiallar farqi U3 qanday va necha marta o'zgaradi?



13-rasm

14-rasmda keltirilgan sxemada C1=2 mkF, C2=5 mkF ga teng. Elektr manbai A va B yoki M va N nuqtalarga ulanishi mumkin. Tok manbaiga liq qanday usul bilan ulanganda ham kondensatorlaridagi zaryad miqdori moduli teng bo'lsa, shu C3 va C4 kondensatorlar sig'implari aniqlansin.



14-rasm

Kondensatorlarning har bir qoplamasidagi zaryad  $Q=10 \text{ nC}$ , qoplamalar orasidagi o'zaro tortishuv kuchi  $F=50 \text{ N}$ , kondensator energiyasi  $W=0.4 \text{ MJ}$  bo'lsa, qoplama orasidagi potentsiallar ayirmasi U va ular orasidagi masofa d topilsin.

Radiusi  $R=3 \text{ sm}$  ga teng va  $3 \text{ kV}$  gacha zaryadlangan sharni Yerga ulansa, qanday miqdorda issiqlik ajralib chiqadi ?

Yassi kondensator qoplamalarini yuzasi  $S=300 \text{ sm}^2$ . Kondensator  $U=1000 \text{ V}$  gacha zaryadlangan, qoplamalar orasidagi masofa  $d=4 \text{ sm}$ . Kondensator qoplamalari orasiga dielektrik shisha kiritilgan.

Kondensator maydonining energiyasi va energiya zichligi topilsin.

Kerosinga botirilgan sharning potentsiali  $4500 \text{ V}$ , zaryadning sirt zichligi  $11 \text{ mkC/m}$ . Sharning energiyasi topilsin.

Yassi kondensator qoplamalari orasidagi o'zaro tortishuv kuchi  $F=0.04 \text{ N}$ . Qoplamalari har birining yuzasi  $S=100 \text{ sm}^2$ . Kondensator maydonining energiyasining hajmiy zichligi topilsin.

Yassi kondensator qoplamalarining har birining yuzasi  $S=100 \text{ sm}^2$ , ular orasidagi potentsiallar ayirmasi  $U=280 \text{ V}$ . Qoplamalaridagi zaryadning sirt zichligi  $\sigma=498 \text{ nC/m}$ . Kondensator maydonining energiyasi va qoplamalar orasidagi tortishuv kuchi topilsin.

Sig'implari  $C_1=1 \text{ mkF}$ ,  $C_2=2 \text{ mkF}$ ,  $C_3=3 \text{ mkF}$  bo'lgan kondensatorlar kuchlanishi  $U=1.1 \text{ kV}$  ga teng bo'lgan zanjirga parallel ulangan. Kondensatorlardan tuzilgan batareyaning maydon energiyasi topilsin?

Yassi havo kondensator qoplamalarining yuzasi  $S=100 \text{ sm}^2$ , ular orasidagi masofa  $d=5 \text{ sm}$ . Kondensator zaryadlanganda  $W=4.19 \text{ mJ}$  issiqlik ajralgan bo'lsa, kondensatorning qoplamalari orasida qanday potentsiallar ayirmasi bo'lgan?

Sig'implari  $C_1=1 \text{ mkF}$ ,  $C_2=2 \text{ mkF}$ ,  $C_3=3 \text{ mkF}$  ga teng bo'lgan kondensatorlar kuchlanishi  $U=1.1 \text{ kV}$  manbaga ketma-ket ulangan. Har bir kondensatorning energiyasi  $W_1, W_2, W_3$  topilsin ?

Yassi kondensatorlar qoplamalari (yuzasi  $S=300 \text{ sm}$ , oralaridagi masofa  $d=1 \text{ mm}$ ) orasi slyuda ( $\epsilon=7$ ) bilan to'ldirilgan.  $U=15 \text{ kV}$  potentsiallar ayirmasigacha zaryadlangan kondensatorning qoplamalari razryadlanganda, qancha issiqlik ajralib chiqadi?

Yassi kondensator qoplamalari orasidagi masofa  $d=2 \text{ mm}$ , ular orasiga qo'yilgan kuchlanish  $U=600 \text{ V}$ . Har bir qoplamada  $Q=40 \text{ nC}$  zaryad bor. Qoplamalar orasidagi tortishuv kuchi F va kondensator maydoning energiyasi W topilsin.

Har bir sig'imi  $C_0=4 \text{ mF}$  bo'lgan va o'zaro parallel ulangan 20 ta kondensatorlar batareyasi zaryadlansa,  $W=20 \text{ J}$  issiqlik ajraladi. Kondensatorlar qanday potentsiallar ayirmasigacha zaryadlangan?

10 kV gacha zaryadlangan va  $W=2.602 \text{ J}$  energiyaga ega bo'lgan shardagi zaryad miqdori topilsin.

Sferik kondensator qoplamalarining radiusi  $R_1=1 \text{ m}$  va  $R_2=2 \text{ m}$ . Kondensator qoplamalari orasidagi maydon energiyasi  $W=20.2 \text{ mJ}$  ga teng. Kondensatordagi zaryad miqdori topilsin.

Har birining yuzasi  $S=100 \text{ sm}^2$  ga teng bo'lgan yassi kondensator qoplamalari orasiga  $U=280 \text{ V}$  potentsiallar ayirmasi qo'yilgan. Kondensator elektr maydoni kuchlanganligi  $E=560 \text{ V/sm}$ . Kondensator maydonining energiyasi topilsin.

Manbadan uzilgan zaryadlangan yassi kondensator qoplamalari oralig'i ikki marta kamaytirilganda, uning maydon energiyasi necha marta o'zgaradi?

Izolyator vazifasini bajaruvchi parafin shimdirilgan qog'oz ( $\epsilon=2$ ) qoplamalari oralig'i  $d=2 \text{ mm}$  bo'lgan yassi kondensator qoplamalari orasiga kiritilgan. Qoplamalarga  $U=200 \text{ V}$  kuchlanish qo'yilgan maydon energiyasining zichligi  $w$  topilsin ?

## 22 – AMALIY MASHG'ULOT

### O'ZGARMAS ELEKTR TOKIGA DOIR MASALALAR YECHISH

#### MASALA YECHISH NAMUNALARI

Агар мисс симда электронлар контсентратсияси  $3 \cdot 10^{23} \text{ см}^{-3}$ , уларнинг тартибли харакатининг ўртача тезлиги  $0,25 \text{ Мм/с}$  ва симнинг кўндаланг кесим юзи  $85 \text{ мм}^2$  бўлса, троллейбус тармоғининг контакт мисс симидаги токкучини аниқланг.

Агар кўндаланг кесимининг юзи  $105 \text{ мм}^2$ , токкучи  $500 \text{ Абўлган}$  ўтказгичда ўтказувчанлик электронларининг тартибли харакати ўртача тезлиги  $0,1 \text{ Мм/с}$  бўлса, симнинг ўтказувчанлик электронларининг контсентратсиясини аниқланг.

Энергия истеъмолчиситокманбаидан  $0,5 \text{ км}$  софада жойлашган ва у билан кўндаланг кесимининг юзи  $5 \text{ мм}^2$  бўлган ўтказгич билан туташтирилган. Истеъмолчи  $1 \text{ км}$  узокқак ўчирилди.

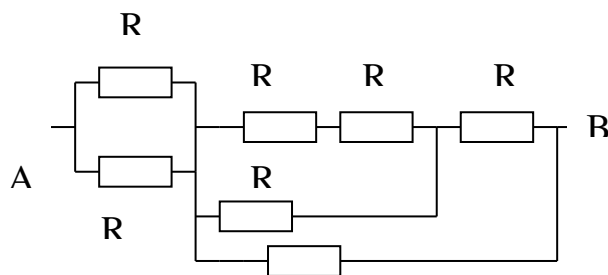
Линияда кучланиш тушиши аввалгидек қолиши учун қандай кўндаланг кесимдаги ўтказгич олиниши керак?

$45 \text{ В}$  кучланиш ва  $10 \text{ А}$  токкучига мўлжаллангани электр ёи  $110 \text{ В}$  ли кучланиш тармоғига уланди. Агар туташтирувчи симнинг қаршилиги  $0,5 \text{ Ом}$  бўлса, зарур бўлган қўшимча қаршилиқни аниқланг.

Занжир кетма-кетуланган учтасимдани борат бўлиб,  $24 \text{ В}$  кучланиш лиманбага уланган. Биринчи ўтказгичнинг қаршилиги  $4 \text{ Ом}$ , иккинчисиники  $6 \text{ Ом}$ , учинчи ўтказгич учларидаги кучланиш  $4 \text{ В}$ .

Занжирдаги токкучини, учинчи ўтказгич қаршилигини ва биринчи ҳамда иккинчи ўтказгич учларидаги кучланишларни топинг.

1-расмда электр занжирининг схемаси берилган. Кучланиш  $U_{AB}=220 \text{ В}$ . Умумий токкучини ва параллел тармоқлардаги токкучини аниқланг. Бу ерда  $R_1=12 \text{ Ом}$ ,  $R_2=4 \text{ Ом}$ ,  $R_3=5 \text{ Ом}$ ,  $R_4=7 \text{ Ом}$ ,  $R_5=13 \text{ Ом}$ ,  $R_6=4 \text{ Ом}$ ,  $R_7=16 \text{ Ом}$ ,



Электр ўтказувчанлик  $G$  қаршилиқка тескари  $R$  ўрсинал:  $G = \frac{1}{R}$ . Ўлчов бирлиги ҳам қаршилиқ бирлиги  $\text{Ом}$  га тескари бўлиб, сименс ( $\text{Sm}^{-1}$ )-расм и. Агар электр кучланиш  $12,0 \text{ В}$ , ундан ўтаётган ток  $800 \text{ mA}$  бўлса, жисмнинг ўтказувчанлиги (сименсларда) нечага тенг?

Ички радиуси  $R_1$ , ташқи радиуси  $R_2$  ва узунлиги  $L$  бўлган ичи ковак цилиндр шаклидаги резистор (қаршилиқ)нинг солиштирма қаршилиги  $\rho$  га тенг. а) Ташқи ва ички радиусларини ҳисобга олиб, ток учун ҳисобланган қаршилиги қуйидагига тенг:  $R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{R_2}{R_1}$ . (Изоҳ: цилиндр қатламига қаранг ва

интегралланг). б) Агар  $R_1 = 1,0 \text{ mm}$ ,  $R_2 = 1,8 \text{ mm}$ ,  $L = 1,0 \text{ sm}$  бўлса, углерод учун ресистор қаршилигини  $t$  ҳисобланг. в) Агар ток ресистор ўқи бўйлаб оқаётган бўлса, худди шу параметрлар учун ресистор қаршилигини топинг.

Ички радиуси  $r_1$ , ташқи радиуси  $r_2$  ва солиштирма ўтказувчанлиги  $\sigma$  бўлган ичи ковакшаршаклидаги ресистор (қаршилиқ)нинг солиштирма қаршилиги  $\rho$  га тенг бўлган ўтказгичнинг қаршилигини ҳисоблаш формуласи келтириб чиқаринг.

Ҳайдовчи машинаси фарасини ўчиришни ёдидан чиқарди. Машина олд фараларининг ҳар бирининг қуввати  $40 \text{ W}$  дан, орқа чироқларининг ҳар бири  $6 \text{ W}$  дан бўлса (*jami*  $92 \text{ W}$ ), у ҳолда янги зарядланган  $12 \text{ V}$  кучланишли  $45 \text{ A} \cdot \text{soat}$  сифимли аккумулятор қанча вақт чироқларни ёқиб тура олади (Ҳар бир лампага  $12 \text{ V}$  кучланиш берилади деб ҳисобланг)? Тўлиқ зарядланган  $12 \text{ V}$  кучланишли  $50 \text{ A} \cdot \text{soat}$  сифимли аккумуляторда қанча электр энергия тўпланган?

Симоб литок манбаининг ички қаршилиги ва ЭЮК И мосравишда  $0,030 \text{ Ohm}$ , ва  $1,35 \text{ V}$  га тенг. Куруқ ток манбаининг ЭЮК  $1,5 \text{ V}$ , ички қаршилиги  $0,35 \text{ Ohm}$  га тенг. Нима учун қуввати  $2 \text{ W}$ , мўлжалланган кучланиши  $4,0 \text{ V}$  бўлган эшитиш мосламасини ишлатишда уста симобли ток манбалари, учта куруқ манбаларга қараганда яхшироқ ишлашини ташунтиринг?

## 23 – AMALIY MASHG'ULOT

### TURLI MUHITLARDA ELEKTR TOKIGA DOIR MASALALAR YECHISH

#### MASALA YECHISH NAMUNALARI

Razryad trubkaning  $10 \text{ sm}$  oraliqdagi elektrodlariga  $5 \text{ volt}$  potentsiallar ayirmasi berilgan. Trubka ichidagi gaz ionlashib, unda  $1 \text{ m}^3$  hajmdagi juft ionlar soni  $10^8$  ga teng. Ionlar harakatchanligi  $u_+ = 3 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{v} \cdot \text{sek}$  va  $u_- = 3 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{v} \cdot \text{sek}$ . 1) trubkadagi tok zichligi va 2) musbat ionlar orqali to'la tokning qancha qismi o'tishini toping.

Ionizatsion kamera elektrodleri har birining yuzi  $100 \text{ sm}^2$  va ular oralig'i  $6,2 \text{ sm}$ . Agar ionizator  $1 \text{ sm}^3$  hajmda sekundiga har qaysi ishorali iondan  $10^9$  tadan hosil qilsa, kameradagi to'yinish toki qanchaga teng? Ionlar bir valentli deb hisoblansin.

Oldingi masaladagi rekombinatsiya koeffitsienti  $10^{-6}$  bo'lgan holda kameraning  $1 \text{ sm}^3$  hajmida hosil bo'lishi mumkin bo'lgan juft ionlar soni topilsin.

Uzunligi  $84 \text{ sm}$  va ko'ndalang kesimining yuzi  $5 \text{ mm}^2$  bo'lgan trubka, har bir  $\text{sm}^3$  muvozanat holda  $10^7$  juft ionli iolashtirilgan havo bilan to'ldirilgan. Ionlarning harakatchanligi  $u_+ = 1,3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{v} \cdot \text{sek}$  va  $u_- = 1,8 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{v} \cdot \text{sek}$  bo'lgandagi trubkaning qarshiligi topilsin. Ionlar bir valentlik deb hisoblansin.

2-masalada ko'rsatilgan ionizatsion kameradagi elektrodlar potentsiallarining ayirmasi  $20 \text{ v}$  bo'lsa, bu elektrodlar orasidan qancha tok oqadi? Ionlarning harakatchanligi  $u_+ = u_- = 1 \text{ sm}^2/\text{v} \cdot \text{sek}$  va rekombinatsiya koeffitsienti  $\alpha = 10^{-6}$ . Topilgan tok to'yinish tokining qancha qismini tashkil qiladi?

Elektronlar eng kam qanday tezlik bilan harakatlanganda vodorod atomini ionlashtira oladi? Vodorod atomining ionizatsiya potentsiali  $13,5 \text{ v}$ .

Qanday temperaturada simob atomlari ionizatsiya uchun yetarli darajada ilgariylanma harakat o'rtacha kinetic energiyasiga ega bo'ladi? Simob atomining ionizatsiya potentsiali  $10,4 \text{ v}$ .

Geliy atomining ionizatsiya potentsiali  $24,5 \text{ v}$ . ionizatsiya ishi topilsin.

1) Seziy va 2) platinadan ajralib chiqishi uchun bu materialdagi erkin elektronlar tezligi kami bilan qancha bo'lishi kerak?

$24000 \text{ K}$  temperaturadagi volfram temperaturasini yana  $1000 \text{ K}$  ga orttirilganda solishtirma termoelektron emissiya necha marta ko'payadi.

Toriy aralashgan volframdan yasalgan katodning ish temperaturasi  $18000 \text{ K}$  bo'lgandagi solishtirma emissiyasi shu temperaturadagi sof volframdan yasalgan katodning solishtirma emissiyasidan necha marta ko'p bo'ladi? Emissiya doimiysi  $B$  sof volfram uchun  $60 \text{ a}/\text{sm}^2 \cdot \text{grad}^2$ , toriy aralashgan volfram uchun esa  $3 \text{ a}/\text{sm}^2 \cdot \text{grad}^2$  deb olinsin.

Sof volfram  $T = 25000 \text{ K}$  temperaturada beradigan miqdordagi solishtirma emissiyani toriy aralashgan volfram qanday temperaturada berishi mumkin? Kerakli malumotlar oldingi masaladan olinsin.

## 24 – AMALIY MASHG'ULOT

### MAGNIT MAYDONIGA DOIR MASALALAR YECHISH

Bio-Savar-Laplas qonuni

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \left[ d\vec{l}_1 \vec{r} \right] \frac{I}{r^3},$$

yoki  $d\vec{B}$  ning moduli

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I \cdot \sin \alpha}{r^2} dl$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Gn/m} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2} \text{ -magnit doimiysi, } \mu \text{ - magnit}$$

singdiruvchanlik (bo'shliq uchun  $\mu = 1$ ),  $dl$  -o'tkazgich elementi,  $I$  -tok kuchi,  $r_0$  - o'tkazgich elementi markazidan qaralayotgannuqttagacha bo'lgan masofa,  $\alpha = d\vec{l}$  va  $\vec{r}$  lar orasidagi burchak.

Magnit maydon induksiyasi  $\vec{B}$  va kuchlanganligi  $\vec{H}$  vektorlari orasidagi munosabat

$$\vec{B} = \mu\mu_0 \vec{H}$$

Tokli aylana o'tkazgich markazidagi magnit induksiyasi

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2 R}$$

R-o'tkazgichning egrilik radiusi. Cheksiz uzun tokli o'tkazgichning o'z o'qida r masofadagi nuqtada hosil qiladigan magnit maydon induksiyasi

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2 r}$$

O'tkazgich bo'lagi hosil qiladigan magnit maydon induksiyasi (68-rasm)

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi r_0} (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2)$$

O'tkazgich uchlari magnit induksiyasi aniqlanayotgan nuqtaga nisbatan simmetrik joylashgan bo'lsa -  $\cos \varphi_2 = \cos \varphi_1 = \cos \varphi$  bo'ladi. Solenoid o'zining o'rta qismida (toroid o'z o'qida) hosil qiladigan magnit maydon induksiyasi

$$B = \mu_0 \mu n I.$$

Magnit maydonining superpozitsiya prinsipi

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$$

Xususiyl holda ikkita maydon uchun quyidagi o'rinli

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 - 2B_1 B_2 \cos \alpha}$$

$\alpha$  -  $\vec{B}_1$  va  $\vec{B}_2$  lar orasidagi burchak.

Amper qonuni

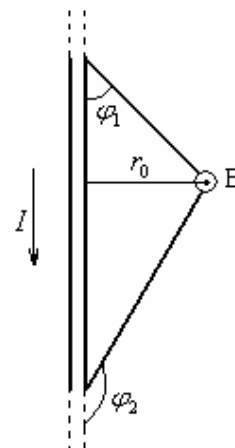
$$\vec{F} = I[\vec{l} \cdot \vec{B}],$$

yoki  $\vec{F}$  vektorning moduli

$$F = I B \sin \alpha$$

$\alpha$  -  $\vec{l}$  va  $\vec{B}$  vektorlar orasidagi burchak.

Bir-biridan  $d$  masofada joylashgan,  $I_1$  va  $I_2$  tok oqayotgan parallel o'tkazgichlarning  $l$  -uzunlikli bo'lagiga to'g'ri keluvchi ta'sir kuchi



68-rasm

$$F = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 l}{2\pi d}$$

Tokli konturning magnit momenti

$$\vec{P}_m = I \cdot \vec{S}$$

va unga ta'sir etadigan mexanik moment

$$\vec{M} = [\vec{P}_m \cdot \vec{B}]$$

yoki

$$M = P_m \cdot B \cdot \sin \alpha$$

Bu yerda  $\vec{S}$  - yuzasi  $S$  ga teng, yo'nalishi normal bilan mos keluvchi vektor.  $\alpha$  -  $\vec{P}_m$  va  $\vec{B}$  vektorlar orasidagi burchak.

Magnit maydonidagi tokli konturning potentsial energiyasi

$$P = (\vec{P}_m \cdot \vec{B}) = P_m \cdot B \cdot \cos \alpha$$

va unga ta'sir etadigan kuch

$$F = P_m \cdot \frac{\partial B}{\partial x} \cdot \cos \alpha$$

Lorents kuchi

$$\vec{F} = q[\vec{V} \cdot \vec{B}]$$

yoki

$$F = q \mathcal{B} \sin \alpha$$

$\vec{V}$  -  $q$  zaryadning harakat tezligi,  $\alpha$  -  $\vec{V}$  va  $\vec{B}$  vektorlar orasidagi burchak.

## MASALA YECHISHGA MISOLLAR

1-misol.  $0,2m$  radiusli ingichka o'tkazuvchi xalqadan qanday  $I$  tok oqqanda, xalqaning hamma nuqtalaridan bir xil  $0,3m$  uzoqlikdajoylashgan nuqtada magnit maydon induksiyasi  $2mkTl$  ga teng bo'ladi?

Berilgan:

$$R = 0,2m;$$

$$r = 0,3m;$$

$$B_A = 20mkTl = 2 \cdot 10^{-5} Tl.$$

$$I = ?$$

Yechish: A nuqtadagi magnit maydon induksiyasi xalqaning har bir  $I d\vec{l}$  tok elementi hosil qiladigan induksiyalarning yig'indisidan iborat (superpozitsiya prinsipi), ya'ni

$$\vec{B}_A = \int_L d\vec{B} \quad (1)$$

Integrallash xalqa uzunligi bo'ylab bajariladi.  $d\vec{B}$  ni  $d\vec{B}_\perp$  va  $d\vec{B}_\parallel$  tashkil etuvchilarga ajratamiz. 69-rasmdan ko'rinib turibdiki, simmetriklik shartlaridan xalqaning barcha elementlari uchun

$$\int_L d\vec{B}_\parallel = 0$$

Demak,

$$\vec{B}_A = \int_L (d\vec{B}_\perp + d\vec{B}_\parallel) = \int_L d\vec{B}_\perp \quad (2)$$

Shubilanbirga  $d\vec{B}_\perp = dB \cdot \cos \beta$ . O'z navbatida

$$\cos \beta = \frac{R}{r} \quad (3)$$



Shundayqilib, (2) -yordamida (1)-niyozsak

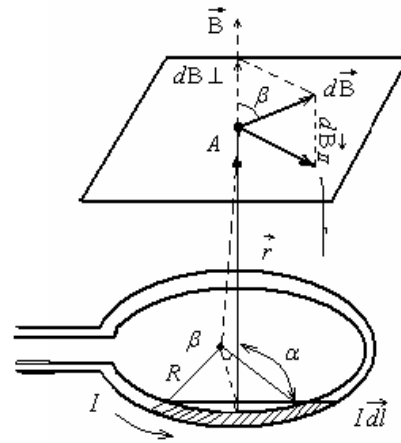
$$B_A = \int_L dB \cdot \cos \beta \quad (4)$$

$Idl$  - tok elementining A nuqtada hosil qiladigan magnit maydon induksiyasi  $dB$  ni Bio-Savar-Laplas formulasi

$$dB = \frac{\mu_0 \mu I \cdot \sin \alpha}{4\pi r^2} \cdot dl \quad (5)$$

yordamida aniqlaymiz. Mazkur masalada  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  ligidan

(69-rasmga qarang)  $\sin \alpha = 1$ . Shuningdek,  $\mu = 1$



69-rasm

Endi (5)-ni (4)-ga qo'yib va xalqa uzunligi  $L = 2\pi R$  ekanligini e'tiborga olsak

$$B_A = \int_0^{2\pi R} \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} \cdot \cos \beta \cdot dl = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} \cos \beta \int_0^{2\pi R} dl = \frac{\mu_0 I \cdot \cos \beta}{4\pi r^2} \cdot 2\pi R$$

(3)-dan foydalanib yozamiz

$$B_A = \frac{\mu_0 IR^2}{2r^3} \quad (6)$$

(6)-dan  $I$  ni topib olamiz

$$I = \frac{2r^3 B_A}{\mu_0 R^2} \quad (7)$$

$I$  -ning birligini tekshirib ko'ramiz

$$[I] = \frac{[r]^3 \cdot [B]}{[\mu_0] \cdot [R]^2} = \frac{1m^3 \cdot 1Tl}{1 \frac{N}{A^2} \cdot 1m^2} = 1 \frac{A^2 \cdot m}{N} \cdot \frac{N}{A \cdot m} = 1A$$

Kattaliklarning qiymatlarini qo'yib olamiz

$$I = \frac{2 \cdot (0,3)^3 \cdot 2 \cdot 10^{-5}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot (0,2)^2} A = 21,5A \quad \text{Javob: } I = 21,5A$$

#### MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

Maydonning vakuumdagi magnit induksiyasi  $10mTl$  bo'lsa, magnit maydon kuchlanganligi  $N$  aniqlansin.

$$[7,96 \frac{kA}{m}]$$

$10A$  tok oqayotgan ingichka xalqa markazidagi magnit induksiya topilsin. Xalqaning radiusi  $5sm$ .

$$[126mkTl]$$

Uzunligi  $20sm$  bo'lgan g'altak  $100$  o'ramdan iborat. G'altak cho'lg'amidan  $5A$  tok oqmoqda. G'altakning diametri  $20sm$ . G'altak uchidan  $10sm$  masofada va uning o'qida yotuvchi nuqtadagi magnit induksiyasi aniqlansin.

$$[606mkTl]$$

Ikkita uzun, parallel simlar bir-biridan  $5sm$  masofada turibdi. Simlarning har biridan qarama-qarshi yo'nalishlarda bir xil  $10A$  tok oqmoqda. Simlarning biridan  $2sm$ , ikkinchisidan  $3sm$  masofada turgan

nuqtadagi magnit maydon kuchlanganligi topilsin.  $[132 \frac{A}{m}]$

Teng tomonli uchburchak ko'rinishidagi konturdan  $40A$  tok oqmoqda. Uchburchak tomonining uzunligi

$$30sm. \text{ Balandliklari kesishadigan nuqtadagi magnit maydon induksiyasi aniqlansin. } [240mkTl]$$

Elektron,  $0,02Tl$  induksiyali magnit maydonida  $10sm$  radiusli aylana bo'ylab harakatlanmoqda.

Elektronning kinetik energiyasi aniqlansin.  $[0,35MeV]$

Agar proton induksiyasi  $15mTl$  bo'lgan magnit maydonida  $10^6 m/s$  tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa, proton traektoriyasining egrilik radiusi aniqlansin.  $[1,39m]$

$1,5MeV$  kinetik energiyali elektron bir jinsli magnit maydonida aylanma orbita bo'ylab harakatlanmoqda.

Agar maydon induksiyasi  $0,02Tl$  bo'lsa, elektronning aylanish davri aniqlansin.  $[7,02ns]$

Qo'sh simli elektron uzatish sistemasi bir-biridan  $4mm$  masofada turgan uzun, parallel to'g'ri simlardan iborat. Agar simlardan teng  $50A$  dan tok oqayotgan bo'lsa, ularning birlik uzunligiga to'g'ri keluvchi o'zaro ta'sir kuchi topilsin.  $[0,125 N/m]$

O'ramning magnit momenti  $0,2 J/Tl$ , diametri  $10sm$  bo'lsa, undagi tok kuchi topilsin.  $[25,5A]$

$10sm$  radiusli ingichka xalqada  $10nKl$  zaryad bor. Xalqa o'z markazidan o'tuvchi va xalqa tekisligiga tik yo'nalgan o'qqa nisbatan  $10s^{-1}$  chastota bilan bir tekis aylanadi. Xalqa hosil qiladigan aylanma tokning magnit momenti topilsin.  $[3,14nA \cdot m^2]$

Uzunligining har bir santimetrda 5 tadan o'ram bo'lgan uzun to'g'ri solenoid magnit meridiani tekisligiga tik holatda joylashgan. Solenoidning ichida, uning o'rta qismida Yerning magnit maydoni bo'ylab joylashgan magnit strelkasi turibdi. Solenoiddan tok o'tganida strelka  $60^0$  ga burildi. Tok kuchi topilsin.  $[55mA]$

## 25 – AMALIY MASHG'ULOT

### ELEKTROMAGNIT INDUKSIYA HODISASIGA DOIR MASALALAR YECHISH

Magnit maydonda tokli konturni ko'chirishda bajarilgan ish

$$A = I \cdot \Delta\Phi$$

bunda  $\Delta\Phi$  - kontur bilan chegaralangan sirtga singuvchi magnit oqimining o'zgarish; I- konturdagi tok kuchi.

Elektromagnit induksiya hodisasi uchun Faradey qonuni:

$$\varepsilon_i = -N \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\psi}{dt}$$

$\varepsilon_i$  - induksiya EYuK, N -konturdagi o'ramlar soni;  $\psi$  - oqim ilashuvi.

Xususiy hollar:

a) bir jinsli magnit maydonida  $\mathcal{G}$  tezlik bilan harakatlanayotgan l uzunlikli o'tkazgich uchlaridagi potentsiallar farqi

$$U = B \cdot l \cdot \mathcal{G} \cdot \sin \alpha;$$

$\alpha$  -  $\vec{V}$  va  $\vec{B}$  lar orasidagi burchak;

б) N ta o'ramdan iborat kesim yuzasi S bo'lgan ramkaning B induksiyali bir jinsli magnit maydonida  $\omega$  burchak tezlik bilan aylanishida ramkada vujudga keladigan EYuK

$$\varepsilon_i = B \cdot N \cdot S \cdot \omega \sin \omega t$$

Konturdanoqayotganzaryadmiqdori

$$Q = \frac{\Delta\Psi}{R}$$

R -konturning qarshiligi,  $\Delta\Psi$  - oqim ilashuvining o'zgarishi.

Yopiq konturda vujudga keladigan o'zinduksiya EYuK

$$\varepsilon_i = -L \frac{dI}{dt}, \text{ yoki } \langle \varepsilon_i \rangle = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$\frac{dI}{dt}$  yoki  $\frac{\Delta I}{\Delta t}$  - tok kuchining o'zgarishi,  $L$  - kontur induktivligi

Aktiv qarshilik  $R$  va induktivlik  $L$  ga ega zanjirdagi tok kuchi  $I$  ning oniy qiymati:

a) zanjir ulanishidan keyin

$$I = \frac{\mathcal{E}}{2} (1 - e^{-\frac{R}{L}t})$$

b) zanjir uzilishidan keyin

$$I = I_0 e^{-\frac{R}{L}t}$$

$\mathcal{E}$  - EYuK  $I_0$  - boshlang'ich tok kuchi  $t$  - vaqt.

## MASALALAR YECHISHGA MISOLLAR

1-misol. 0,01 Tl induksiyali bir jinsli magnit maydonida, induksiya chiziqlariga perpendikulyar ravishda 8 sm uzunlikli to'g'ri o'tkazgich turibdi. O'tkazgichdan 2 A tok oqadi. O'tkazgich maydon kuchlari ta'sirida 5 sm masofaga siljidi. Maydon kuchlarining ishi topilsin.

Berilgan:

$$B = 0,01 \text{ Tl} = 10^{-2} \text{ Tl};$$

$$l = 8 \text{ sm} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m};$$

$$I = 2 \text{ A};$$

$$d = 5 \text{ sm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}.$$

$A = ?$

Yechish: Magnit maydondagi tokli o'tkazgichning siljishida maydon kuchlari bajargan ish

$$A = I \Delta \Phi \quad (1)$$

ifodadan topiladi.  $\Delta \Phi$  o'tkazgich siljishida u kesib o'tadigan yuzaga singuvchi magnit oqimi

$$\Delta \Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha = B \cdot l \cdot d \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

Bu yerda  $S = l \cdot d$  - o'tkazgich kesib o'tadigan yuza. Shu bilan birga  $S$  ning normali va  $V$  vektor orasidagi burchak  $\alpha = 0$  ekanligidan  $\cos \alpha = 1$ . Unda (1)-quyidagi ko'rinishni oladi:

$$A = I \cdot B \cdot l \cdot d \quad (3)$$

$$[A] = [I][B][l][d] = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ Tl} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ A} \cdot \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}} \text{ m}^2 = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ J}$$

Kattaliklarning qiymatlarini qo'yib olamiz

$$A = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 8 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \text{ J} = 80 \cdot 10^{-6} \text{ J} = 80 \text{ mkJ}$$

Javob:  $A = 80 \text{ mkJ}$ .

2-misol. Induksiyasi 0,4 Tl bo'lgan bir jinsli magnit maydonining kuch chiziqlariga perpendikulyar tekislikda 10 sm uzunlikni tayoqcha aylanmoqda. Aylanish o'qi tayoqcha uchlarining biridan o'tadi. Agar aylanish chastotasi 16 s<sup>-1</sup> bo'lsa, tayoqcha uchlaridagi potentsiallar farqi aniqlansin.

Berilgan:

$$B = 0,4 \text{ Tl};$$

$$l = 10 \text{ sm} = 0,1 \text{ m};$$

$$n = 16 \text{ s}^{-1}.$$

$u = ?$

Yechish: Elektromagnit induksiya hodisasiga asosan bir jinsli magnit maydonida harakatlanayotgan o'tkazgich uchlarida hosil bo'ladigan potentsiallar farqi quyidagicha aniqlanadi:

$$u = B \cdot l \cdot \mathcal{G} \sin \alpha \quad (1)$$

Masalaning shartiga ko'ra,  $\vec{V} \perp \vec{B}$  ya'ni  $\alpha = \frac{\pi}{2}$ ,  $\sin \alpha = 1$ .

Tayoqchani chiziqli tezligini quyidagicha aniqlaymiz:

$$\mathcal{G} = \omega \cdot l = 2\pi n l \quad (2)$$

Bu yerda aylanish o'qi tayoqcha uchidan o'tganligi va  $\omega = 2\pi n$  ligi e'tiborga olindi. Shunday qilib,

$$u = 2\pi n l^2 B \quad (3)$$

ni hosil qilamiz.

$$[u] = [n][l]^2[B] = 1 \text{ s}^{-1} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ Tl} = 1 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}} = 1 \frac{\text{m} \cdot \text{N} \cdot \text{s}}{\text{s} \cdot \text{C}} = 1 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{C}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}} = 1 \text{ V}$$

Kattaliklarning qiymatlarini (3) ga qo'yib topamiz

$$u = 2 \cdot 3,14 \cdot 16 \cdot (0,1)^2 \cdot 0,4V \approx 0,4V$$

Javob:  $u = 0,4V$

### MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Yuzasi 300 sm<sup>2</sup> bo'lgan yassi kontur 0,01 Tl induksiyali bir jinsli magnit maydonida turibdi. Kontur yuzasi induksiya chiziqlariga tik yo'nalgan va undagi 10 A tok o'zgarmaydi. Tokli konturni fazoning magnit maydoni bo'lmagan sohasiga ko'chirishdagi tashqi kuchlarning ishi aniqlansin. [3 mJ]

2. 20 A tok oqayotgan xalqa 16 m Tl induksiyali bir jinsli magnit maydonida erkin o'rnashgan. Xalqaning

diametri 10 sm. Xalqaning diametri bilan mos keluvchi o'qqa nisbatan sekingina  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  burchakka burish uchun qanday ish bajarish kerak? [2,5 mJ]

3. Uzunligi 40 sm bo'lgan to'g'ri sim  $\frac{5m}{s}$  tezlik bilan induksiya chiziqlariga tik ravishda bir jinsli magnit maydonda harakatlanmoqda. Sim uchlaridagi potentsiallar farqi 0,6V. Magnit maydon indukiyasi Bhisoblansin. [0,3 Tl.]

4. 1000 ta o'ramdan iborat ramka 0,1 Tl induksiyali bir jinsli magnit maydonida 10s-1 chastota bilan bir tekis aylanadi. Ramkaning yuzasi 150 sm<sup>2</sup>. Ramkaning 300 burilish burchagiga mos keluvchi EYuK ning oniy qiymati aniqlansin. [1V]

5. Yuzasi 100 sm<sup>2</sup> bo'lgan ramka 12 Om qarshilikli 1000 ta o'ramdan iborat. Cho'lg'am uchlariga 20 Om tashqi qarshilik ulangan. Agar ramka induksiya 0,1Tl bo'lgan bir jinsli magnit maydonida 8s-1 chastota bilan aylanayotgan bo'lsa, zanjirdagi tokning maksimal quvvati topilsin. [78,9 Vt]

6. 1 kA tok oqayotgan uzun to'g'ri o'tkazgichdan 1 m masofada 1 sm radiusli xalqa turibdi. Xalqa unga singadigan magnit oqimi eng ko'p bo'ladigan holatda joylashgan. Agar xalqaning qarshiligi  $10\Omega$  bo'lsa, to'g'ri o'tkazgichdagi tok uzilganda xalqadan oqadigan elektr miqdori aniqlansin. [62,8 mC]

7. Uzun to'g'ri o'tkazgichdan tok oqmoqda. O'tkazgich yonida  $0,02\Omega$  qarshilikli ingichka simdan qilingan kvadrat ramka joylashgan. O'tkazgich ramka tekisligida yotibdi va uning 10 sm, 20 sm masofadagi ikki tomoniga parallel. Agar tok o'tkazgichga tok ulanganda ramka orqali 693 mk C zaryad miqdori oqib o'tsa, o'tkazgichdagi tok kuchi topilsin. [1000A]

8. Reostat yordamida g'altakdagi tok kuchi 1 s davomida 0,1 A dan bir tekisda orttiriladi. G'altakning induktivligi 0,01Gn. O'zinduksiya EYuK ning o'rtacha qiymati topilsin. [1 mV.]

9. Tok manbaini 1Gn induktivlikli va  $10\Omega$  qarshilikli g'altakka tutashtirdilar. Qancha vaqt o'tgandan keyin tutashtirish toki, tok kuchining 0,9 chegaraviy qiymatiga erishadi. [0,23s.]

10. Zanjir  $10\Omega$  qarshilikli va 1 Gn induktivlikli g'altakdan iborat. Tok manbaini zanjirni uzmasdan turib ajratish mumkin. Tok kuchiqancha  $\Delta t$  vaqt o'tgandan keyin boshlang'ich qiymatining 0,001 qismigacha kamayadi. [0,69 s]

### 26 – AMALIY MASHG'ULOT

#### UYURMALI ELEKTR MAYDONIGA DOIR MASALALAR YECHISH

• Lorens kuchi – magnit maydonida  $v$  tezlik bilan harakatlanayotgan q zaryadli zarrachaga maydon tomonidan ta'sir qiluvchi kuchdir.

$$F_L = qvB \sin \alpha ; \alpha - v \text{ va } B \text{ vektorlari orasidagi burchak.}$$

• Musbat ishorali zaryadga ta'sir qiluvchi Lorens kuchining yo'nalishi chap qo'l qoidasi asosida topiladi. Chap qo'lning to'rt barmog'i tezlik vektori ( $v$ ) bo'yicha yo'naltiriladi, induksiya vektori (B) kaftgakiradi. U holda bosh barmoq yo'nalishi Lorens kuchining yo'nalishini ko'rsatadi. Manfiy zaryadga ta'sir qiluvchi Lorens kuchining yo'nalish musbat zaryadga nisbatan qarama-qarshi yo'nalishda bo'ladi.

• Lorens kuchi ish bajarmaydi. Lorens kuchini bajargan ishi nolga teng.

• Lorens kuchi tezlik vektorining yo'nalishini o'zgartiradi. Son qiymatini esa o'zgartirmaydi.

• Bir jinsli magni tmaydoniga tik (perpendikulyar) ravishda  $v$  tezlik bilan uchib kirgan q zaryadli zarracha Lorens kuchi ta'sirida aylana trayektoriya bo'ylab harakat qiladi, aylana radiusi R, aylanish davri T quyidagicha topiladi.

$$R = \frac{m \cdot v}{qB}; \quad T = \frac{2\pi \cdot m}{qB};$$

• Zaryad potentsiallar farqi U ga teng bo'lgan tezlatuvchi elektr maydonidan o'tib magnit maydoniga tik ravishda uchib kirsam,

$$R = \sqrt{\frac{2mU}{qB^2}};$$

• Aylana radiusi R ning zaryadning kinetic energiyasi Ek ga bog'liqligi:

$$R = \frac{\sqrt{2mE_K}}{qB};$$

• Bir jinsli magnit maydoniga induksiya B vektoriga nisbatan  $\alpha$  burchak ostida  $v$  tezlik bilan uchib kirgan q zaryadli zarracha spiral (vintsimon) trayektoriya bo'ylab harakat qiladi, spiral aylanasi radiusi R quyidagicha topiladi:

$$R = \frac{mv \cdot \sin \alpha}{qB};$$

$$\frac{2\pi m}{qB} \cdot v \cos \alpha$$

• Spiral qadamining uzunligi  $\Delta l$ :  $\Delta l = \frac{2\pi m}{qB} \cdot v \cos \alpha$   
 • Induksiya vektoriga parallel uchib kirgan zaryadga Lorens kuchi tasir qilmaydi, zaryad o'zgarmas tezlik bilan to'g'ri chiziqli trayektoriya bo'ylab tekis harakat qiladi.

#### MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

- Induksiya 4 Tl bo'lgan bir jinsli magnit maydonga  $10^7$  m/s tezlik bilan induksiya chiziqlariga perpendikulyar yo'nalishda uchib kirgan elektronga ta'sir etuvchi kuchning moduli qanday (N)?
- Induksiya 0,2 Tl bo'lgan magnit maydonda induksiya chiziqlariga tik ravishda 10 Mm/s tezlik bilan harakatlanayotgan protonga qanday kuch ta'sir qilishni toping (nN). ( $q_0 = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Kl).
- Magnit kuch chiziqlariga tik yo'nalishda 2 km/s tezlik bilan harakatlanayotgan 0,4 Kl zaryadga ta'sir qilayotgan Lorens kuchi 8 N ga teng bo'lsa, magnit induksiya qanday?
- Induksiya 0,2 Tl bo'lgan magnit maydonga induksiya chiziqlariga tik ravishda electron uchib kirdi. Unga ta'sir etuvchi kuch  $0,32 \cdot 10^{-12}$  N bo'lsa, uning tezligi necha m/s bo'ladi?  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Kl.
- Induksiya 9,1 mTl bo'lgan bir jinsli magnit maydonga induksiya chiziqlariga perpendikulyar ravishda 16 Mm/s tezlik bilan uchib kirgan electron harakat traektoriyasining egrilik radiusini toping (sm).  
 $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Kl.
- Elektroninduksiya 5,6 mTl bo'lgan bir jinsli maydonga kuch chiziqlariga tik holda  $10^7$  m/s tezlik bilan uchib kirdi. U necha sm radiusli aylana chizadi?
- Induksiya 0,01 Tl bo'lgan magnit maydonda proton radiusi 10 sm bo'lgan aylana bo'ylab harakat qilsa, uning maydonga kirib kelish tezligi necha km/s?  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Kl,  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$  kg.
- Elektroninduksiya 5 mTl bo'lgan magnit maydonga uchib kirib, 4 sm radiusli aylana bo'ylab harakatlana boshlasa, uning tezligi qanday (m/s)?
- Induksiya 0,01 Tl bo'lgan magnit maydonda proton 10 sm radiusli aylana chizadi. Uning tezligini toping (m/s larda). Protonning massasi  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$  kg,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Kl.

10. Bir xil tezlikka ega bo'lgan ikkita bir xil zaryadlangan zarralar magnit maydonga kuch chiziqlariga tik yo'nalishda kirib, egrilik radiuslari  $R_2 = 3R_1$  munosabatda bo'lgan traektoriya bo'yicha harakat qila boshladilar. 2-zarra massasi  $m_2$  ning zarramassasi  $m_1$  ga nisbati  $m_2/m_1$  qanchaga teng?

11. Induksiyasi 10 mTl bo'lgan bir jinsli magnit maydonga induksiya chiziqlariga perpendikulyar ravishda 200 keV kinetic energiyali electron uchib kiradi. Elektron traektoriyasining egrilik radiusini toping.  
 $m = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$ .

12. Massa soni 28 bo'lgan kremniy izotopining bir zaryadli ionlari oqimi magnit induksiyasi 0,18 Tl bo'lgan magnit maydonga uchib kiradi va radiusi 21 sm bo'lgan aylana chizadi. Har bir ionning kinetic energiyasi necha joulga teng?

13. 500 V potentsiallar farqini o'tgan electron bir jinsli magnit maydonga induksiya chiziqlariga perpendikulyar yo'nalishda uchib kiradi. Agar magnit induksiyasi  $10^{-3}$  Tl bo'lsa, electron harakatlanayotgan aylananing radiusi necha sm bo'ladi?

14. Agar bir jinsli magnit maydonda elektronning aylanish davri 9 ns bo'lsa magnit maydon induksiyasi necha mTl bo'ladi. Elektronning zaryadi  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$ ; massasi  $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .

## 27 – AMALIY MASHG'ULOT

### ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLARGA DOIR MASALALAR YECHISH

Ўзгарувчан ток кучининг ва ўзгарувчан кучланишнинг эффектив қийматлари:

$$I_{\text{эф}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt; \quad U_{\text{эф}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt;$$

бу ерда  $T$  — токнинг даври,  $i$  ва  $u$  — ток кучи ва кучланишнинг оний қийматлари.

Синусоидал ток учун:

$$I_{\text{эф}}^2 = \frac{I^2}{2} \quad U_{\text{эф}}^2 = \frac{U^2}{2}$$

бу ерда  $I$  ва  $U$  — ток кучи ва кучланиш амплитудаси.

Элементлари кетма-кет уланган занжирнинг ўзгарувчан токка бўлган

тўла қаршилиги:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

бу ерда  $R$ ,  $L$  ва  $C$  — занжирнинг актив қаршилиги, индуктивлиги ва сифими,  $\omega$  — доиравий частота.

Ўзгарувчан токнинг қуввати:

$$N = I_{\text{эф}} U_{\text{эф}} \cos \varphi$$

бу ерда  $\varphi$  — ток билан кучланиш орасидаги фазасилжиши. Тебраниш контурвдаги эркин сўнувчи тебраннышлар даври:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left( \frac{R}{2L} \right)^2}}$$

Сўнишнинг логарифмик декременти:

$$\Theta = \frac{R}{2L} T$$

Электромагнит тебранишларнинг диэлектрик сингдирувчанлиги  $\epsilon$  ва магнит сингдирувчанлиги  $\mu$  бўлган изотроп муҳитда тарқалиш тезлиги:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$$

бу ерда электромагнит тебранишларнинг вакуумда тақалиш тезлиги.  
MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Ярим давр мобайнидаги ўртача қиймати 2,0 бўлган синусоидал токнинг эффектив қийматини топинг.
2. Даври давом этиш вақтидан 4 марта ортиқ, максимал қиймати 0,80 А бўлган тўғри бурчакли импульслардан иборат токнинг эффектив ва ўртача қийматларини топинг.
3. Томони  $a = 8,0$  см бўлган квадрат шаклидаги берк контур индукцияси  $B = 3,0 \cdot 10^{-2}$  Тл бўлган бир жинсли магнит майдонида  $\omega = 105$  рад/с бурчак тезлик билан бир текис айланмоқда. Айланиш ўқи рамка маркази орқали ўтган бўлиб, магнит индукцияси чизиқларига перпендикуляр йўналган. Контурдаги ЭЮК нинг амплитуда ва таъсир қийматларини топинг.
4. Частотаси 50 Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирида 100 Ом ли актив қаршилик билан бир хил қаршилик кўрсатадиган конденсаторнинг сифимини топинг.
5. Дросселнинг индуктивлигини аниқлаш учун уни дастлаб ўзгармас ток занжирига, сўнгра частотаси  $\nu = 50$  Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирига уланди. Дросселга электродинamik вольтметр параллел уланган. Дроссел орқали  $I = 3,0$  А ўзгармас ток утганда вольтметр  $U_1 = 1,5$  В ни,  $U_2 = 2,0$  А ўзгарувчан ток ўтганда эса  $U_2 = 120$  В ни кўрсатган бўлса, дросселнинг индуктивлигини аниқланг.
6. Кучланиши 220 В бўлган ўзгарувчан ток тармоғига кетма-кет равишда индуктивлиги 0,16 Гн бўлган ғалтак, 2,0 Ом қаршиликли ўтказгич ва 64 мкФ сифимли конденсатор уланган. Агар токнинг частотаси 200 Гц бўлса, занжирдаги ток кучини топинг. Частота қанча бўлганда кучланишлар резонанси юз беради? Бу ҳолда ток кучи ва ғалтак ҳамда конденсатор қисқичларидаги кучланиш қанча бўлади?
7. Петров ёйи эффектив кучланиш 127 В бўлган саноат частотаси ток билан таъминланади. Ёнаётган ёйнинг қаршилиги 2,0 Ом бўлганда ток кучи 20 А бўлиши учун ёйга кетма-кет уланадиган актив қаршилиги 1,0 Ом бўлган дросселнинг индуктивлиги қанча бўлиши керак?
8. 84 В кучланишда ёниб ўчадиган неон лампаси эффектив кучланиши 120 В бўлган саноат частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. Лампа чакнашлари орасидаги вақтни ва чакнаш давомлилигини топинг.
9. ПРК-2 типидagi симобли кварц лампа 180 В ишчи кучланишига ва 4,0 А эффектив ток кучига мўлжалланган дроссел орқали 50 Гц частотали ўзгарувчан кучланиш манбаига уланди. Агар дросселнинг индуктивлиги 0,10 Гн бўлса, унинг актив қаршилигини топинг.
10. Сифими 5 мкФ бўлган конденсатор ва қаршилиги 150 Ом бўлган ўтказгич кучланиши 120 В Еа частотаси 50 Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирига кетма-кет уланди. Ток кучининг максимал ва эффектив қийматларини, ток билан кучланиш орасидаги фаза силжишини ҳамда эффектив қувватни топинг.
11. Қаршилиги 150 Ом бўлган ўтказгич ва сифими 5,0 мкФ бўлган конденсатор кучланиши 120 В ва частотаси 50 Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирига параллел равишда уланган бўлса, ток кучининг эффектив қийматини, эффектив қувватни ҳамда ток билан кучланиш орасидаги фаза силжишини топинг.
12. Эффектив кучланиши 220 В бўлган ўзгарувчан ток занжирига индуктивлиги 0,50 Гн ва актив қаршилиги 10 Ом бўлган ғалтак ҳамда сифими 0,50 мкФ бўлган конденсатор кетма-кет уланган. Ток кучининг эффектив қийматини ва эффектив қувватни топинг.
13. Кетма-кет уланган конденсатор ва индуктив ғалтакдан иборат тебраниш контурининг резонанс частотаси  $\gamma_0 = 4$  кГц. Ғалтакнинг актив қаршилиги  $R = 10$  Ом, контурнинг частотаси  $\gamma = 1$  кГц бўлган гарувчан токка кўрсатаётган тўла қаршилиги  $Z = 1$  кОм бўлса, ғалтакнинг индуктивлигини топинг.
14. Сифими 0,05 мкФ бўлган зарядланган конденсатор индуктивлиги 5,0 мГн бўлган ғалтакка уланди. Ғалтак улангандан қанча вақт ўтгач конденсатордаги электр майдонининг энергияси ғалтак магнит майдонининг энергиясига тенг бўлиб қолади?
15. Конденсатор ва индуктивлиги 5,0 мГн бўлган ғалтакдан иборат тебраниш контурида электромагнит тебранишлар юзага келганда контурдаги максимал ток кучи 10 мА бўлган. Агар



конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айырмасы 50 В га етса, унинг сифимини топинг. Ғалтакнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.

16. Индуктивлиги 10 мГн бўлган ғалтак ва сифими 4,0 мкФ бўлган конденсатордан иборат тебраниш контурида электрмагнит тебранишлари вужудга кела олиши учун контур қанча қаршиликка эга бўлиши керак?

17. Тебраниш контури 2,0 мкФ сифимли конденсатордан ва узунлиги  $l = 0,10$  м, радиуси  $R = 1,0$  см бўлган  $N = 500$  ўрамли ғалтакдан иборат. Агар ғалтакни тўлдириб турган муҳитнинг магнит синдирувчанлиги  $\mu = 1$  бўлса, контур тебранишларининг хусусий частотасини аниқланг. Ғалтак қаршилигини ҳисобга олманг.

18. Индуктивлиги  $L = 1,0$  Гн бўлган тебраниш контуридаги конденсатор қопламаларида потенциаллар айирмасининг амплитуда қиймати  $t = 0,10$  с вақтдан сўнг  $n = 4$  марта камайган бўлса, контурнинг актив қаршилигини топинг.

19. Сифими  $C = 0,50$  мкФ бўлган конденсаторни ўз ичига олган тебраниш контуридаги хусусий тебранишлар частотасини топинг. Конденсатор қопламаларидаги максимал потенциаллар айирмасы  $U_T = 100$  В ғалтакдаги максимал ток кучи эса  $I_T = 50$  мА. Ғалтакнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.

20. Сўнишининг логарифмик декременти  $\Theta = 0,03$  бўлган тебраниш контури  $C = 0,050$  мкФ сифимли конданоатордан ва индуктивлиги  $L = 2,0$  мГн бўлган ғалтакдан иборат. Агар ғалтакдаги максимал ток кучи  $I_T = 5,0$  мА га етса, контурдаги сўнувчи тебранишларни  $t = 1$  соат мобайнида қувватлаб туриш учун унга қанча энергия бериш керак? Ғалтакнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.

21. Радиоприёмникнинг қабул қилиш контури 1,5 мГн индуктивликка ва 450 пФ сифимга эга бўлса, у қандай узунликдаги тўлқин соланган?

22. Агар шиша учун  $\epsilon = 7$  ва  $\mu = 1$  бўлса, электромагнит тебранишларнинг унда тарқалиш тезлигини топинг.

23. Икки симли линия электромагнит тебранишлар генератори билан индуктив равишда уланган бўлиб, спиртга солиб қўйилган. Агар турғун тўлқин дўнгликлари орасидаги масофа 0,50 м бўлиб спирт учун  $\epsilon = 26$  ва  $\mu = 1$  бўлса, генераторнинг частотасини аниқланг.

## 28-ОПТИКАНИНГ АСОСИЙ ҚОНУНЛРИГА ДОИР МАСАЛАЛАР ЕЧИШ

Асосий формулалар

- Сферик кўзгунинг фокус масофаси

$$f = R / 2$$

бунда  $R$  — кўзгунинг эгрилик радиуси.

Сферик кўзгунинг оптик кучи

$$\Phi = 1/f$$

Сферик кўзгу формуласи

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

бунда  $a$  ва  $b$  — мос равишда кўзгунинг кутбидан нарса ва тасвиргача бўлган масофалар.

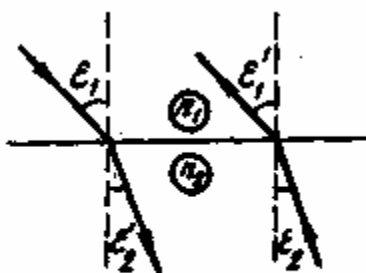
Агар нарсанинг тасвири мавҳум бўлса, унда  $b$  катталиқ манфий ишора билан олинади.

Агар сферик кўзгунинг фокуси мавҳум (кўзгу қаварик) бўлса, у ҳолда  $f$  катталиқ манфий ишора билан олинади.

- Еруғликнинг синиш қонуни

$$\frac{\sin \epsilon_1}{\sin \epsilon_2} = n_{21}$$

бунда  $\epsilon_1$  — тушиш бурчаги;  $\epsilon_2$  — синиш бурчаги;  $n_{21} = n_2/n_1$  — иккинчи муҳитнинг биринчи муҳитга нисбатан нисбий синдириш кўрсаткичи;  $n_1$  ва  $n_2$  — мос равишда биринчи ва иккинчи муҳитларнинг абсолют синдириш кўрсаткичлари.



Бурчакларни белгилашдаги қуйи кўрсаткичлар нур қайси муҳитда (биринчи ёки иккинчи) тарқалаётганлигини кўрсатади. Агар нур бўлиниш сиртига  $\epsilon_1 = \epsilon_2$  бурчак остида тушиб иккинчи муҳитдан биринчисига ўтса, унда ёруғлик нурларининг қайтиш принципига асосан  $\epsilon_1$  синиш бурчаги  $\epsilon_2$  бурчакка тенг бўлади (1-расм).

- Еруғликнинг оптик зичроқ муҳитдан оптик зичлиги камроқ бўлган муҳитга ўтишидаги тўла қайтишнинг чегаравий бурчаги

$$\varepsilon_{\omega} = \text{arcSin}(n_2 / n_1) \quad (n_2 < n_1)$$

- Юпқа линзанинг оптик кучи

$$\Phi = \frac{1}{f} = \left( \frac{n_l}{n_{\mu}} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

бунда  $f$  — линзанинг фокус масофаси;  $n_l$  — линза моддасининг абсолют синдириш кўрсаткичи;  $n_{\mu}$  — ўраб турган муҳитнинг (линзанинг ҳар иккала томонидан ҳам бир хил) абсолют синдириш кўрсаткичи.

Келтирилган формулада каварик сиртларнинг радиуслари ( $R_1$  ва  $R_2$ ) мусбат ишора билан, ботиклариники эса манфий ишора билан олинади.

- Бир-бирига ёпиштириб қўйилган иккита юпқа линзанинг оптик кучи

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2$$

- Юпқа линза формуласи

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

бунда  $a$  — линзанинг оптик марказидан нарсача бўлган масофа;  $b$  — линзанинг оптик марказидан тасвиргача бўлган масофа.

Агар фокус мавҳум бўлса (сочувчи линза), у ҳолда  $f$  манфий катталиқ бўлади. Агар тасвир мавҳум бўлса,  $b$  — манфий катталиқ бўлади.

- Лупанинг бурчак катталаштириши

$$\Gamma = D/f$$

бунда  $D$  — энг яхши кўриш масофаси ( $D=25$  см). • Телескопнинг бурчак катталаштириши

$$\Gamma = f_{об}/f_{ок}$$

бунда  $f_{об}$  ва  $f_{ок}$  — мос равишда объективнинг ва окулярнинг фокус масофалари.

Телескопнинг объективидан то окуляригача бўлган масофа

$$L = f_{об} + f_{ок}$$

Бу формулаларни телескопдан жуда узоқдаги нарсаларни кузатгандагина қўллаш мумкин.

- Микроскопнинг бурчак катталаштириши

$$\Gamma = \delta D / (f_{об}/f_{ок})$$

бунда  $\delta$  — объективнинг орқа фокуси билан окулярнинг олд фокуси орасидаги масофа.

Микроскопнинг объективидан окуляригача бўлган масофа

$$L = f_{об} + \delta + f_{ок}$$

## МАСАЛАЛАР ЕЧИШГА ДОИР МИСОЛЛАР

1-мисол.  $\theta = 50^\circ$  синдириш бурчагига эга бўлган шиша . призмага  $e = 30^\circ$  бурчак остида

ёруғлик нури тушмоқда. Агар шишанинг синдириш кўрсаткичи  $n=1,56$

бўлса, нурнинг призма-дан оғиш бурчаги аниқлансин.

Е ч и ш . Бу масалани одатдагидек умумий кўринишда эмас, балки барча оралик ҳисоблашларни бажара бориб ечиш мақсадга мувофиқдир.

Бу ҳолда биз ҳисоблаш аниқлиги бўйича бир оз ютқизсак ҳам, лекин ҳисоблашларнинг яққоллиги ва соддалигидан ютамиз. 28.2- расмдан

кўриниб турибдики, оғиш бурчаги

$$\sigma = \gamma + \gamma' \quad (1)$$

у ва  $\gamma'$  бурчаклар эса  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon'_1, \varepsilon'_2$  бурчаклар орқали соддагина

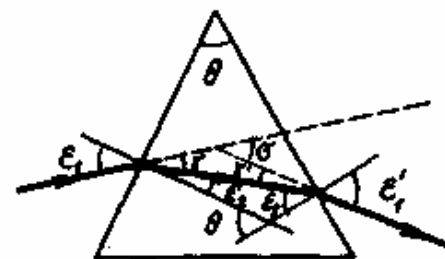
ифодаланади ва буларни кетма-кет ҳисоблаймиз:

1) Синиш қонуни  $\text{zte}^{\wedge}\text{zteг}$  дан қуйидагини оламиз:

$$i_2 = \text{arcSin} \left( \frac{\text{Sin} \varepsilon_1}{n} \right) = 18,7^\circ$$

2) 2- расмдан кўриниб турибдики, призманинг иккинчи қиррасига тушиш бурчаги

$$\varepsilon_2 = \theta - \varepsilon'_2 = 31,30$$



2- расм

$$\varepsilon_2 = \text{arcSin}\left(\frac{1}{n}\right) = 39,9^\circ$$

$\varepsilon_2$  бурчак чегаравий бурчакдан кичик

• Шунинг учун ҳам нур иккинчи қиррада синади ва призмадан чиқади;

$$\frac{\text{Sin}\varepsilon_2}{\text{Sin}\varepsilon'_1} = \frac{1}{n}$$

3)  $\varepsilon'_1 = \text{arcSin}(n \text{Sin}\varepsilon_2) = 54,1^\circ$

Энди  $\gamma$  ва  $\gamma'$  бурчакларни топамиз:

$$\gamma = \varepsilon_1 - \varepsilon'_1 = 11,3^\circ \text{ ва } \gamma' = \varepsilon'_1 - \varepsilon_2 = 22,8^\circ$$

(1) формулага биноан:  $\sigma = \gamma + \gamma' = 34,1^\circ$

2- мисол. Оптик тизим қавариқ сирти кумушланган юпка яссиқаварик шиша линзадан иборат. Агар линзанинг сферик сиртининг радиуси  $R=60\text{см}$  бўлса, бундай тизимнинг бош фокус масофаси  $f$  аниқлансин.

Е ч и ш . Линзага унинг бош оптик ўқи  $MN$  га параллел бўлган параксиалг  $KL$  нур тушаётган бўлсин (3-расм).  $KL$ , нур линзанинг ясси сиртига тик бўлганлиги туфайли ундан синмасдан ўтади. Нур кумушланган қавариқ сиртга  $L$  нуктада  $\varepsilon_1$  бурчак остида тушади ва ундан  $\varepsilon'_1 = \varepsilon_1$  бурчак остида қайтади. Қайтган нур линзанинг ясси сиртининг чегарасига  $2\varepsilon_1$  бурчак остида тушади ва линзадан чиқиши билан  $F$  нуктада бош оптик ўқи билан  $\varepsilon_2$  бурчак ҳосил қилиб кеседи. Бунда ҳосил бўлган  $FP$  кесманинг узунлиги кўриладиган оптик тизимнинг изланаётган фокус масофасига тенг. Агар  $KL$  нурнинг параксиаллигини ҳисобга олсак,  $\varepsilon_1$  ва  $\varepsilon_2$  бурчаклар кичик, уларнинг синус ва тангенслари эса амалда радианларда ифодаланган бурчакларнинг ўзига тенг, у ҳолда 3- расмдан

$$f = \frac{h}{\varepsilon_2} = \frac{R \cdot \varepsilon_1}{\varepsilon_2} = R \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$$

(1) формулага кирувчи бурчаклар нисбати  $\varepsilon_1/\varepsilon_2$  ни бизнинг ҳолимизда ушбу кўринишда ёзиладиган ёруғликнинг синиш қонунидан фойдаланиб топамиз  $2\varepsilon_1/\varepsilon_2 = 1/n$ , бундан

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{1}{2n}$$

Бурчакларнинг бу нисбатини (1) формулага қўйиб, қуйидагини топамиз

$$f = R / (2n)$$

Шундай натижани расмий мулоҳазалар асосида ҳам олиш мумкин.  $KL$  нур кетма-кет равишда линзадан ўтиши, қавариқ кўзгудан қайтиши ва яна бир марта линзадан ўтиши туфайли мазкур оптик тизимни бир-бирига жипслашган иккита ясси қавариқ линза ва юмалоқ кўзгудан ташкил топган марказлашган тизим сифатида қараш мумкин. Оптик тизимнинг фокус масофаси қуйидаги формулага биноан топилиши мумкин  $f = 1/\Phi$ ,

бунда  $\Phi$  — тизимнинг оптик кучи.

Маълумки тизимнинг оптик кучи тизимни ташкил этувчилар оптик кучларининг алгебраик йиғиндисига тенг. Бизнинг ҳолимизда

$$\Phi = (n-1) \frac{1}{R} + \frac{2}{R} + (n-1) \frac{1}{R} = \frac{2n}{R} \quad \text{яъни}$$

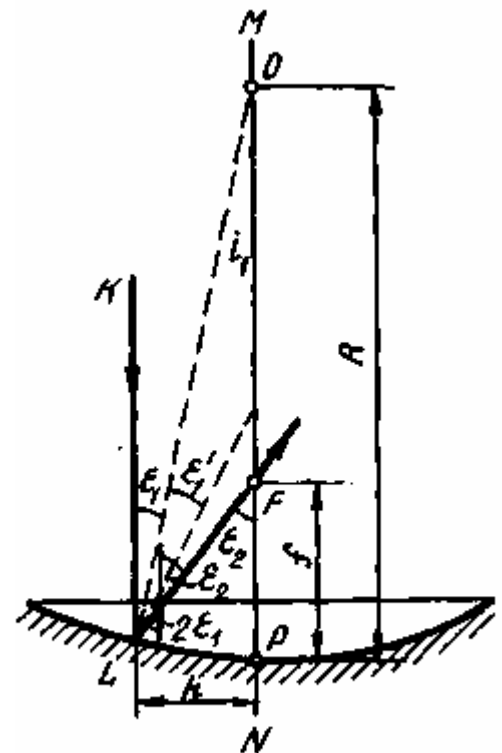
$$f = 1/\Phi = R/(2n)$$

бу эса (2) формулада ифодаланган натижага мос келади.

#### MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

Ёруғликнинг қайтиши ва синиши

1. Иккита ясси тўғри тўртбурчакли кўзгу икки қиррали  $\Phi=170^\circ$  бурчак ҳосил қилади. Кўзгуларнинг тегиб туриш чизиғи-дан  $f=10\text{ см}$  масофада ва ҳар бир кўзгудан бир хил масофада



3- расм

нуктавий ёруғлик манбаи турибди. Манбанинг кўзгулардаги мавхум тасвирлари орасидаги й масофа аниқлансин.

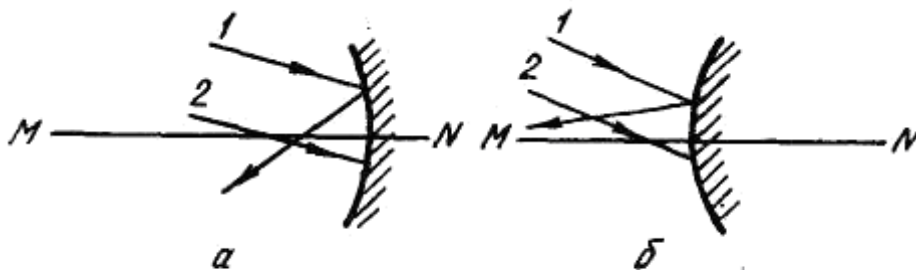
2. Ботиқ юмалок кўзгу экранда нарса тасвирини  $\Gamma=4$  марта катталаштириб беради. Нарсадан кўзгугача бўлган масофа  $a=25$  см. Кўзгунинг эгрилик радиуси  $R$  аниқлансин.

3. Ботиқ кўзгунинг фокус масофаси  $f=15$  см. Кўзгу нарсанинг ҳақиқий тасвирини уч марта кичрайтириб беради. Нарсадан кўзгугача бўлган  $a$  масофа аниқлансин.

4. Ботик кўзгу экранда қуёшнинг тасвирини  $d=28$  мм ли доира кўринишида беради. Осмондаги Қуёшнинг диаметри бурчак ўлчагичда  $\beta=32'$ . Кўзгунинг эгрилик радиуси  $d$  аниқлансин.

5. Қавариқ кўзгунинг эгрилик радиуси  $d=50$  см. Баландлиги  $h=15$  см бўлган жисм кўзгудан  $a=1$  м масофада турибди. Кўзгудан тасвиргача бўлган масофа  $b$  ва унинг баландлиги  $H$  аниқлансин.

6. 4, а, б- расмларда юмалок кўзгунинг бош оптик ўқи ММнинг ўрни ва  $l$  нурнинг йўли кўрсатилган. Кўзгудан қайтган 2 нурнинг йўли тузилсин.



4- расм

7. Нур  $d=30$  мм қалинликдаги шиша пластинкага  $\varepsilon=60^\circ$  бурчак остида тушади.

Пластинкадан чиққандан кейин нурнинг ён томонга силжиши аниқлансин.

8. Параллел нурлар дастаси  $\varepsilon=60^\circ$  бурчак остида қалин шиша пластинага тушади ва синиб шишага ўтади. Дастанинг ҳаводаги кенглиги  $a=10$  см. Дастанинг ишадаги кенглиги  $b$  аниқлансин.

9. Ёруғлик нури синдириш кўрсаткичи  $n_1$  бўлган мухитдан синдириш кўрсаткичи  $n_2$  бўлган мухитга ўтади. Агар қайтган ва синган нурлар орасидаги бурчак  $\pi/2$  га тенг бўлса, ( $\varepsilon_1$  — тушиш бурчаги) шарт бажарилиши кўрсатилсин.

10. Ёруғлик нури синдириш кўрсаткичи  $n$  бўлган призма қиррасига кичик бурчак остида тушади. Агар призманинг синдириш бурчаги  $\theta$  кичик бўлса,  $u$  ҳолда нурларнинг оғиш бурчаги  $\alpha$  тушиш бурчагига боғлиқ бўлмаслиги ва эканлиги кўрсатилсин.

11.  $\theta=60^\circ$  синдириш бурчагига эга бўлган шиша призмага ёруғлик нури тушади. Агар нур призма ичида симметрик юрганда оғиш бурчаги  $\sigma=40^\circ$  бўлса, шишанинг синдириш- кўрсаткичи  $n$  аниқлансин.

12. Шиша призманинг синдириш бурчаги  $\theta=30^\circ$ . Ёруғлик нури призма қиррасига унинг сиртига тик равишда тушади ва дастлабки йўналишдан  $\sigma=20^\circ$  бурчакка оғган ҳолда, бошқа қиррасидан ҳавога чиқади. Шишанинг синдириш кўрсаткичи  $n$  аниқлансин.

13. Ёруғлик нури шиша призма қиррасига унинг сиртига тик равишда тушади ва дастлабки йўналишидан  $\alpha=25^\circ$  бурчакка оғган ҳолда қарама-қарши қиррасидан чиқади. Призманинг синдириш бурчаги  $\theta$  аниқлансин.

14. Синдириш бурчаги  $\theta=60^\circ$  бўлган шиша призманинг қиррасига  $\varepsilon_1=45^\circ$  бурчак остида ёруғлик нури тушади. Нурнинг призмадан чиқишдаги синиш бурчаги  $\varepsilon_2$  ва нурнинг дастлабки йўналишидан оғиш бурчаги  $\alpha$  топилсин.

15. Призманинг синдириш бурчаги  $\theta=60^\circ$ . Нурнинг дастлабки йўналишидан энг кам оғиш бурчаги  $\sigma=30^\circ$ . Призма ясалган шишанинг синдириш кўрсаткичи  $n$  аниқлансин.

16. Ўткир учли пона шаклидаги призманинг синдириш бурчаги  $\theta=2^\circ$ . Агар призма шишасининг синдириш кўрсаткичи  $n=1,6$  бўлса, нурнинг призма орқали ўтишдаги энг кам оғиш бурчаги аниқлансин.

Оптик тизимлар

17. Лампочка ва экраннинг ўртасида оптик курсида жойлаштирилган линза экранда лампочканинг кескин катталашган тасвирини беради. Лампочканинг экранга  $\Delta l=40$  см га яқинлаштирилганларида экранда лампочканинг кескин кичрайтирилган тасвири пайдо бўлди. Агар лампочкадан экрангача бўлган масофа  $l=80$  см бўлса, линзанинг фокус масофаси  $f$  аниқлансин.

18. Нарса ва унинг бош фокус масофаси  $f=12$  см бўлган йиғувчи линза ҳосил қиладиган ҳақиқий тасвири орасидаги мумкин бўлган энг кичик масофа  $l$  қандай бўлади?
19. Одам фотоаппарат объективининг бош оптик ўқи бўйлаб  $v=5$  м/с тезлик билан ҳаракатланмоқда. Ундаги одам тасвири доимо ёрқин бўлиб қолиши учун фотоаппаратнинг хира ойнасини қандай и тезлик билан силжитиш керак? Объективнинг бош фокус масофаси  $f=20$  см. Ҳисоблашлар одам фотоаппаратдан  $a=10$  м масофада турган ҳол учун бажарилсин.
20. Шишадан оптик кучи  $\Phi=5$  дптр бўлган ясси қавариқ линза тайёрлаш талаб қилинади. Линзанинг қавариқ сиртининг эгрилик радиуси  $R$  аниқлансин.
21. Икки ёқлама қавариқ линза сиртларининг эгрилик радиуслари бир хил. Линза сиртларининг эгрилик радиуси  $R$  нинг қандай қийматида унинг бош фокус масофаси  $f=20$  см бўлади?
22. Линза сиртларининг эгрилик радиусларининг нисбати  $k=2$ . Қавариқ сиртининг эгрилик радиуси  $R$  нинг қандай қийматида линзанинг оптик кучи  $\Phi=10$  дптр бўлади?
23. Агар линза сиртларининг эгрилик радиусларининг нисбати  $K=3$ , унинг оптик кучи  $\Phi=-8$  дптр бўлса, линза қавариқ сиртининг эгрилик радиуси  $R$  аниқлансин.
24. Линза синдириш кўрсаткичи қизил нур учун  $n_K=1,50$ , бинафша нуручун  $n_0=1,52$  бўлган шишадан тайёрланган. Линзанинг ҳар иккала сиртининг ҳам эгрилик радиуслари бир хил ва  $R=1$  м. Линзанинг қизил ва бинафша нурлар учун фокуслари орасидаги  $\Delta f$  масофа аниқлансин.
25. Диаметри  $d=10$  см бўлган ясси қавариқ линзанинг бош фокус масофаси  $f$  аниқлансин. Линзанинг марказидаги қалинлиги  $p=1$  см, чеккаларидаги қалинлигини нолга тенг деб қабул қилиш мумкин.
26. Агар менискнинг қавариқ ва ботик сиртларининг эгрилик радиуслари мос равишда  $R_1=1$  м ва  $R_2=40$  см бўлса, унинг оптик кучи  $\Phi$  аниқлансин.
27. Ҳавода йиғувчи линзанинг бош фокус масофаси  $f=10$  см. У: 1) сувда; 2) долчин мойида нимага тенглиги аниқлансин.
28. Ҳавода турган линзанинг фокус масофаси  $f_1=5$  см, шакар эритмасига ботирилганини эса  $f_2=35$  см. Эритманинг синдириш кўрсаткичи  $n$  аниқлансин.
29. Ҳаводаги юпка линза  $\Phi_1=5$  дптр оптик кучга, муайян суюқликка жойлаштирилганда эса  $\Phi_2=-0,48$  дптр оптик кучга эга. Агар линза ясалган шишанинг синдириш кўрсаткичи  $n_1=1,52$  бўлса, суюқликнинг синдириш кўрсаткичи  $n_2$  аниқлансин.
30. Одам ўз олдида  $a=12,5$  см масофада жойлаштирилган китобни кўзойнаксиз ўқимоқда. У оптик кучи  $\Phi$  қандай бўлган кўз ойнак тақиши керак?
31. Яқинни кўрувчи киши кўзининг кўз ойнаксиз кўришга мослашув чегаралари  $a_1=16$  см ва  $a_2=80$  см оралиғида ётади. Кўзойнак билан у узокдаги нарсаларни яхши кўради. Кўзойнак тақиб ўқиганда у китобни қандай энг кичик масофада тутиб  $d$  туриши керак?
32. Икки ёқлама қавариқ линзадан иборат лупа синдириш кўрсаткичи  $n=1,6$  бўлган шишадан тайёрланган. Линзалар сиртларининг эгрилик радиуслари бир хил ва  $R=12$  см. Лупанинг катталаштириши  $\Gamma$  аниқлансин.
33. Лупа  $\Gamma=2$  марта катталаштириб беради. Унга зич қилиб оптик кучи  $\Phi_1=20$  дптр бўлган йиғувчи линзани қўйдилар. Бундай қўшма лупа қандай катталаштириш  $\Gamma_2$  ни беради?
34. Телескоп объективининг оптик кучи  $\Phi=0,5$  дптр. Окуляр,  $\Gamma_1=10$  катталаштириш берадиган лупадек ишлайди. Телескоп қандай  $\Gamma_2$  катталаштириш беради?
35. Фокус масофаси  $f=50$  см бўлган окулярда телескоп  $\Gamma_1=60$  бурчак катталаштириш беради. Агар окуляр олиниб ва оддий кўз билан энг яхши кўриш масофасидан объектив ҳосил қилган ҳақиқий тасвир қаралса, объективнинг ўзи қандай  $\Gamma_2$  бурчак катталаштиришни беради?
36. Телескоп объективининг фокус масофаси  $f_1=1$  м. Телескопда  $a=1$  км масофада турган бинони кўрмоқдалар. Қуйидаги икки ҳолда аниқ тасвирни олиш учун окулярни, қайси йўналишда ва қанча силжитиш керак: 1) агар бинодан кейин ой қаралса; 2) агар ойнанинг ўрнига  $a=100$  м масофада турган яқинроқ нарсалар қаралса?
37. Микроскоп объективининг фокус масофаси  $f_1=8$  мм, окуляриники  $f_2=4$  см. Нарса объективдан бош фокусга нисбатан  $-0,5$  мм узокликда турибди. Микроскопнинг катталаштириши  $\Gamma$  аниқлансин.
38. Микроскоп объективининг фокус масофаси  $f_1=1$  см, окуляриники  $f_2=2$  см. Объективдан окулярғача бўлган масофа  $L=23$  см. Микроскоп қандай  $\Gamma$  катталаштириш беради? Нарса объективдан қандай  $a$  масофада турибди?
39. Микроскоп ичида объектив  $a$  окуляр фокуслари орасидаги  $b$  масофа  $16$  см га тенг. Объективнинг фокус масофаси  $f_1=1$  мм.  $\Gamma=500$  катталаштириш олиш учун қандай  $f_2$  фокус масофали окуляр олиш керак?

## 29-ТҮЛКІН ОПТИКАСИГА ДОИР МАСАЛАЛАР ЕЧИШ

Асосий формулалар

Тебраниш контурьдаги эркин сўнувчи тебраннышлар даври:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}}$$

Сўнишнинг логарифмик декременти:

$$\Theta = \frac{R}{2L}T$$

Электромагнит тебранишларнинг диэлектрик сингдирувчанлиги  $\epsilon$  ва магнит сингдирувчанлиги  $\mu$  бўлган изотроп муҳитда тарқалиш тезлиги:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$$

бу ерда  $c$  электромагнит тебранишларнинг вакуумда тарқалиш тезлиги.

## MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Ярим давр мобайнидаги ўртача қиймати 2,0 бўлган синусоидал токнинг эффектив қийматини топинг.
2. Даври давом этиш вақтидан 4 марта ортиқ, максимал қиймати 0,80 А бўлган тўғри бурчакли импульслардан иборат токнинг эффектив ва ўртача қийматларини топинг.
3. Томони  $a = 8,0$  см бўлган квадрат шаклидаги берк контур индукцияси  $B = 3,0 \cdot 10^{-2}$  Тл бўлган бир жинсли магнит майдонида  $\omega = 105$  рад/с бурчак тезлик билан бир текис айланмоқда. Айланиш ўқи рамка маркази орқали ўтган бўлиб, магнит индукцияси чизиқларига перпендикуляр йўналган. Контурдаги ЭЮК нинг амплитуда ва таъсир қийматларини топинг.
4. Частотаси 50 Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирида 100 Ом ли актив қаршилик билан бир хил қаршилик кўрсатадиган конденсаторнинг сиғимини топинг.
5. Дросселнинг индуктивлигини аниқлаш учун уни дастлаб ўзгармас ток занжирига, сўнгра частотаси  $\nu = 50$  Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирига уланди. Дросселга электродинamik волтметр параллел уланган. Дроссел орқали  $I = 3,0$  А ўзгармас ток утганда волтметр  $U_1 = 1,5$  В ни,  $U_2 = 2,0$  А ўзгарувчан ток ўтганда эса  $U_2 = 120$  В ни кўрсатган бўлса, дросселнинг индуктивлигини аниқланг.
6. Кучланиши 220 В бўлган ўзгарувчан ток тармоғига кетма-кет равишда индуктивлиги 0,16 Гн бўлган ғалтак, 2,0 Ом қаршиликли ўтказгич ва 64 мкФ сиғимли конденсатор уланган. Агар токнинг частотаси 200 Гц бўлса, занжирдаги ток кучини топинг. Частота қанча бўлганда кучланишлар резонанси юз беради? Бу ҳолда ток кучи ва ғалтак ҳамда конденсатор қисқичларидаги кучланиш қанча бўлади?
7. Петров ёйи эффектив кучланиш 127 В бўлган саноат частотаси ток билан таъминланади. Ёнаётган ёйнинг қаршилиги 2,0 Ом бўлганда ток кучи 20 А бўлиши учунёйга кетма-кет уланадиган актив қаршилиги 1,0 Ом бўлган дросселнинг индуктивлиги қанча бўлиши керак?
8. 84 В кучланишда ёниб ўчадиган неон лампаси эффектив кучланиши 120 В бўлган саноат частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. Лампа чақнашлари орасидаги вақтни ва чақнаш давомлилигини топинг.
9. ПРК-2 типидagi симобли кварц лампа 180 В ишчи кучланишига ва 4,0 А эффектив ток кучига мўлжалланган дроссел орқали 50 Гц частотали ўзгарувчан кучланиш манбаига уланди. Агар дросселнинг индуктивлиги 0,10 Гн бўлса, унинг актив қаршилигини топинг.
10. Сиғими 5 мкФ бўлган конденсатор ва қаршилиги 150 Ом бўлган ўтказгич кучланиши 120 В  $E_a$  частотаси 50 Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирига кетма-кет уланди. Ток кучининг максимал ва эффектив қийматларини, ток билан кучланиш орасидаги фаза силжишини ҳамда эффектив қувватни топинг.

11. Қаршилиги 150 Ом бўлган ўтказгич ва сизими 5,0 мкФ бўлган конденсатор кучланиши 120 В ва частотаси 50 Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирига параллел равишда уланган бўлса, ток кучининг эффектив қийматини, эффектив қувватни ҳамда ток билан кучланиш орасидаги фаза силжишини топинг.
12. Эффектив кучланиши 220 В бўлган ўзгарувчан ток занжирига индуктивлиги 0,50 Гн ва актив қаршилиги 10 Ом бўлган ғалтак ҳамда сизими 0,50 мкФ бўлган конденсатор кетма-кет уланган. Ток кучининг эффектив қийматини ва эффектив қувватни топинг.
13. Кетма-кет уланган конденсатор ва индуктив ғалтақдан иборат тебраниш контурининг резонанс частотаси  $\gamma_0 = 4$  кГц. Ғалтакнинг актив қаршилиги  $R = 10$  Ом, контурнинг частотаси  $\gamma = 1$  кГц бўлган гарувчан токка кўрсатаётган тўла қаршилиги  $Z = 1$  кОм бўлса, ғалтакнинг индуктивлигини топинг.
14. Сизими 0,05 мкФ бўлган зарядланган конденсатор индуктивлиги 5,0 мГн бўлган ғалтакка уланди. Ғалтак улангандан қанча вақт ўтгач конденсатордаги электр майдонининг энергияси ғалтак магнит майдонининг энергиясига тенг бўлиб қолади?
15. Конденсатор ва индуктивлиги 5,0 мГн бўлган ғалтақдан иборат тебраниш контурида электромагнит тебранишлар юзага келганда контурдаги максимал ток кучи 10 мА бўлган. Агар конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмаси 50 В га етса, унинг сизимини топинг. Ғалтакнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.
16. Индуктивлиги 10 мГн бўлган ғалтак ва сизими 4,0 мкФ бўлган конденсатордан иборат тебраниш контурида электрмагнит тебранишлари вужудга кела олиши учун контур қанча қаршиликка эга бўлиши керак?
17. Тебраниш контури 2,0 мкФ сизимли конденсатордан ва узунлиги  $l = 0,10$  м, радиуси  $R = 1,0$  см бўлган  $N = 500$  ўрамли ғалтақдан иборат. Агар ғалтакни тўлдириб турган муҳитнинг магнит синдирувчанлиги  $\mu = 1$  бўлса, контур тебранишларининг хусусий частотасини аниқланг. Ғалтак қаршилигини ҳисобга олманг.
18. Индуктивлиги  $L = 1,0$  Гн бўлган тебраниш контуридаги конденсатор қопламаларида потенциаллар айирмасининг амплитуда қиймати  $t = 0,10$  с вақтдан сўнг  $n = 4$  марта камайган бўлса, контурнинг актив қаршилигини топинг.
19. Сизими  $C = 0,50$  мкФ бўлган конденсаторни ўз ичига олган тебраниш контуридаги хусусий тебранишлар частотасини топинг. Конденсатор қопламаларидаги максимал потенциаллар айирмаси  $U_t = 100$  В ғалтақдаги максимал ток кучи эса  $I_t = 50$  мА. Ғалтакнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.
20. Сўнишининг логарифмик декременти  $\Theta = 0,03$  бўлган тебраниш контури  $C = 0,050$  мкФ сизимли конденоатордан ва индуктивлиги  $L = 2,0$  мГн бўлган ғалтақдан иборат. Агар ғалтақдаги максимал ток кучи  $I_t = 5,0$  мА га етса, контурдаги сўнувчи тебранишларни  $t = 1$  соат мобайнида қувватлаб туриш учун унга қанча энергия бериш керак? Ғалтакнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.
21. Радиоприёмникнинг қабул қилиш контури 1,5 мГн индуктивликка ва 450 пФ сизимга эга бўлса, у қандай узунликдаги тўлқин созланган?
22. Агар шиша учун  $\epsilon = 7$  ва  $\mu = 1$  бўлса, электромагнит тебранишларнинг унда тарқалиш тезлигини топинг.
23. Икки симли линия электромагнит тебранишлар генератори билан индуктив равишда уланган бўлиб, спиртга солиб қўйилган. Агар турғун тўлқин дўнгликлари орасидаги масофа 0,50 м бўлиб спирт учун  $\epsilon = 26$  ва  $\mu = 1$  бўлса, генераторнинг частотасини аниқланг.

### 30-DIFRAKSIYA HODISASIGA DOIR MASLALAR YECHISH

Asosiy formulalar.

1.Parallel nurlar dastasi tirqishga tik tushganda tirqish difraksiyasida yoritilganlikning maksimum sharti

$$a \sin \varphi = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad a - \text{tirqish eni}$$

$\lambda$  – to'liqinuzunligi

Parallel nurlar dastasi tirqishga tik tushganda tirqish difraksiyasida yoritilganlikning minimum sharti

$$a \sin \varphi = k\lambda$$

2.Difraksion panjarada yorug'lik difraksiyasining maksimum sharti

$$d \sin \varphi = k\lambda \quad d = a + b; \quad d = \frac{1}{N};$$

a-tirqish kengligi , b-to'siq kengligi , N- 1sm dagi tirqish va to'siqlar soni N- 1sm dagi tirqish va to'siqlar soni

3.Difraksion panjarada yorug'lik difraksiyasining minimum sharti

$$d \sin \varphi = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

4.Difraksion panjarani ajrata olish qobilyati

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} \quad \text{ëku} \quad R = kN \quad \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN;$$

5.Rentgen nurlarini kristal panjaralarda xosil qiladigan difraksiya maksimumlari

$$2d \sin \varphi = k\lambda$$

6.Teleskopning ajrata olish qobilyati  $\beta = 1,22 \frac{\lambda}{D}$ ;  $D$  – obhektiv diametr

7. Frenelh zonalarini radiusi  $r_k = \sqrt{\frac{ab}{a+b}} k\lambda$

8.Difraksion panjaraning burchak dispertsiyasi  $D_\varphi = \frac{\delta\varphi}{\delta\lambda} = \frac{k}{d \cos \varphi}$

Bu yerda  $\delta\varphi$  -to'lqin uzunligi bo'yicha  $\delta\lambda$  ga farq qiladigan spektral chiziqlar orasidagi burchakli masofa.

9.Difraksion panjaraning chiziqli dispertsiyasi  $D_l = \frac{\delta l}{\delta\lambda}$

Bu yerda  $\delta l$  -to'lqin uzunligibo'yicha  $\delta\lambda$  ga farq qiladigan spektral chiziqlar orasidagi burchakli masofa.

#### MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Difraksion panjaraning 1 mm uzunligida 100 ta chiziq joylashgan. Agar ikkita birinchi tartibli Fraungofer maksimumlari orasidagi burchak  $8^\circ$  bo'lsa, panjaraga normal tushayotgan monoxromatik yorug'likning uzunligini toping.

2. Difraksion panjaraning 1 mm uzunligida 500 ta chiziq joylashgan. Yorug'lik panjaraga  $30^\circ$  burchak ostida tushganda bu panjara yordamida natriy spektrining ( $\lambda=590$  nm) eng ko'pi bilan nechanchi tartibini kuzatish mumkin?

3. Eni 4 sm bo'lgan, 1 sm uzunligida 10000 chiziq joylashgan difraksion panjaraga normal tushayotgan monoxromatik yorug'lik dastasi difraksiyalanishi mumkin bo'lgan eng katta burchakni toping. Tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligi 546 nm.

4. Spektrometrga o'rnatilgan difraksion panjara doimiysi 2 mkm. To'lqin uzunligi 410 nm bo'lgan spektral chiziqni kuzatish uchun ko'rish trubasini kollimator o'qiga nisbatan qanday burchak ostida joylashtirish kerak?

5. Davri 4 mkm bo'lgan difraksion panjara yordamida olingan birinchi tartibli spektrda to'lqin uzunliklari 577 nm va 579 nm bo'lgan simob spektri chiziqlari ekranda bir-biridan qancha masofada bo'ladi? Spektorni ekranga proektsiyalaydigan linzaning fokus masofasi 60 sm. Nurlar panjaraga tik tushadi.

6. Difraksion panjara doimiysi 4 mkm. Difraksion manzara fokus masofasi 40 sm bo'lgan linza yordamida kuzatiladi. Agar birinchi maksimum markaziy maksimumdan 5 sm masofada hosil bo'lsa, panjaraga tik tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligini toping.

7. Difraksion panjaradan ko'rinvchi nurlar sohasida olingan ikkinchi va uchinchi tartibli spektrlar qisman ustma-ust tushgan. Ikkinchi tartibli spektrdagi  $\lambda=700$  nm li chiziq uchinchi tartibli spektrdagi qanday to'lqin uzunligiga mos keladi?



8. Doimiysi 2 mkm bo'lgan difraksion panjaraga yorug'lik filtri orqali o'tkazilgan yorug'lik normal tushadi. Filtr 500 nm dan 600 nm gacha uzunlikdagi to'lqinlarni o'tkazadi. Har xil tartibli spektrlar ustma-ust tushadimi?
9. Difraksion panjarada ikkita qo'shni tirqishlarning chetlari-dan chiqayotgan to'lqinlar orasidagi yo'l farqi 2,5 mkm va difraksiya burchagi  $30^\circ$  bo'lsa, shu panjaraning doimiysi necha mkm ga teng?
10. Davri 0,001 mm bo'lgan difraksion panjara yordamida hosil qilingan birinchi tartibli spektrda yashil ( $\lambda = 0,5 \text{ mkm}$ ) chiziq qanaday burchak ostida ko'rinadi?
11. Davri 0,02 mm bo'lgan difraksion panjara yordamida hosil qilingan 2-tartibli spektrdagi zangori ( $\lambda = 0,5 \text{ mkm}$ ) rangli nurlarning og'ish burchagini aniqlang.
12. To'lqin uzunligi 500 nm bo'lgan monoxromatik yorug'lik to'lqini davri 2 mkm bo'lgan difraksion panjaraga tik tushmoqda. Ikkinchi tartibli difraksion maksimum qanday burchak ostida ko'rinadi?
13. Difraksion panjaraning har bir millimetrida 250 ta shtrix bor. Difraksion panjaraga to'lqin uzunligi 500 nm bo'lgan monoxromatik yorug'lik tushadi. To'rtinchi difraksion maksimum qanday burchak ostida kuzatiladi?
14. Bir millimetrida 200 ta shtrixi bo'lgan difraksion panjaraga to'lqin uzunligi 500 nm bo'lgan monoxromatik yorug'lik tushmoqda. Birinchi tartibli ikki spektr orasidagi burchakni toping.
15. Davri 1,5 mkm bo'lgan difraksion panjara  $30^\circ$  burchakka og'dirgan birinchi tartibli spektral chiziqqa mos keladigan to'lqin uzunligini toping (nm).
16. Davri  $1 \cdot 10^{-3}$  mm bo'lgan difraksion panjarada kuzatilayotgan birinchi tartibli ikki simmetrik maksimumlar orasida burchak  $60^\circ$  bo'lsa, tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligi necha nm bo'ladi?
17. Difraksiya panjarasiga tik tushayotgan oq yorug'lik difraksiyalanganida 3-tartibli spektrdagi 780 nm to'lqin uzunlikli chiziq bilan 4-tartibli spektrdagi qanday to'lqin uzunlikli (nm) chiziq ustma-ust tushadi?
18. To'lqin uzunligi 600 nm bo'lgan monoxromatik yorug'lik to'lqini davri 3,6 mkm bo'lgan difraksion panjaraga tik tushmoqda.  $30^\circ$  burchak ostida ko'ringan difraksion maksimumning tartibini aniqlang.
19. Natriy sariq chizig'ining to'lqin uzunligi 5890 Å. Difraksion panjaraning davri 2 mkm bo'lsa, spektrning eng katta tartibi qanday?
20. Difraksiya panjarasining davri 2 mkm. Natriyning to'lqin uzunligi 589 nm bo'lgan sariq chizig'ining difraksiya manzarasidagi eng katta tartib nomerini aniqlang.
21. Har bir millimetrida 200 ta shtrixi bo'lgan difraksion panjaraga to'lqin uzunligi  $5 \cdot 10^{-5}$  sm bo'lgan monoxromatik to'lqin normal tushmoqda. Kuzatish mumkin bo'lgan chiziqlarning eng katta tartibini aniqlang.
22. 1 mm ga 400 shtrix to'g'ri keladigan difraksion panjaraga to'lqin uzunligi  $5 \cdot 10^{-5}$  sm bo'lgan yassi monoxromatik yorug'lik to'lqini tik tushmoqda. Spektrning eng katta tartibini aniqlang.
23. To'lqin uzunligi 0,5 mkm bo'lgan monoxromatik yorug'lik davri 2,9 mkm bo'lgan difraksion panjaraga tik tushmoqda. Ekranida nechta bosh maksimum kuzatiladi?
24. Doimiysi 1,1 mkm bo'lgan difraksion panjaraga to'lqin uzunligi 0,5 mkm bo'lgan yassi monoxromatik to'lqin normal tushmoqda. Kuzatish mumkin bo'lgan maksimumlar sonini toping.
25. Davri 3,4 mkm bo'lgan difraksion panjaraga tik ravishda to'lqin uzunligi 0,5 mkm bo'lgan monoxromatik yorug'lik tushmoqda. Ekranida nechta bosh maksimum kuzatiladi?

26. Yashil ( $\lambda = 0,5\text{mkm}$ ) nur bilan yoritilgan va doimiysi 100 mkm bo'lgan difraksion panjara nechta difraksion maksimum hosil qiladi?

### 31-DISPERSIYA HODISASIGA DOIR MASLALAR YECHISH

Asosiy formulalar

Nurning prizmadan o'tishda og'ish burchagi  $\varphi$  va prizmaning sindirish burchagi A orasidagi bog'lanish

$$\varphi = A(n - 1),$$

$n = \sqrt{\epsilon}$  - prizmaning sindirish ko'rsatkichi,

$\epsilon$  - muhitning dielektrik kirituvchanligi.

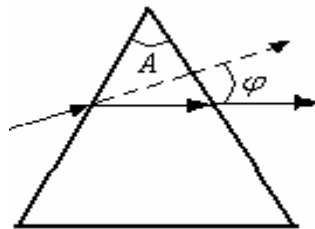
Yorug'likning moddalarda yutilish qonuni (Buger qonuni)

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

Ival0 - lar mos ravishda, qalinligi x-bo'lgan yutuvchi modda qatlamiga kiruvchi va undan chiquvchi yassi monoxromatik yorug'lik to'lqinlarining intensivligi;  $\alpha$  -yutish koefitsiyenti.

Vakuumdagi elektromagnit to'lqinlar uchun Dopler effekti

$$v = v_0 \frac{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}}{1 + \frac{g}{c} \cos \theta},$$



79-rasm

$v$  va  $v_0$  -lar mos ravishda manba chiqaradigan va qabul qiluvchi qabul qiladigan elektromagnit to'lqinlarining chastotalari;

$g$  - manbaning qabul qiluvchiga nisbatan tezligi; c- yorug'likning bo'shliqdagi tezligi;  $\theta$  - tezlik vektori  $\vec{V}$  va kuzatuvchiga bog'langan sanoq sistemasidagi kuzatish yo'nalishi orasidagi burchak.

Vakuumdagi elektromagnit to'lqinlar uchun Doplerning ko'ndalang effekti  $\left(\theta = \frac{\pi}{2}\right)$

$$v = v_0 \sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}$$

Vavilov – Cherenkov effekti

$$\cos \theta = \frac{c}{(n \cdot g)}$$

bunda  $\theta$  -nurlanishning tarqalish yo'nalishi va zarra tezligining vektori orasidagi burchak;  $n$  - muhitning sindirish ko'rsatkichi.

Yorug'likning qutblanish darajasi

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

bunda  $I_{\max}$  va  $I_{\min}$  - mos ravishda analizatoridan o'tuvchi qisman qutblangan yorug'likning maksimal va minimal intensivliklari

Malyus qonuni

$$I = I_0 \cos^2 \alpha,$$

$I$  - analizatoridan o'tgan yassi qutblangan yorug'likning intensivligi,

$I_0$  - analizatorga tushayotgan yassi qutblangan yorug'likning intensivligi,

$\alpha$  - qutblagich va analizatorlarning bosh tekisliklari orasidagi burchak.

Bryuster qonuni

$$tgi_B = n_{21}$$

$i_B$  -dielektrikdan qaytuvchi nur yassi qutblangan bo'lishi uchun tushish burchagi,  
 $n_{21}$ -nisbiy sindirish ko'rsatkichi.

Kerr yacheykasidagi Iyo'l uzunligida oddiy va g'ayrioddiy nurlar orasida hosil bo'ladigan optik yo'l farqi

$$\Delta = l(n_o - n_e) = k \cdot l \cdot E^2,$$

$n_o$  va  $n_e$  -lar mos ravishda, optik o'qqa perpendikulyar yo'nalishda oddiy va g'ayrioddiy nurlar uchun sindirish ko'rsatkichlari. E - elektr maydon kuchlanganligi,

$k$  - moddani xarakterlovchi doimiylik.

Qutblanish burchagining burilish burchagi:

optik aktiv kristallar va sof suyuqliklar uchun

$$\varphi = \alpha d;$$

optik aktiv eritmalar uchun

$$\varphi = [\alpha]Cd,$$

$d$  -yorug'likning optik aktiv moddada o'tuvchi yo'lining uzunligi.

$\alpha, [\alpha]$ -solishtirma burilish, C-optik aktiv moddaning suyuqlikdagi konsentratsiyasi.

## MASALA YECHISHGA MISOLLAR

1-misol. 550 nm to'lqin uzunlikli monoxromatik yorug'lik chiqarayotgan manba 0,2c tezlik bilan kuzatuvchi tomonga harakatlanadi. Kuzatuvchining qabul qiluvchisi qayd etadigan to'lqinning uzunligi aniqlansin.

Berilgan:

$$\lambda_0 = 550nm = 5,5 \cdot 10^{-10}m;$$

$$\beta = 0,2c;$$

$$c = 3 \cdot 10^8 m/c;$$

$$\beta = \pi.$$

$$\lambda = ?$$

Yechish: Vakuumdagi elektromagnit to'lqinlar uchun Dopler effekti quyidagi ifoda bilan aniqlanadi.

$$\nu = \nu_0 \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{1 + \frac{\beta}{c} \cos \beta} \quad (1)$$

bu erda  $\nu_0$  va  $\nu$  -mos ravishda, manba chiqaradigan va qabul qiluvchi qabul qiladigan elektromagnit nurlanishning chastotalari;  $\beta$  - manbaning qabul qiluvchiga nisbatan tezligi;  $\alpha$  - kuzatuvchi bilan bog'langan sanoq sistemasida o'lchanuvchi tezlik vektori  $\vec{V}$  va kuzatish yo'nalishi orasidagi burchak

Masalaning shartiga ko'ra  $\beta = \pi$  ( $\cos \beta = -1$ ) ligidan va  $\nu = \frac{c}{\lambda}$  ekanligini hisobga olsak (1)- ni quyidagicha yozishimiz mumkin.

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0} \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{(1 - \beta)} \quad (2)$$

Bundan qabul qiluvchi qayd etadigan to'lqin uzunligi

$$\lambda = \lambda_0 \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{\sqrt{1 + \beta}} \quad (3)$$

$$\beta = \frac{\beta}{c} = 0,2$$

ekanligini hisobga olib  $\lambda_0$  ning qiymatini (3)-ga qo'ysak

$$\lambda = 5,5 \cdot 10^{-7} \frac{\sqrt{1 - 0,2^2}}{\sqrt{1 + 0,2}} = 4,49 \cdot 10^{-7} m = 449nm.$$

ni topamiz.

Javob:  $\lambda = 449nm$ .

2-misol. Agar elektronning minimal impulsi  $2,44 \cdot 10^{-22} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$  bo'lsa, Vavilov-Cherenkov effekti kuzatiladigan muhitning sindirish ko'rsatkichi aniqlansin.

<p>Berilgan:</p> <p><math>m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg};</math></p> <p><math>P_{\min} = 2,44 \cdot 10^{-22} \text{ kg} \cdot \text{m/s}.</math></p> <p><math>n = ?</math></p>	$\left. \begin{array}{l} \text{Yechish: Vavilov – Cherenkov effekti zaryadlangan relyativistik} \\ \text{zarralarning muhitdagi o'zgarmas tezligi } \mathcal{G}, \text{ yorug'likning shu muhitdagi} \\ \text{fazoviy tezligidan katta bo'lgandagina hosil bo'ladi, ya'ni quyidagi shart} \\ \text{bajarilishi kerak} \\ \mathcal{G} > \frac{c}{n}. \end{array} \right\} (1)$
--	---

Agar  $\beta = \frac{\mathcal{G}}{c}$  ligini e'tiborga olsak (1)-ni quyidagicha yozishimiz mumkin

$\beta \cdot n > 1 (2)$

Relyativistik zarraning impulsi quyidagicha aniqlanadi

$$P = \frac{m_0 \mathcal{G}}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{m_0 \beta c}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad (3)$$

Impulsning minimal qiymati  $P_{\min}$  ga  $\beta_{\min} = \frac{1}{n}$  mos keladi. Unda

$$P_{\min} = \frac{m \cdot c}{\sqrt{n^2 - 1}} \quad (4)$$

Bundan so'ralayotgan muhitning sindirish ko'rsatkichi

$$n = \sqrt{\frac{m_0^2 c^2}{P_{\min}^2} + 1} \quad (5)$$

Kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib topamiz

$$n = \sqrt{\frac{(9,11 \cdot 10^{-31})^2 \cdot (3 \cdot 10^{10})^2}{(2,44 \cdot 10^{-22})^2} + 1} = 1,5$$

Javob:  $n = 1,5$ .

#### MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Shisha prizmaning qirrasiga ( $n = 1,5$ ) yorug'lik nuri tik tushadi. Agar prizmaning sindirish burchagi  $30^\circ$  bo'lsa, nurning og'ish burchagi aniqlansin.  $[18^\circ 36']$

2. Yorug'lik nuri shisha prizmaga ( $n = 1,5$ ) qanday burchak bilan tushgan bo'lsa, shunday burchak bilan chiqadi. Agar prizmaning sindirish burchagi  $60^\circ$  bo'lsa nurning prizmadan og'ish burchagi aniqlansin.  $(37^\circ 11')$

3. Ma'lum to'lqin uzunlikli monoxromatik yorug'lik uchun berilgan moddaning yutish koeffitsienti  $0,1 \text{ sm}^{-1}$ . Yorug'likni : 1) 2 marta; 2) 5 marta – susaytirish uchun modda qatlamining qalinliklarix1 vax2lar qancha bo'lishi aniqlansin. Yorug'likning qaytishidagi yo'qotish hisobga olinmasin.  
 $[1) x_1 = 6,93 \text{ sm}; 2) x_2 = 16,1 \text{ sm}]$

4. To'lqin uzunligi  $0,5 \text{ mkm}$  bo'lgan monoxromatik yorug'lik manbai kuzatuvchi tomonga  $0,15c$  tezlik bilan harakatlanmoqda (c-yorug'likning bo'shliqdagi tezligi). Kuzatuvchining qabul qiluvchisi qanday to'lqin uzunlikli yorug'likni qayd qilishi aniqlansin.  $[430 \text{ nm}]$

5. Ma'lum tumanlikning bizdan uzoqlashishida vodorod nurlanishning chizig'i ( $\lambda = 653,3 \text{ nm}$ ) uning spektrida qizil tomonga  $2,5 \text{ nm}$  ga siljiydi. Tumanlikning uzoqlashish tezligi aniqlansin.  $[11,4 \text{ Mm/s}]$

6.  $100\text{KeV}$  kinetik energiyali vodorod atomlari dastasiga nisbatan to'g'ri burchak ostida kuzatilganda, atomar vodorod spektral chiziqlari uchun ( $\lambda = 486,1\text{nm}$ ) dopler siljish aniqlansin.  $[51,7\text{Pm}]$
7. Sindirish ko'rsatkichi  $1,54$  bo'lgan muhitda elektron harakat yo'nalishiga  $30^\circ$  burchak ostida Cherenkov nurlanishi ro'y berishi uchun, elektronlarning tezligi qanday bo'lishi kerak. Elektronning tezligi yorug'lik tezligi ulushlarida ifodalansin.  $[0,75c]$
8. Sindirish ko'rsatkichi  $1,5$  bo'lgan muhitda cherenkov nurlanish vujudga kelishi uchun elektron qanday eng kichik tezlashtiruvchi potentsiallar farqidan o'tishi kerakligi aniqlansin.  $[175\text{kV}]$
9. Yorug'likning havodan osh tuzi kristaliga tushishdagi Bryuster burchagi  $57^\circ$ . Shu kristaldagi yorug'lik tezligi aniqlansin.  $[194\text{Mm/s}]$
10. Analizator, polyarizatoridan chiqayotgan yorug'lik intensivligini 2 marta kamaytiradi. Polyarizator va analizatorlarning o'tkazish tekisliklari orasidagi burchak aniqlansin. Analizatorda yorug'lik intensivligining yo'qotilishi hisobga olinmasin.  $[45^\circ]$
11. Polyarizator va analizatorlarning o'tkazish tekisliklari orasidagi burchak  $45^\circ$ . Agar burchak 600gacha orttirilsa, analizatoridan chiqayotgan yorug'lik intensivligi necha marta kamayadi?  $[2\text{marta}]$
12. Agar har bir nikolda unga tushayotgan yorug'likning o'n foizi yo'qotilsa, o'tkazish tekisliklari  $\alpha = 30^\circ$  burchak hosil qiladigan ikkita nikol orqali o'tayotgan yorug'likning intensivligi necha marta kamayadi.  $[3,3\text{marta}]$
13. Qisman qutblangan yorug'likning darajasi 0,5 ga teng. Analizator orqali o'tkazilayotgan yorug'likning maksimal intensivligi minimalidan necha marta farqqiladi.  $[3\text{marta}]$
14. Nikolga qisman qutblangan yorug'lik dastasi tushadi. Nikolning qandaydir holatida undan o'tadigan yorug'lik intensivligi minimal bo'ladi. Nikolning o'tkazish tekisligini oldingi holatiga nisbatan  $45^\circ$  burchakka buraganlarida yorug'lik intensivligi  $1,5$  marta ortdi. Yorug'likning qutblanish darajasi aniqlansin.  $[0,348]$
15. Uzunligi 8 sm bo'lgan shisha naychada saqlanayotgan nikotin (toza suyuqlik) natriy sariq yorug'ligining qutblanish tekisligini  $137^\circ$  burchakka buradi. Nikotinning zichligi  $1,01 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Nikotinning solishtirma burashi  $[\alpha]$  aniqlansin.  $[169\text{Gr} \cdot \text{m}^2/\text{kg}]$

## 32-NURLANISHNING KVANT TABIATIGA DOIR MASALALAR YECHISH

### ISSIQLIK NURLANISH QONUNLARI

Asosiy formulalar

Stefan - Boltsman qonuni

$$R_e = \sigma T^4,$$

bunda  $R_e$  -qora jismning energetik yorituvchanligi (nurlanuvchanligi);  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$  .

Stefan – Boltsman doimiysi; T-termodinamik harorat

Qora jismning energetik yorituvchanligi  $R_e$  va energetik yorituvchanlikning spektral zichligi  $r_{\nu,T}$  ( $r_{\lambda,T}$ ) orasidagi bog'lanish

$$R_e = \int_0^\infty r_{\nu,T} d\nu = \int_0^\infty r_{\lambda,T} d\lambda$$

Kulrang jismning energetik yorituvchanligi

$$R_T^K = A_T \sigma T^4,$$

bunda  $A_T$  - kulrang jismning yutish qobiliyati

Vinning siljish qonuni

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T},$$

bunda  $\lambda_{\max}$  -qora jism energetik yorituvchanligi spektral zichligining maksimal qiymatiga mos keluvchi to'liqning uzunligi;  $b = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$  - Vin doimiysi.

Qora jism energetik yorituvchanligi maksimal spektral zichligining haroratga bog'liqligi

$$r_{\lambda,T} = CT^5$$

$$C = 1,30 \cdot 10^{-5} \text{ W} / (\text{m}^3 \cdot \text{K}^5)$$

bu yerda

Qora jism energetik yorituvchanligining spektral zichligi uchun:

R eley -D jins formulasi

$$r_{\nu,T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \text{ -Boltsman doimiysi, } c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

bu yerda  $\nu$  -nurlanish chastotasi, yorug'likning bo'shliqdagi tezligi;

Plank formulasi

$$r_{\nu,T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \frac{h\nu}{e^{R\nu/(kT)} - 1},$$

$$r_{\lambda,T} = \frac{2\pi c^2 h}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/(kT\lambda)} - 1}.$$

Bunda  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  - Plank doimiysi,  $\lambda$  - nurlanishning to'liqin uzunligi.

Kvant energiyasi

$$E_0 = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Radiatsion  $T_p$  va haqiqiyTharoratlar orasidagi bog'lanish

$$T_T = \sqrt[4]{A_T} \cdot T,$$

bunda  $A_T$  - kulrang jismning yutish qobiliyati.

## MASALA YECHISHGA MISOLLAR

1-misol. Qora jismning dastlabki harorati 500K. Jismni qizitgandan keyin nurlanuvchanligi 5 marta ortsa, uning keyingi harorati qanday bo'ladi?

Berilgan:  
 $T_1=500\text{K}$ ,  
 $n=5$ .  
 $T_2=?$

Yechish: Qora jismning nurlanuvchanligi (energetik yorituvchanligi) Stefan – Boltsman qonuniga muvofiq aniqlanadi. Qonunni har ikkala holat uchun ham yozamiz

$$R_{e1} = \sigma T_1^4, \quad (1) \quad \text{va} \quad R_{e2} = \sigma T_2^4, \quad (2)$$

Tegishlimunosabatnituzsak

$$n = \frac{R_{e2}}{R_{e1}} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4 \quad (3)$$

Bundan

$$T_2 = \sqrt[4]{n} T_1 \quad (4)$$

Kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib olamiz

$$T_2 = \sqrt[4]{5} \cdot 500\text{K} \approx 1,5 \cdot 500\text{K} = 750\text{K}$$

Javob:  $T_2 = 750\text{K}$

2-misol. Agar qora jismning harorati bir foizga ortsa, uning energetik yorituvchanligi necha foizga ortadi?

Berilgan:

$$k = \frac{T_2}{T_1} \cdot 100\% = 101\%;$$

$$n = \frac{R_{e2}}{R_{e1}} \cdot 100\%.$$

$$\Delta n = ?$$

Yechish: Stefan – Boltsman qonuniga muvofiqqora jismning oldingi va keyingi holatlaridagi energetik yorituvchanligini aniqlaymiz

$$R_{e1} = \sigma T_1^4, \quad (1)$$

$$R_{e2} = \sigma T_2^4, \quad (2)$$

va ular yordamida quyidagi munosabatni tuzamiz

$$\frac{R_{e2}}{R_{e1}} = \frac{\sigma T_2^4}{\sigma T_1^4} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4. \quad (3)$$

Yoki uni qaytayozsak

$$n = K^4 \quad (4)$$

$k$  ning sonqiyamat yordamida olamiz

$$n = (1,01)^4 = 1,0406,$$

yoki foizlarda

$$n = 104,06\%,$$

$$\text{demak } \Delta n = n - n_0 = 104,06 - 100 = 4,06\%$$

va qora jismning energetik yorituvchanligi  $\Delta n = 4,06\%$  ga ortgan

Javob:  $\Delta n = 4,06\%$

Nikelelni qora jism deb hisoblab, sirtining yuzasi  $0,5\text{m}^2$  bo'lgan erigan nikelning haroratini  $14530\text{C}$  da tutib turish uchun zarur bo'lgan quvvat aniqlansin. Energiya yo'qotilishi inobatga olinmasin.  $[25,2\text{W}]$

Quyoshni qora jism deb hisoblab va energetik yorituvchanligi spektral zichligining maksimal qiymatiga to'g'ri keluvchi to'lqin uzunligi  $500\text{nm}$  ga to'g'ri keladi deb olib: 1) quyosh sirtining harorati; 2) 10 min davomida quyosh sirtidan elektromagnit to'lqinlar sifatida nurlanadigan energiya; 3) shu vaqt davomida nurlanish natijasida quyosh yo'qotadigan massa aniqlansin.

$$[1) T = 5,8\text{kK}; \quad 2) W = 2,34 \cdot 10^{29}\text{J}; \quad 3) \Delta m = 2,6 \cdot 10^{12}\text{kg}]$$

Atrof - muhitning harorati  $230\text{C}$  bo'lganda, nurlatadigan energiyasi yutadiganidan 10 marta ko'p bo'ladigan jismning harorati aniqlansin.  $[533\text{K}]$

## ISSIQLIK NURLANISH QONUNLARI

Asosiy formulalar

Stefan - Boltsman qonuni

$$R_e = \sigma T^4,$$

bunda  $R_e$  - qora jismning energetik yorituvchanligi (nurlanuvchanligi);  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$  -

Stefan – Boltsman doimiysi; T-termodinamik harorat

Qora jismning energetik yorituvchanligi  $R_e$  va energetik yorituvchanlikning spektral zichligi  $r_{\nu,T}$  ( $r_{\lambda,T}$ ) orasidagi bog'lanish

$$R_e = \int_0^\infty r_{\nu,T} d\nu = \int_0^\infty r_{\lambda,T} d\lambda$$

Kulrang jismning energetik yorituvchanligi

$$R_T^K = A_T \sigma T^4,$$

bunda  $A_T$  - kulrang jismning yutish qobiliyati

Vinning siljish qonuni

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T},$$

bunda  $\lambda_{\max}$  -qora jism energetik yorituvchanligi spektral zichligining maksimal qiymatiga mos keluvchi to'liqning uzunligi;  $b = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$  - Vin doimiysi.

Qora jism energetik yorituvchanligi maksimal spektral zichligining haroratga bog'liqligi

$$r_{\lambda,T} = CT^5,$$

$$C = 1,30 \cdot 10^{-5} \text{ W} / (\text{m}^3 \cdot \text{K}^5).$$

bu yerda

Qora jism energetik yorituvchanligining spektral zichligi uchun:

R eley -D jins formulasi

$$r_{\nu,T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT$$

bu yerda  $\nu$  -nurlanish chastotasi,  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} / \text{K}$  -Boltsman doimiysi,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} / \text{s}$  - yorug'likning bo'shliqdagi tezligi;

Plank formulasi

$$r_{\nu,T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \frac{h\nu}{e^{R\nu/(kT)} - 1},$$

$$r_{\lambda,T} = \frac{2\pi c^2 h}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/(kT\lambda)} - 1}.$$

Bunda  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  - Plank doimiysi,  $\lambda$  - nurlanishning to'liq uzunligi.

Kvant energiyasi

$$E_0 = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Radiatsion  $T_p$  va haqiqiyTharoratlar orasidagi bog'lanish

$$T_T = \sqrt[4]{A_T} \cdot T,$$

bunda  $A_T$  - kulrang jismning yutish qobiliyati.

## MASALA YECHISHGA MISOLLAR

1-misol. Qora jismning dastlabki harorati 500K. Jismni qizitgandan keyin nurlanuvchanligi 5 marta ortsa, uning keyingi harorati qanday bo'ladi?

Berilgan:

$T_1 = 500\text{K}$ ,

$n = 5$ .

$T_2 = ?$

Yechish: Qora jismning nurlanuvchanligi (energetik yorituvchanligi) Stefan – Boltsman qonuniga muvofiq aniqlanadi. Qonunni har ikkala holat uchun ham yozamiz

$$R_{e1} = \sigma T_1^4, \quad (1) \quad \text{va} \quad R_{e1} = \sigma T_2^4, \quad (2)$$

Tegishlimunosabatnituzsak

$$n = \frac{R_{e2}}{R_{e1}} = \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^4 \quad (3)$$

Bundan

$$T_2 = \sqrt[4]{n} T_1 \quad (4)$$

Kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib olamiz

$$T_2 = \sqrt[4]{5} \cdot 500\text{K} \approx 1,5 \cdot 500\text{K} = 750\text{K}$$

Javob:  $T_2 = 750\text{K}$ .



2-misol. Agar qora jismning harorati bir foizga ortsa, uning energetik yorituvchanligi necha foizga ortadi?

Berilgan:

$$k = \frac{T_2}{T_1} \cdot 100\% = 101\%;$$

$$n = \frac{R_{e2}}{R_{e1}} \cdot 100\%.$$

$$\Delta n = ?$$

Yechish: Stefan – Boltsman qonuniga muvofiqqora jismning oldingi va keyingi holatlaridagi energetik yorituvchanligini aniqlaymiz

$$R_{e1} = \sigma T_1^4, \quad (1)$$

$$R_{e2} = \sigma T_2^4, \quad (2)$$

va ular yordamida quyidagi munosabatni tuzamiz

$$\frac{R_{e2}}{R_{e1}} = \frac{\sigma T_2^4}{\sigma T_1^4} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4. \quad (3)$$

Yoki uni qaytayozsak

$$n = K^4 \quad (4)$$

$k$  ning sonqiyamat yordamida olamiz

$$n = (1,01)^4 = 1,0406,$$

yoki foizlarda

$$n = 104,06\%,$$

$$\text{demak } \Delta n = n - n_0 = 104,06 - 100 = 4,06\%$$

va qora jismning energetik yorituvchanligi  $\Delta n = 4,06\%$  ga ortgan

Javob:  $\Delta n = 4,06\%$

Nikelelni qora jism deb hisoblab, sirtining yuzasi  $0,5\text{m}^2$  bo'lgan erigan nikelning haroratini  $14530\text{C}$  da tutib turish uchun zarur bo'lgan quvvat aniqlansin. Energiya yo'qotilishi inobatga olinmasin.  $[25,2\text{W}]$

Quyoshni qora jism deb hisoblab va energetik yorituvchanligi spektral zichligining maksimal qiymatiga to'g'ri keluvchi to'lqin uzunligi  $500\text{nm}$  ga to'g'ri keladi deb olib: 1) quyosh sirtining harorati; 2) 10 min davomida quyosh sirtidan elektromagnit to'lqinlar sifatida nurlanadigan energiya; 3) shu vaqt davomida nurlanish natijasida quyosh yo'qotadigan massa aniqlansin.

$$[1) T = 5,8\text{kK}; 2) W = 2,34 \cdot 10^{29} \text{J}; 3) \Delta m = 2,6 \cdot 10^{12} \text{kg}]$$

Atrof - muhitning harorati  $230\text{C}$  bo'lganda, nurlatadigan energiyasi yutadiganidan 10 marta ko'p bo'ladigan jismning harorati aniqlansin.  $[533\text{K}]$

### 33-FOTOEFFEKT HODISASIGA DOIR MASALALAR YECHISH

Tashqi fotoeffekt qonunlari

Fotoeffektning 1-chi qonuni: Yorug'lik ta'sirida urib chiqarilgan elektronlar soni yorug'lik oqimi (intensivligi) ga to'g'ri proporsional.

• Fotoeffektning 2-chi qonuni: Yorug'lik ta'sirida urib chiqarilgan elektronlar energiyasi yorug'lik chastotasiga to'g'ri proporsional.

• Fotoeffektning 3-chi qonuni: Yorug'lik ta'sirida urib chiqarilgan elektronlar soni yorug'lik chastotasiga bog'liq emas.

• Fotoeffektning 4-chi qonuni: Yorug'lik ta'sirida urib chiqarilgan elektronlar energiyasi yorug'lik oqimi (intensivligi) ga bog'liq emas.

$$\bullet \text{ Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi: } h\nu = A + \frac{mv^2}{2} \quad E_k = h\nu - A,$$

$$\nu_{\min} = A/h, \quad \lambda_{\max} = ch/A,$$

A-elektronning moddadan chiqishishi.

1. Muayyan metal uchun fotoeffektning qizil chegarasi 331 nm bo'lsa, fotoeffektning vujudga keltiruvchi foton energiyasining minimal qiymati necha eV ga teng?  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .
2. To'lqin uzunligi necha mkm bo'lgan yorug'lik chiqishishi  $6,9 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  bo'lgan metallardan elektronlarni ajrata oladi?  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .
3. Elektronning chiqishishi  $3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  bo'lgan modda uchun fotoeffektning qizil chegarasini (m) aniqlang.  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .
4. Chiqishishi  $6,63 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  bo'lsa, quyidagi qaysi to'lqin uzunlikdagi yorug'likda fotoeffekt hodisasi kuzatilishi mumkin?  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .
5. Oltin uchun elektronlarning chiqishishi 4,76 eV. Foto-effektning qizil chegarasini toping (nanometrlarda). ( $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$ .)
6. Nikel uchun fotoeffektning qizil chegarasini aniqlang (m). Nikel uchun chiqishishi 5 eV ga teng.
7. Rux uchun elektronlarning chiqishishi 4,1 eV ga teng. Rux uchun fotoeffektning qizil chegarasini aniqlang (mkm). Plank doimiysi  $h = 4,1 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$ .
8. Alyuminiy uchun elektronlarning chiqishishi 4,25 eV ga teng. Alyuminiy uchun fotoeffektning qizil chegarasini toping (nanometrlarda). ( $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$ .)
9. Chastotasi  $1,5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$  bo'lgan yorug'lik ta'sirida moddadan uchib chiqayotgan fotoelektronlarning maksimal kinetic energiyasi  $3,3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  ekanligini bilgan holda, shu modda uchun fotoeffektning qizil chegarasini toping (Hz).  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .
10. Kumush uchun fotoeffektning uzun to'lqin (qizil) chegarasi 0,29 mkm ga teng. Chiqishishini aniqlang (eV).
11. Biror modda uchun fotoeffektning qizil chegarasi  $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  bo'lsa, shu moddadan fotoelektronlarning chiqishishi necha joul bo'ladi?  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .
12. Kaliy uchun fotoeffektning qizil chegarasi 600 nm to'lqin uzunligiga mos keladi. Kaliydan elektronlarning chiqishishi elektronvolt birliklarida nimaga teng?  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .
13. Agar seziyda fotoeffektning yuzaga keltiruvchi yorug'likning eng kata to'lqin uzunligi 620 nm bo'lsa, elektronning seziydan chiqishishi necha eV?  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .
14. Kaliy uchun fotoeffektning qizil chegarasi 600 nm. Kaliydan fotoelektronlarning chiqishishi necha joul?  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ;  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .
15. Kumush uchun fotoeffektning qizil chegarasi 0,3 mkm ga teng bo'lsa, chiqishishini toping (J).  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

### 34-ATOM FIZIKASIGA DOIR MASALALAR YECHISH

Asosiy formulalar

De-Broyl to'lqin uzunligi va zarra impulsi orasidagi bog'lanish

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\mathcal{G}}$$

bunda  $m$ —zarra massasi,  $\mathcal{G}$  - tezligi.

Noaniqlik munosabatlari:

zarraning koordinatasi va impulsi uchun

$$\Delta x \cdot \Delta P_x \geq h$$

$$\Delta y \cdot \Delta P_y \geq h$$

$$\Delta z \cdot \Delta P_z \geq h$$

bunda  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$  -koordinatalarning noaniqliklari;  $\Delta P_x$ ,  $\Delta P_y$ ,  $\Delta P_z$  - zarra impulsining mos koordinatalardagi proektsiyalarining noaniqliklari;

Energiya va vaqt uchun

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq h$$

bunda  $\Delta E$  -berilgan kvant holati uchun energiyaning noaniqligi,  $\Delta t$  - sistemaning shu holatda bo'lish vaqti. Shryodingerning umumiy tenglamasi

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi + U(x, y, z, t) \Psi = i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t}$$

Bunda  $\Psi = \Psi(x, y, z, t)$  -zarraning holati funktsiyasi;  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ ;  $\Delta = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d^2}{dz^2}$  -Laplas operatori;

$i = \sqrt{-1}$  -mavhum birlik;  $U = U(x, y, z, t)$  - zarraning harakatlanayotgan maydondagi potentsial energiyasi.

Statsionar holat uchun Shryodinger tenglamasi

$$\Delta \Psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \Psi = 0$$

bunda  $\Psi = \Psi(x, y, z)$  - to'liq funktsiyasining koordinatalarga bog'liqligi,  $E$  - zarraning to'la energiyasi. To'liq funktsiyasini normallashtirish sharti

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |\Psi|^2 dV = 1$$

Zarrani  $x_1$  da  $x_2$  gacha oraliqda bo'lish ehtimoli

$$W = \int_{x_1}^{x_2} |\Psi(x)|^2 dx$$

$\Psi$  - funktsiya bilan tavsiflanuvchi holatda bo'lgan zarrani xarakterlovchi  $L$  – fizik kattaliklarning o'rtacha qiymati

$$\langle L \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} L |\Psi|^2 dV$$

Erkin zarraning bir o'lchamli harakatini tavsiflovchi to'liq funktsiyasi

$$\Psi(x, t) = A \cdot e^{-\frac{i}{\hbar}(Et - P_x \cdot x)}$$

$A$  – de Broyl to'liqining amplitudasi;  $P_x = \hbar k$  -zarra impulsi,  $E = \hbar \omega$  - energiyasi.

Bir o'lchamli cheksiz chuqur potentsial o'raning  $\pi$  –energetik sathida bo'lgan zarra energiyasining xususiy qiymatlari

$$E_n = n^2 \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2} (n = 1, 2, 3, \dots)$$

bunda  $l$  – o'raning kengligi.

Energiyaning yuqorida keltirilgan xususiy qiymatlariga mos keluvchi xususiy to'liq funktsiyalari,

$$\Psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin \frac{n\pi}{l} x (n = 1, 2, 3, \dots)$$

Chekli  $l$  –kenglikli to'g'ri burchakli potentsial to'siqning shaffoflik koeffitsiyenti

$$D = D_0 \exp \left[ -\frac{2}{\hbar} \sqrt{2m(U - E)} l \right]$$

bunda  $D_0$  –ko'paytuvchi,  $U$  –potentsial to'siqning balandligi,  $E$  –zarra energiyasi.

Chiziqli garmonik ossillyator uchun Shryodinger tenglamasi

$$\frac{d^2 \Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E - \frac{m\omega_0^2 x^2}{2} \right) \Psi = 0$$

$$\frac{m\omega_0^2 x^2}{2} = U$$

bunda  $\frac{m\omega_0^2 x^2}{2}$  - ossilyatorning potentsial energiyasi;  $\omega_0$  - ossilyator tebranishining xususiy chastotasi;  $m$  - zarra massasi.

Garmonik ossilyator energiyasining xususiy qiymatlari

$$E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) h\omega_0 \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

Garmonik ossilyator nolinchi tebranishining energiyasi

$$E_0 = \frac{1}{2} h\omega_0$$

### MASALA YECHISHGA MISOLLAR

1-misol. Harakatdagi massasi tinchlikdagi massasidan ikki marta katta bo'lgan elektronning de-Broyl to'lqin uzunligi aniqlansin.

Berilgan:

$$m = 2m_0$$

$$\lambda = ?$$

Yechish: Elektronning de-Broyl to'lqin uzunligi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\vartheta} \quad (1)$$

Masalaningsharta ko'ra  $m = 2m_0$ .

Demak,

$$\lambda = \frac{h}{2m_0\vartheta} \quad (2)$$

Elektronning tezligini uning relyativistik massasi ifodasidan aniqlaymiz

$$m = 2m_0 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \vartheta^2/c^2}}$$

yoki

$$2\sqrt{1 - \frac{\vartheta^2}{c^2}} = 1 \quad (3)$$

(3)-ifodadan  $\vartheta$  ni topsak

$$\vartheta = \frac{\sqrt{3}}{2} c \quad (4)$$

(4)-ni (2)-ga qo'yib topamiz

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{3} \cdot m_0 \cdot c} \quad (5)$$

Standart kattaliklar  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ;  $m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  larni (5)-ga qo'yib olamiz

$$\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{3} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8} \text{ m} = 1,4 \text{ pm}$$

Javob:  $\lambda = 1,4 \text{ pm}$

2-misol. 700kV tezlashtiruvchi potentsiallar farqidan o'tgan elektronning de Broyl to'lqin uzunligi aniqlansin.

Berilgan:

$$U = 700 \text{ kV} = 7 \cdot 10^5 \text{ V}$$

$$\lambda = ?$$

Yechish: Elektronning de-Broyl to'lqin uzunligi va impulsi orasida quyidagi munosabat mavjud

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (1)$$

Elektronning impulsi uchun relyativistik yoki

norelyativistik ifodadan foydalanishni aniqlash uchun uning kinetik energiyasini hisoblaymiz. Ma'lumki,  $U$  tezlashtiruvchi potentsiallar farqini o'tgan elektronning kinetik energiyasi quyidagicha aniqlanadi

$$T = |e|U = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 7 \cdot 10^5 J = 7 \cdot 10^5 eV = 0,7 MeV$$

Elektronning tinchlikdagi energiyasi esa  $E_0 = m_0 c^2 = 0,512 MeV$ . Demak mazkur masalada impulsning relyativistik

$$P = \frac{\sqrt{(2E_0 + T)T}}{c} \quad (2)$$

ifodasidan foydalanmoq kerak. (2)-ni (1)-ga qo'ysak

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{\sqrt{(2E_0 + T)T}} = \frac{h \cdot c}{\sqrt{(2m_0 c^2 + |e|U)|e|U}} \quad (3)$$

Kattaliklarning qiymatlarini (3)-ga qo'ysak

$$\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{\sqrt{(2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 9 \cdot 10^{16} + 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 7 \cdot 10^5) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 7 \cdot 10^5}} m = 1,13 pm$$

Javob:  $\lambda = 1,13 pm$

#### MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

290 K haroratda o'rtacha kvadrat tezlik bilan harakatlanayotgan neytronning de-Broyl to'lqin uzunligi aniqlansin. [148 pm]

Protonning de-Broyl to'lqin uzunligi 1nm bo'lishi uchun, u qanday tezlashtiruvchi potentsiallar farqidan o'tishi kerakligi aniqlansin. [0,821 MV]

Zaryadlangan zarra 500V tezlashtiruvchi potentsiallar farqidan o'tganda de-Broyl to'lqin uzunligi 1,282pm ga teng bo'ladi. Agar bu zarraning zaryadi elektronning zaryadiga teng bo'lsa, uning massasi nimaga teng? [1,672 · 10<sup>-27</sup> kg]

Elektronning kinetik energiyasi 0,6MeV ga teng. Uning de-Broyl to'lqin uzunligi aniqlansin. [1,26 pm]

Elektronning qanday tezligida uning Kompton to'lqin uzunligi de-Broyl to'lqin uzunligiga teng bo'ladi. [2,12 · 10<sup>8</sup> m/s]

Elektron vodorod atomining birinchi bor orbitasida harakatlanmoqda. Tezlikni aniqlashdagi noaniqlik uning son qiymatining 10% ni tashkil qiladi deb hisoblab, elektron koordinatasining noaniqligi aniqlansin. [3,34nm]

Elektron, 0,3nm diametrli atom ichida deb hisoblab, energiyasining noaniqligi elektron – voltlarda hisoblansin. [ $h^2/[2m(\Delta x)^2] = 16,7 eV$ ]

Elektronning bir o'lchamli, to'g'ri burchakli cheksiz baland potentsial o'radagi normallashtirilgan xususiy

funksiyasi  $\Psi_n(x) = \sqrt{2/l} \cdot \sin \frac{n \cdot \pi}{l} x$  ko'rinishga ega, bu yerda l – o'raning kengligi. Elektron

koordinatasining o'rtacha qiymati aniqlansin. [ $l/2$ ]

Zarra l – kenglikli, bir o'lchamli, to'g'ri burchakli, cheksiz baland potentsial o'rada asosiy holatda turibdi.

Zarrani o'raning chapgi uchdan bir qismida bo'lish ehtimoli aniqlansin. [0,195]

To'g'ri burchakli potentsial to'siqning kengligi 0,1nm. Elektronning to'siqdan o'tish ehtimoli 0,99 bo'lishi uchun energiyalar farqi  $U - E$  necha elektron-volt bo'lishi aniqlansin. [ $10^{-4} eV$ ]

De-Broyl to'lqin uzunligi 100pm bo'lgan elektron x o'qining musbat yo'nalishi bo'ylab harakatlanib, o'z yo'lida balandligi 100eV bo'lgan cheksiz keng to'g'ri burchakli to'siqqa duch keladi. To'siqdan o'tgandan keyin elektronning de-Broyl to'lqin uzunligi aniqlansin. [172 pm]

12. Massasi 100g va uzunligi 0,5m bo'lgan matematik mayatnikni garmonik ostsillyator sifatida qarab, mayatnikning tebranishning nolinci energiyasiga to'g'ri keluvchi klassik amplitudasi aniqlansin.  $[1,54 \cdot 10^{-17} m]$ .

### 35-ATOM YADROSIGA DOIR MASALALA YECHISH

Asosiy formulalar

Yadroning radiusi

$$R = R_0 A^{1/3}$$

munosabat bilan aniqlanadi.  $R_0 = 1,4 \cdot 10^{-15} m$  -proportsionallik koeffitsiyenti. A – massa soni (yadro dagi nuklonlar soni).

Yadroning massa deffekti

$$\Delta m = [Z \cdot m_p + (A - Z)m_n] - m_{ya} = Zm_p + Nm_n - m_{ya}$$

bu yerda Z – yadro dagi protonlar, N – neytronlar soni,  $m_p$  va  $m_n$  mos ravishda proton va neytronlarning massalari.

Yadro bog'lanish energiyasi

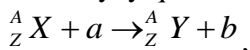
$$E_{bog'} = [Zm_p + (A - Z)m_n - m_{ya}]c^2 = [Z \cdot m_p + Nm_n - m_{ya}]c^2$$

Solishtirma bog'lanish energiyasi (bitta nuklonga to'g'ri keluvchi bog'lanish energiyasi)

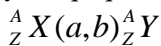
$$E_{sol} = \frac{E_{bog'}}{A}$$

Yadro reaksiyalari ramziy ravishda:

yoyiq



yoki qisqartirilgan



ko'rinishlarda yozilishi mumkin.

Yadro reaksiyalari energiyalari

$$Q = c^2[(m_1 + m_2) - (m_3 + m_4)]$$

bu yerda  $m_1$  va  $m_2$  lar yadro nishon va yo'naltirilgan zarraning tinch holatdagi massalari,  $m_3$  va  $m_4$  lar esa reaksiya mahsullarining massalari.

Yadro reaksiyalarining energiyasi quyidagi ko'rinishda ham tasvirlanishi mumkin:

$$Q = (T_1 + T_2) - (T_3 + T_4)$$

bu yerda  $T_1, T_2, T_3$  va  $T_4$  lar mos ravishda nishon yadro, yo'naltirilgan zarra, hosil bo'lgan zarra va mahsul yadroning kinetik energiyalari.

Uzluksiz zanjir reaksiyasining tezligi

$$\frac{dN}{dt} = \frac{N(k-1)}{T}$$

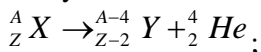
yoki boshqacha

$$N = N_0 e^{(k-1)t/T}$$

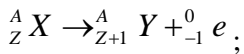
Bu yerda  $N_0$  -boshlang'ich holatdagi neytronlar soni, N – tvaqtdagi neytronlar soni, T – bir avlodning o'rtacha davri, k – neytronlarning ko'payish koeffitsiyenti.

Siljish qoidasi:

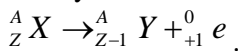
$\alpha$  - yemirilish uchun



$\beta^-$  - yemirilish uchun



$\beta^+$  - yemirilish uchun



## MASALAYYECHISHGA MISOLLAR

1-misol. Neytral atom  ${}^{12}_6 S$  massasining ( $m = 19,9272 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ) qancha qismini elektron qobig'ining massasi tashkil qilishi aniqlansin.

Berilgan:

$$m = 19,9272 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\frac{m'_E}{m} = ?$$

Yechish: So'ralgan nisbat quyidagi munosabatdan aniqlanadi

$$\frac{m'_e}{m}$$

Bu yerda  $m'_E = {}^{12}_E S$  atomidagi elektronlarning massalari, ya'ni  $m'_E = 6m'_e$ .

Demak

$$\frac{m'_E}{m} = \frac{6 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}{19,9272 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} = 2,74 \cdot 10^{-4}.$$

Javob:  $2,74 \cdot 10^{-4}$ .

2-misol. Xlor, nisbiy atom massalari  $A_{r_1} = 34,469$  va  $A_{r_2} = 36,966$  bo'lgan ikkita izotopning aralashmasidan iborat. Agar ularning massaviy ulushlari mos ravishda  $\omega_1 = 0,754$  va  $\omega_2 = 0,246$  bo'lsa, xlorning nisbiy atom massasi  $A_2$  hisoblansin.

Berilgan:

$$A_{r_1} = 34,469;$$

$$A_{r_2} = 36,966;$$

$$\omega_1 = 0,754;$$

$$\omega_2 = 0,246;$$

$$A_2 = ?$$

Yechish: Izotopdan tashkil topgan elementning nisbiy atom massasi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi

$$A_2 = \frac{A_{r_1} \cdot A_{r_2}}{\omega_1 A_{r_2} + \omega_2 A_{r_1}}.$$

Ushbu ifoda va berilganlar yordamida xlorning nisbiy atom massasini topamiz

$$A_2 = \frac{34,469 \cdot 36,966}{0,754 \cdot 36,966 + 0,246 \cdot 34,469} = \frac{1274,250}{27,874 + 8,480} = \frac{1274,250}{36,353} = 35,052$$

Javob:  $A_2 = 35,052$ .

## MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Xrom  ${}^{52}_{24} Cr$  neytral atomining massasi aniqlansin. [ $8,64 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ ].

2. Kislorodning uchta izotoni: 1)  ${}^{16}_8 O$ ; 2)  ${}^{17}_8 O$ ; 3)  ${}^{18}_8 O$  larning tarkibiga kiruvchi protonlar va neytronlar soni aniqlansin.

3. Bor elementi nisbiy atom massalari  $A_{r_1} = 10,013$  va  $A_{r_2} = 11,009$  bo'lgan ikkita izotopning

aralashmasidan iborat. Borning nisbiy atom massasi  $A_r = 10,811$  bo'lsa, izotoplarning massaviy ulushlari topilsin. [0,186; 0,814]

4. Agar neytral litiy atomining massasi 7,01601 a.m.b. ga teng bo'lsa, litiy yadrosining massasi aniqlansin. [7,01436 a.m.b.]

5. Kobalt atomi hajmining qancha qismini uning yadrosining hajmi tashkil qilishi baholansin. Kobaltning

zichligi  $4,5 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  [ $3 \cdot 10^{-14}$ ]

6. Alfa zarraning massa defekti, bog'lanish energiyasi va solishtirma bog'lanish energiyasi aniqlansin. [  $0,06 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ,  $33,7 \text{ MeV}$ ;  $8,42 \text{ MeV}$  ]
7.  ${}^3\text{H}(P, \gamma){}^4\text{He}$  yadro reaksiyasining energiyasi aniqlansin. [19,4MeV]
8. Uchta proton va to'rtta neytrondan iborat yadroning bog'lanish energiyasi 39,3MeV ga teng. Shunday yadroga ega bo'lgan neytral atomning massasi aniqlansin. [  $1,165 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$  ].
9.  ${}_{12}^{23}\text{Mg} \rightarrow {}_{11}^{23}\text{Na} + {}_1^0\text{e} + {}_0^0\gamma$  reaksiyasi natijasida ajraladigan energiya aniqlansin. Magniy va natriy neytral atomlarining massalari mos ravishda  $3,8184 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$  va  $3,8177 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$  ga teng. [2,9 MeV]
10.  ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_1^1\text{H} + {}_8^{17}\text{O}$  reaksiyasi natijasida energiya ajralishi yoki yutilishi aniqlansin.  $m_{{}_7^{14}\text{H}} = 3,3253 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ ,  $m_{{}_2^4\text{He}} = 6,6467 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ,  $m_{{}_1^1\text{H}} = 1,6737 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ,  $m_{{}_8^{17}\text{O}} = 2,8229 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .
11.  ${}_1^2\text{H} + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_2^3\text{He} + {}_0^1\text{n}$  yadro reaksiyasi natijasida 3,27MeV energiya ajraladi. Agar  $m_{{}_1^2\text{H}} = 3,34461 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  bo'lsa,  ${}_2^3\text{He}$  atomining massasi aniqlansin. [  $5,00841 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  ]
12. Tinch holatdagi  ${}_{86}^{220}\text{Rn}$  radon yadrosi  $16 \cdot 10^6 \text{ m/s}$  tezlik bilan  $\alpha$ -zarra chiqardi. Qanday yadro hosil bo'lishi aniqlansin. Tepki natijasida u qanday tezlik olgan? [  ${}_{84}^{216}\text{Po}$ ,  $296 \text{ km/s}$  ]
13.  ${}_{81}^{210}\text{Tl}$  talliy yadrosi  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$  - qo'rg'oshin yadrosiga aylanganda nechta  $\alpha$  va  $\beta$ -zarralar ajraladi (Bitta  $\alpha$ -zarra, uchta  $\beta$ -zarralar)
14. Uran  ${}_{92}^{235}\text{U}$  yadrosi issiq neytron yutganida ikkita bo'linish parchasi va ikkita neytron hosil bo'ladi. Agar bu bo'laklarning biri strontsiy  ${}_{38}^{95}\text{Sr}$  yadrosi bo'lsa, ikkinchi bo'lakning tartib nomeri Z va massa soni A aniqlansin. [54; 139]
15. Issiq neytronlar bilan ishlovchi yadro reaktorida bir avlod neytronlarning o'rtacha yashash vaqti  $T=90\text{ms}$  ga teng. Neytronlarning ko'payish koeffitsiyenti  $k \approx 1,002$  deb hisoblab, reaktor davri, ya'ni reaktordagi issiqlik neytronlari oqimi e marta ortish vaqti aniqlansin. [45s]



## **LABORATORIYA ISH № 1**

### **Mavzu: Havfsizlik texnikasi qoidalari va tajriba xatoliklarini aniqlash**

Laboratoriya ishini bajarishda quyidagilarga e'tiborni qaratish lozim:

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

Man etiladi:

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

### **Tajriba xatoliklarini aniqlash**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1. Qo'pol xatoliklar yoki yanglishishlar – tajriba olib boruvchining e'tiborsiz ishlashi tufayli (qurilmaning ko'rsatishini noto'g'ri ko'rish) yuzaga keladigan xatolar.
2. Sistematik xatoliklar – biror sabab ta'sirida yuzaga keladigan takrorlanuvchi (tarozi ko'rsatkichining nol' nuqtada turmasligi) xatolar.
3. Tasodifiy xatoliklar – kutilmagan sabablarga ko'ra (bino ichida haroratning ko'tarilib yoki pasayib ketishi) yuzaga keladigan har qaysi o'lchashda turlicha sabablarga ko'ra, yo'l qo'yiladigan xatolar.

### Bevosita o'lchashlarning tasodifiy xatoliklarini aniqlash

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

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

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

$$\begin{aligned} \Delta x_1 &= |x_1 - x_{o'r}| \\ \Delta x_2 &= |x_2 - x_{o'r}| \\ &\dots \dots \dots \\ \Delta x_n &= |x_n - x_{o'r}| \end{aligned}$$

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

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

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta x_{o'r}}{x_{o'r}} \quad (3).$$

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

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

Odatda o'lchashlarning o'rtacha nisbiy xatoligi hisoblanadi. O'rtacha absolyut xatolik  $\Delta x_{o'r}$  ning o'lchanayotgan kattalikning o'rtacha arifmetik qiymati  $x_{o'r}$  ga nisbatini o'rtacha nisbiy xatolik deb ataladi. Juda aniq o'lchash zarur bo'lmagan hollarda 5% gacha nisbiy xatolikka yo'l qo'yish mumkin deb hisoblanadi.

## LABORATORIYA ISH № 2

### Mavzu: TO'G'RI GEOMETRIK SHAKLDAGI JISMLARNING ZICHLIGINI ANIQLASH

**Ishning maqsadi:** Har xil tög'ri geometrik shakldagi jismlarning massasini tarozi yordamida ölçab va hajmini ularning chiziqli ölçamlari orqali aniqlab, moddalarning zichligini topishdan iborat. Bu ishda aniq geometrik shaklga ega bo'lgan moddalarning zichligi aniqlanadi.

**Kerakli asbob va jihozlar:** 1. Zichligi ölçanishi zarur bōlgan turli geometrik shakldagi jismlar. 2. Shtan-gentsirkul'. 3. Mikrometr. 4. Taroz tashlari bilan.

Moddaning zichligini uning massasini taroz yordamida tortish va hajmini geometrik ölçash usuli bilan aniqlash va bu kattaliklarning qiymatlarini

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \rho = \frac{m}{\ell^3} \quad (1)$$

formulaga keltirib qōyib hisoblash yōli bilan topish mumkin. Agar jism biror oddiy geometrik shaklga ega bōlsa, jismning hajmi uning chiziqli ölçamlarini ölçash orqali aniqlanadi.

Bu ishda aniq, geometrik shaklga ega bōlgan moddalarning zichligi aniqlanadi.

1. **Parallelohihed shaklidagi jismning zichligi** Parallelopipedning uzunligi  $\ell$ , eni  $b$  va balandligi  $h$  bōlsin. Bunday shaklga ega bōlgan jismning hajmi  $V = \ell b h$  bōladi. Agar massasi  $m$  bōlsa, u holda jismning zichligi quyidagi ifodadan topiladi:

$$\rho = \frac{m}{\ell b h} \quad (2)$$

2. **Kub shaklidagi jismning zichligi** Qirrasining uzunligi  $\ell$  bōlgan kub shaklidagi jismning zichligi

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

bōladi, bunda  $m$ — jismning massasi.

3. **Tsilindr shaklidagi moddaning zichligi** Balandligi  $h$ , radiusi  $R$  bōlgan tsilindr shaklidagi jismning hajmi  $V = \pi R^2 h$  bōladi, binobarin, uning zichligi quyidagi ifodadan topiladi:

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

4. *Shar shaklidagi jismning zichligi* Radiusi  $R$  bōlgan shar shaklidagi jismning hajmi  $V = 4 \pi R^3/3$  bōladi,uning zichligi esa

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

ifodadan topiladi.

Jismlarning chiziqli oʻlchamlari shtangentsirkul' va mikrometr yordamida bir necha bor oʻlchanadi.

Shtangentsirkul tishlari ichki tomonlari bilan bir-biriga zich tegib tursa, u holda chizig'ichdagi shkalaningnoli bilan nonius noli rōparama-rōpara tushadi. Oʻlchanishi kerak bōlgan jism shtangentsirkul' tishlari orasiga jismni siqib qōymaydigan qilib ohista joylashtiriladi, sōng  $E$  vint mahkamlanadi va shtangentsirkulning asosiy shkalasidan va noniusdan foydalanib, jismning uzunligi aniqlanadi.

***Ishni bajarish tartibi:***

1. Berilgan jismlarning massasini richagli tarozi yordamida 4-5 marta 0,0001 kg aniqlikkacha tortib aniqlang.

2. Jismlarning chiziqli oʻlchamlarini shtangentsirkul yoki mikrometr yordamida (ularning oʻlchash aniqligicha aniqlikda) 4-5 marta oʻlchang.

3. (2), (3), (4) va (5) formulalardan foydalanib, berilgan jismlarning zichliklarini hisoblab toping.

4. Har bir jism uchun zichlikning oʻrtacha qiymatini toping va jadvaldan foydalanib, jismlar qanday moddadan yasalganligini aniqlang.

5. Absolyut, nisbiy, oʻrtacha arifmetik xatoliklarni hisoblang.

№	№	m	l	b	h	$\rho$	$\rho_0$	$\Delta \rho$	$E\rho$
Parallelopiped shaklidagi jismlar uchun	1								
	2								
	3								
Kub shaklidagi jismlar uchun	1								
	2								
	3								
Silindr shaklidagi jismlar uchun	1								
	2								
	3								
Shar shaklidagi jismlar uchun	1								
	2								
	3								

**Nazorat savollar:**

1. Moddaning zichligi deb nimaga aytiladi?
2. Zichlik qanday birlikda oʻlchanadi?
3. Zichlik jismning shakliga bogʻliqmi?, Haroratchi? Geografik kenglikka-chi?

**Laboratoriya 3**  
**SUYUQLIKLARNING QOVUSHOQLIK KOEFFITSIENTINI STOKS USULI BILAN ANIQLASH**

**Ishning maqsadi:** Stoks usulidan foydalanib tajriba yo'li bilan yohishqoq suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsientini aniqlash.

**Kerakli asbob va jihozlar:** 1) uzunligi 100-150 sm bo'lgan silindrik shisha idish; 2) tekshiriladigan suyuqlik; 3) kichik metall sharchalar; 4) sekundomer; 5) lineyka 6) shtangenserkul

### Metodning nazariyasi va qurilmaning tuzilishi

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

$$F_i = -\eta \frac{dv}{dx} dS \quad (1)$$

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

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

$$F = 6 \pi v r \eta \quad (2)$$

Bunda  $v$ -sharchaning barqarorlashgan harakati tezligi,  $\eta$  - muhitning qovushoqlik koeffitsienti  $r$ -sharcha radiusi. (2) ifodadagi kattaliklar tajribada etarlicha aniq, o'lchanish mumkinligidan suyuqlikning qovushoqlik koeffitsienti  $\eta$  ni aniqlash imkoni kelib chiqadi.

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

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

$$\rho V \frac{dv}{dt} = \rho Vg - \rho_c Vg - 6 \pi v r \eta \quad (3) \text{ yoki}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\rho - \rho_c}{\rho} g - \frac{6\pi r \eta v}{\rho V} \quad (4)$$

Barqarorlashgan jarayon holida, ya'ni ikkinchi bosqichda  $v = v_0 = \text{const}$  bo'ladi.  $\frac{dv}{dt} = 0$  bo'lsa, bu hol uchun (4) tenglamani quyidagicha yozish mumkin.

$$\frac{\rho - \rho_c}{\rho} g - \frac{6\pi r \eta v}{\rho V} \text{ dan } \eta = \frac{\rho - \rho_c}{6\pi v_0 r} gV \quad (5)$$

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

$$\eta = \frac{2(\rho - \rho_c)}{9v_0} gr^2 \quad (6)$$

Bu formuladagi  $\rho, \rho_c, v_0, r$  kattaliklarning qiymatini bilgan holda suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffitsientini hisoblab topish mumkin.

Ichki ishqalanish koeffitsientini Stoks usulida aniqlashda ishlatiladigan qurilma diametri 4-5 sm, uzunligi 100 sm dan kam bo'lmagan silindrsimon shishadan iborat bo'ib, n va k belgilar qo'yilgan. Bu silindsimon idish taglikka mahkamlanib, u taglik vintlari va shovun yordamida tik o'rnatilgan. Silindr ichiga sig'adigan uzun

B ilgak ish bajarilayotganda idish ichiga tushirib qo'yiladi, u sharchalarni qaytarib olishga xizmat qiladi. Suyuqlikning sathi yuqoridagi  $n$  belgidan 5-8 sm balandroq bo'lishi kerak.

**Ishni bajarish tartibi:**

1. Tajrib aboshida tanlab olingan sharchalarning  $r$  radiuslarini hamda silindrsimon idishning ichki  $R$  radiuslarini shtangentsirkul yordamida o'lchab olinadi.
2. Sharchalarni bitta-bittadan suyuqlikka tashlab, har bir sharchaning ikki ( $n$  va  $k$ ) belgi orasidagi masofani bosib o'tish vaqti  $t$  sekundomer yordamida o'lchanadi.
3. Har bir sharcha uchun tajriba kamida 3-4 marta takrorlanib  $t$  ning o'rtacha qiymati topiladi.
4. Chizg'ich yordamida  $n$  va  $k$  belgilar orasidagi  $L$  masofa o'lchanadi, va  $v_0 = \frac{L}{t}$  formuladan har bir sharchaning barqarorlashgan harakat tezligi hisoblab topiladi.
5. O'lchangan va jadvaldan olingan kattaliklardan foydalanib (6) formula yordamida suyuqlikning ichki ishqalanish koeffetsentining qiymatlari hisoblanadi va hisoblangan xatoliklar quyidagi jadvalga yoziladi.

No	$g$	$\rho$	$\rho_c$	$r$	$R$	$L$	$t$	$\Delta t$	$v_0$	$\eta$	$\eta_{o'r}$	$\Delta\eta$	$\Delta\eta_{o'r}$	$E$
1														
2														
3														

**Sinov savollari:**

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

#### Tajriba ishi № 4

**Mavzu: Suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini halqani uzish usuli bilan aniqlash.**

**Kerakli asbob va materiallar:** 1. Jolli tarozisi. 2. Tekshirilayotgan suyuqlik (toza suv) 3. Shtangensirkul. 4. Tarozli toshlari. 5. Termometr.

**Ishning maqsadi:** Jolli tarozisi yordamida halqani suyuqlik sirtidan uzib oluvchi kuchning kattaligini tajribada o'lchab, suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini aniqlash.

Ma'lum diametr va qalinlikka ega bo'lgan halqani (1- rasm) suyuqlikning erkin sirtiga tekkizsak, suyuqlik va halqa moddasi molekulalarining o'zaro tortishishi natijasida halqa suyuqlikning erkin sirtiga yopishadi. Bu halqaning ichki va tashqi aylanasining sirtlari bo'ylab joylashgan molekulalari bilan suv molekulalarining o'zaro ta'siridan yuzaga keluvchi tutinish kuchining natijasidir.

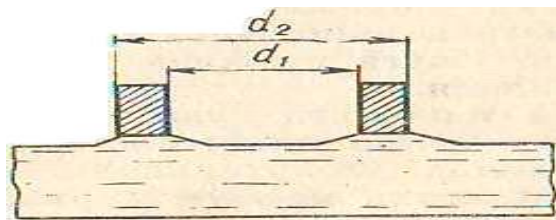
Agar halqani suyuqlik sirtidan ajratishga harakat qilinsa, molekulalar orasidagi tutinish kuchlari bunga qarshilik ko'rsatadi. Bu kuchlar halqaning ichkarisidan va tashqarisidan tegib turgan suyuqlikning sirt taranglik kuchini ifodalaydi. Suyuqlik sirtining halqaga tegib turgan chegarasining  $L$  uzunligi

$$\pi d_1 + \pi d_2 = L \quad (1)$$

ga teng, bunda  $d_1$  –halqaning ichki diametri,  $d_2$  -halqaning tashqi diametri, bu holda halqani tutib turuvchi sirt taranglik kuchi

$$F = \alpha/L = \alpha (\pi d_1 + \pi d_2) \quad (2)$$

bo'ladi. Bunda  $\alpha$ - suyuqlikning sirt taranglik koeffitsienti.



1-rasm

Halqani suyuqlikdan uzib oluvchi  $P$  kuch, halqani suyuqlikda tutib turuvchi  $F$  sirt taranglik kuchiga teng bo'lganda halqa suyuqlikdan uziladi. Bu sharoitda  $F=P$  bo'ladi. U holda (2) ifoda quyidagicha yoziladi:

$$P = \alpha/L = \alpha (\pi d_1 + \pi d_2), \text{ bundan } \alpha = \frac{P}{\pi d_1 + \pi d_2} \quad (3)$$

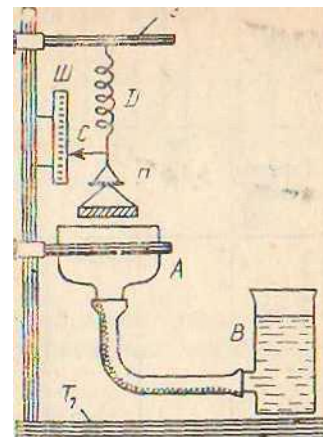
Agar halqa devorining qalinligini  $h$  desak,  $d_2 = d_1 + 2h$  bo'ladi, bu holda (3) kuyidagi ko'rinishni oladi:

$$\alpha = \frac{P}{2\pi(d_1 + h)} \quad (4)$$

(4) ifodadan ko'rinadiki, suyuqning sirt taranglik koeffitsientini topish uchun halqa bilan suyuqlik orasidagi  $P$  tortishish kuchini tajribada aniqlab, halqani  $d_1$  ichki diametrini va  $h$  qalinligini ulchash kifoya ekan.

Bu ishda sirt taranglik koeffitsientini Jolli tarozisi deb ataluvchi asbob vositasida aniqlanadi. Asbobning tuzilishi 2-rasmda ko'rsatilgan.  $T_1$  asosga  $T_2$  tayanch mahkamlanib unga  $Sh$  shkala vertikal urnatilgan. Gorizontall o'rnatilgan  $T_3$  sterjenga  $D$  dinamometr ilinib, unga  $P$  palla bilan halqa osib qo'yiladi. Ichiga suyuqlik quyilgan  $A$  idish halqa ostiga qo'yiladi.

A idishdagi suyuqlikning sathi shu idish bilan birga tutash idish sistemasini hosil qilgan V idish yordamida o'zgartiriladi. A idishga suyuqlik quyib, uning satxi ma'lum darajada ko'tarilsa, halqaga yetgan suyuqlikning erkin sirti unga yopishadi. Agar A idishdagi suyuqlik sathi pasaytirilsa, sirt taranglik kuchi kuchi halqani pastga torta boshlaydi, dinamometr prujinasi cho'zzila boshlaydi. Halqaga ta'sir etuvchi sirt taranglik kuchi dinamometrning deformatsiya kuchidan bir oz kichik bo'lishi bilan oq halqa suyuqlik sirtidan uziladi. Dinamometr strelkasining shkalada shu holatdagi ko'rsatishini va dastlabki ko'rsatishini bilgan holda halqaga ta'sir etuvchi kuch kattaligini topa olamiz.



### ISHNI BAJARISH TARTIBI

1. B idish rezina nay yordamida ikkinchi A idish bilan tutashtiriladi. B idish ichiga tekshiriladigan suyuqlik (suv) quyiladi va gorizontaal vaziyatdagi halqani A idish ichiga bir oz tushirib quyiladi.

2. A idishdagi suyuqlik sirti halqaga to'la tekkunga qadar B idish yuqoriga ko'tariladi. Agar B idish asta-sekin pastga tushirila borilsa, A idishdagi suv sathi ohista pasaya borib, prujinani cho'zadi, prujinaning pastki uchiga o'rnatilgan S strelka Sh shkala bo'yicha siljiy boshlaydi. Pujinaning chuzilishi ma'lum yerga yetgach, halqa suvdan tezda uziladi va dastlabki vaziyatga ko'tariladi. C strelkaning harakati kuzatila borib, uning halqaniig suyuqlikdan uzilish paytida III shkalaning nechanchi bo'linmasiga to'g'ri kelishi aniqlanadi va natija yozib olinadi.

3. Pujinaning cho'zilishini yuzaga keltiruvchi sirt taranglik kuchini aniqlash uchun P palla ustiga tarozi toshlarini qo'ya borib, strelkani halqa suv yuzidan ajralgan paytidagi vaziyatga keltiriladi. Palladagi toshlarni grammlar hisobidagi qiymatini kuch birligida ifodalab, P kuchning kattaligi aniqlanadi.

4. Shtangensirkul yordamida halqaning  $d_1$  ichki diametri va  $h$  qalinligini o'lchab, (3) formula yordamida  $\alpha$  hisoblanadi.

5. Bu tajribani 5-7 marta takrorlab,  $\alpha$  ning o'rtacha qiymatini topiladi.

6. Absolyut va nisbiy xatoliklar aniqlanadi.

7. Olingan natijalar quyidagi jadvalga yoziladi.

No	P, (n)	$d_1$ , (m)	H, (m)	A n/m	$\alpha_{o'r}$	$\Delta\alpha$	$\Delta\alpha_{o'r}$	$\frac{\langle\Delta\alpha\rangle}{\langle\alpha\rangle} \cdot 100\%$
1								
2								
3								

#### Nazarat uchun savollar.

1. Suyuqlik sirti tarangligining mexanizmini tushintiring
2. Molekulyar yoki ichki bosim deganda nimani tushunasiz?
3. Sirt taranglik kuchi va koeffitsenti deb nimaga aytiladi? Birliklari, ularning qiymati nimaga bog'liq?

#### TAJRIBA ISHI № 5

### 4. MATEMATIK MAYATNIK YORDAMIDA OG'IRLIK KUCHI TEZLANISHINI ANIQLASH

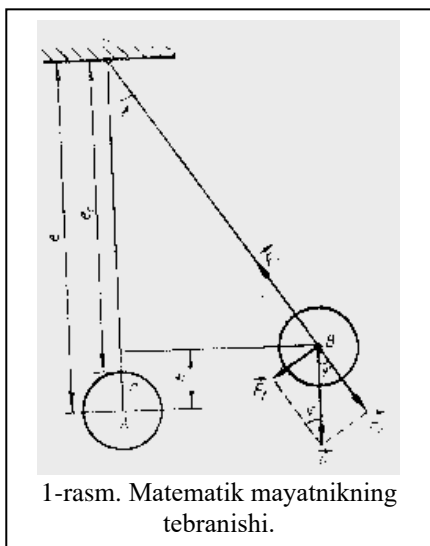
5.

6. **Kerakli asbob va materiallar:** 1) unchalik katta bo'lmagan metall sharha; 2) uzunligi 2 m ga yaqin cho'zilmaydigan ip; 3)chizg'ich; 4) shtangensirkul; 5) sekundomer.

#### 7. Nazariy ma'lumotlar

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





1-rasm. Matematik mayatnikning tebranishi.

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

10. Yerning turli geografik kengliklardagi nuqtalarida erkin tushish tezlanishining qiymati har xil bo`ladi. Masalan, Yer qutbida uning qiymati  $983 \text{ sm/s}^2$ , ekvatorida esa  $978 \text{ sm/s}^2$  ga teng.

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

12. *Matematik mayatnik* deb, vaznsiz, cho`zilmas ingichka ipga osilgan moddiy nuqtaga aytiladi.

Amalda cho`zilmas (aniqrog`i juda ham kam cho`ziladigan) ingichka ipga osilgan kichkina metall sharchani *matematik mayatnik* deb qarash mumkin.

13. 1-rasmdan quyidagini yozamiz:

$$14. \frac{F_1}{P} = \sin \varphi \quad \text{bundan} \quad F_1 = P \cdot \sin \varphi$$

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

$$16. F_1 = -mg \cdot \sin \varphi \quad (1)$$

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

$$18. \text{U vaqtda:} \quad F_1 = -mg \cdot \sin \varphi = -mg \cdot \frac{x}{\ell} \quad (2)$$

19. Ma`lumki,  $F_1$  ni qaytaruvchi kuch deb yuritiladi.

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

$$21. F_1 = m \alpha = -m \omega^2 x \quad (3)$$

$$22. (2) \text{ va } (3) \text{ lardan quyidagini yozamiz: } -mg \frac{x}{\ell} = -m \omega^2 x \text{ bundan } \omega^2 = \frac{g}{\ell} \text{ yoki } \omega = \frac{2\pi}{T}$$

ga tengligini eslasak,  $\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{g}{\ell}$  bundan quyidagini hosil qilamiz:

$$23. g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2} \quad (4)$$

24. Bu erda:  $\ell$  - matematik mayatnik uzunligi,  $T$  - mayatnikning to`la tebranish davri.

25. Mayatnikning uzunligi  $\ell$ , ipning uzunligi  $\ell_0$  bilan sharcha radiusi  $r$  ning yig`indisiga teng:

$$26. \ell = \ell_0 + r$$

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

$$28. T = \frac{t}{N}$$

## 29. Ishni bajarish tartibi.

30. 1. Chizg'ich yordamida matematik mayatnik ipining tanlab olingan uzunligi  $\ell_0$  va shtangentsirkul bilan sharcha diametri  $d$  lar 3 martadan o'lchanadi (bunday holda sharcha radiusi  $r = \frac{d}{2}$  ga teng).
31. 2. Har qaysi o'lchashdagi mayatnikning uzunligi  $\ell = \ell_0 + r$  lar hisoblanadi.
32. 3. Mayatnikning biror  $N$  marta tebranishi uchun ketgan vaqt ham 5 marta o'lchanadi. Aniqroq natijalarni olish uchun mayatnikni 60-100 marta tebrantirish kerak.
33. 4. Olingan ma'lumotlar asosida  $\ell$ ,  $t$ ,  $N$ ,  $g$ ,  $g_{o'r}$ ,  $\Delta g$ ,  $\Delta g_{o'r}$ ,  $E$  lar hisoblanadi. O'lchash va hisoblashlar natijalari 1-jadvalga yoziladi.
- 34.
35. 1-jadval. Erkin tushish tezlanishini matematik mayatnik yordamida aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari to'ldiriladi.

### 36.

Tajribalar	$\ell$	$t$	$N$	$T$	$g$	$g_{o'r}$	$\Delta g$	$\Delta g_{o'r}$	$E$
1									
2									
3									

### 37. Sinov savollari

- 38.1. Jismlarning qanday harakati erkin tushishi deb aytiladi?
- 39.2. Erkin tushish tezlanishi  $g$  ning qiymatlari geografik koordinatlarga bog'liqmi? Agar bog'liq bo'lsa sababi qanday?
- 40.3. Nima uchun mayatnikning tebranish davrini uning ko'p marta tebranishlari asosida topiladi?
- 41.4. Matematik mayatnik tebranish davri formulasi qanday chiqariladi?

## Laboratoriya 6

### Oberbek mayatnigi yordamida qattiq jismning inersiya momentini aniqlash

**Ishning maqsadi:** Aylanma harakat qonunlarini o'rganish va aylanuvchi sistemaning inersiya momentini aniqlash. Qattiq jismning aylanma harakat dinamikasi qonunlarini o'rganish.

**Kerakli asboblari:** Oberbek mayatnigi, sekundomer, shtangentsirkul va yuklar.

### NAZARIY QISM

Tashqi kuch ta'sirida berilgan jismni tashkil etuvchi elementar bo'lakchalarning bir-birlariga nisbatan vaziyatlari o'zgarmasa, ya'ni deformatsiyalanmasa, bunday jism absolyut **qattiq jism** deyiladi.

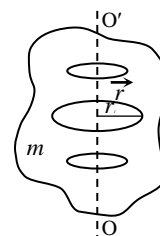
Qattiq jismning **aylanma harakati** deb shunday harakatga aytiladiki, bunda uni tashkil qiluvchi barcha elementar bo'lakchalar traektoriyalari aylanalardan iborat bo'lgan chiziqlar chizadi va bu aylanalarning markazlari aylanish o'qi deb ataluvchi to'g'ri chiziqda yotadi (2.1-rasm).

Qattiq jismning aylanma harakati burchak tezlik, burchak tezlanish, kuch momenti va inersiya momentlari bilan xarakterlanadi.

Birlik vaqt davomidagi burilish burchagiga teng bo'lgan kattalikka **burchak tezlik** deyiladi.

Agar qattiq jism  $\Delta t$  vakt ichida  $\Delta\phi$  burchakka burilsa, u xolda burchak tezlik  $\omega$  kuyidagi formuladan aniklanadi:

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = d\phi/dt. \quad (2.1)$$



2.1-rasm

Demak, burchak tezlik burilish burchagidan vakt buyicha olingan birinchi tartibli xosilaga teng ekan. Burchak tezlik vektor kattalik bulib, uning yunalishini "o'ng vint" koidasi buyicha aniklash mumkin. Vintning aylanish yunalishi moddiy nuqta aylanma xarakatining yunalishini ifodalasa, yukning ilgarilanma xarakati burchak tezlik yunalishini kursatadi.

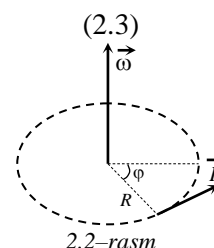
Aylana yoyi uzunligi bilan markaziy burchak va aylana radiusi orasidagi bog'lanish  $\Delta S=R\cdot\Delta\varphi$  ekanini xisobga olsak chizikli tezlik bilan burchak tezlik orasidagi boglanish kelib chikadi:

$$v=\lim_{\Delta t\rightarrow 0}(\Delta S/\Delta t)=\lim_{\Delta t\rightarrow 0}(R\Delta\varphi/\Delta t)=R\lim_{\Delta t\rightarrow 0}(\Delta\varphi/\Delta t)=\omega R. \quad (2.2)$$

Tezlik vektor kattalik bulgani uchun (2.2) ifoda vektor shaklida quyidagicha eziladi:

$$\vec{v}=[\vec{\omega}\times\vec{R}]. \quad (2.3)$$

Demak, chizikli tezlik vektori burchak tezlik vektori bilan radius vektorning vektor kupaytmasiga teng ekan. Ung vint koidasiga kura bu uch vektor 2.2-rasmda kursatilgan yunalishlarga ega bo'ladi.



Agar  $\omega=const$  bulsa, aylanma xarakat tekis buladi. U xolda burchak tezlikni aylanish davri va chastotasi bilan ifodalash mumkin.

Tulik bir marta aylanish uchun ketgan vaktga **aylanish davri** ( $T$ ), birlik vakt oraligidagi aylanishlar soniga **aylanish chastotasi** ( $\nu$ ) deyiladi.

Ular orasidagi boglanish  $T=1/\nu$  ga teng.

Agar  $\omega\neq const$  bulsa, xarakat notekis buladi.

Notekis aylanma xarakat burchak tezlanish deb ataladigan kattalik bilan xarakterlanadi.

Burchak tezlikning vakt birligi oraligidagi uzgarishiga **burchak tezlanish** deyiladi.

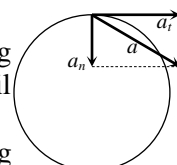
Agar  $\Delta t$  vakt oraligida moddiy nuqtaning burchak tezligi  $\Delta\omega$  kadar uzgarsa, uning burchak tezlanishi quyidagicha buladi:

$$\vec{\varepsilon}=\lim_{\Delta t\rightarrow 0}\frac{\Delta\vec{\omega}}{\Delta t}=\frac{d\vec{\omega}}{dt}. \quad (2.4)$$

Burchak tezlanish burchak tezlikdan vakt buyicha olingan birinchi tartibli xosilaga teng.

Burchak tezlanish ham vektor kattalikdir. Uning yo'nalishi burchak tezlik bilan mos tushadi, agarda qattiq jism tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan bo'lsa, aks holda teskari yoo'nalgan bo'ladi.

Notekis xarakatda tezlik vektori  $\vec{v}$  mikdori va yunalishi buyicha uzgaradi. SHuning uchun bu xarakatda ishtirok etayotgan moddiy nuqtaning chizikli tezlanishini ikki tashkil etuvchiga ajratamiz (2.3-rasm).



$a_t$  – tezlanishning tangensial tashkil etuvchisi. U vakt birligi oraligida chizikli tezlikning mikdoriy uzgarishini quyidagicha xarakterlaydi:

$$a_t=\frac{dv}{dt}=\frac{d(\omega R)}{dt}=R\frac{d\omega}{dt}=R\varepsilon, a_t=\varepsilon\cdot R. \quad (2.5)$$

Demak, tangensial tezlanish burchak tezlanishning aylana radiusiga bulgan kupaytmasiga teng ekan.

Tezlanishning normal tashkil etuvchisi esa, tezlikning yunalishi buyicha uzgarishini kursatadi va quyidagicha aniklanadi:

$$a_n=\frac{v^2}{R}=\frac{\omega^2 R^2}{R}=\omega^2 R, a_n=\omega^2\cdot R. \quad (2.6)$$

Keltirilgan ifodalarni kattik jism uchun umumlashtirishda, uni fikran shunday mayda bulaklarga bulamizki, ularning xar birini moddiy nuqta deb xisoblash mumkin bulsin.

Jismni aylanma xarakatga keltiruvchi kuchning ta'siri uning kuyilish nuqtasiga va kuch yunalishiga boglik. Aylanish ukidan turli masofalarga kuyilgan aynan bir kuch jismga turli burchak tezlanish beradi. Shu sababli kattik jism aylanma xarakat dinamikasining tenglamasini keltirib chikarish uchun kuch va massa tushunchalaridan tashkari, kuch momenti, xamda inersiya momenti degan kattaliklar kiritiladi.

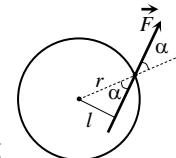
Elementar bulakchaga kuyilgan  $\vec{F}$  kuchning aylanish markazidan kuch kuyilgan nuqtaga utkazilgan  $\vec{r}$  radius-vektorga vektor kupaytmasi **kuch momenti** deb ataladi. Kuch momentining vektori quyidagi formuladan aniklanadi:

$$\vec{M}=[\vec{r}\times\vec{F}].$$

Kuch momentining moduli quyidagicha bo'ladi:

$$M=F\cdot r\cdot\sin\alpha=Fl, \quad (2.7)$$

bunda  $l=r\cdot\sin\alpha$  bulib, kuch yunalishiga aylanish markazidan tushirilgan perpendikulyar uzunligini ifodalaydi va **kuch elkasi** deb yuritiladi. Demak, kuch momenti kiymat jixatidan kuchning elkaga bulgan kupaytmasiga



2.4-rasm

teng ekan, 2.4-rasmda moddiy nuqta deb karash mumkin bulgan bitta elementar bulakchanning aylana buylab xarakati tasvirlangan.

Kuch momentining **XBS (SI)** dagi birligi  **$N \cdot m$**  bo'ladi.

Elementar bulakcha massasi ( $m$ ) bilan bu bulakchadan aylanish markazigacha bulgan masofa kvadrati ( $r^2$ ) kupaytmasiga teng bulgan kattalik elementar bulakchanning (moddiy nuqtaning) aylanish markaziga nisbatan **inersiya momenti** deyiladi va u quyidagiga teng buladi:

$$I = mr^2. \quad (2.8)$$

Kattik jismni tashkil etuvchi elementar bulakchalar aylanish ukidan turli masofalarda joylashgan ( $r$  – turlicha).

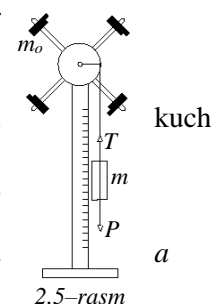
Binobarin, (2.8) formulaga asosan elementar bulakchalarning inersiya momentlari turlicha buladi. Inersiya momenti skalyar kattalik bulgani uchun biror kuzgalmas ukka nisbatan jismning inersiya momenti uni tashkil etuvchi elementar bulakchalarning shu ukka nisbatan inersiya momentlarining yigindisiga teng buladi.

Agar elementar bulakchalar massalarini  $m_1, m_2, \dots, m_i$ , ularning kuzgalmas ukka nisbatan aylanish radiuslarini  $r_1, r_2, \dots, r_i$  desak, u xolda jismning shu ukka nisbatan inersiya momenti quyidagi formuladan topiladi:

$$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2. \quad (2.9)$$

### Tajriba qismi

Asbob qurilmasi Oberbek mayatnigidan iborat bo'lib bir xil massali ( $m$ ) toshlar o'rnatilgan krestovinadan iborat (2.5-rasm). Toshlarini aylanish o'qiga nisbatan turli masofada o'rnatish mumkin. Agar bu yuklar aylanish o'qidan bir xil masofada tursa, aylanish o'qi qurilmaning massalar markazidan o'tganligi sababli, krestovinaga tashqi ta'sir etmaguncha u o'zining muvozanatli holatini saqlaydi. Krestovina o'qida shkiv A o'rnatilgan bo'lib, unga o'ralgan ipga  $R$  yukni osib, butun sistemani harakatga keltirish mumkin. YUkning og'irlik kuchi ta'sirida ip taranglashadi. Og'irlik kuchi  $R$  pastga, taranglik kuchi  $T$  yuqoriga tomon yo'nalgan. Bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi jismga tezlanish beradi.



2.5-rasm

Nyutonning 2-qonuniga ko'ra, ushbu sistema uchun quyidagi vektor tenglik

$$m \vec{a} = \vec{P} + \vec{T}. \quad (2.10)$$

o'rinli:

Bu tenglikning modulini ezishda shartli ravishda harakatning musbat yunalishini belgilab olamiz. Rasmda ko'rsatilgan yo'nalishdagi kuchlarni musbat desak, teskari yo'nalishdagi kuchlar manfiy buladi. U holda natijalovchi kuch quyidagiga teng bo'ladi:

$$ma = P - T = mg - T, \quad (2.11)$$

bu yerda:  $m$  – pastga tushayotgan yukning massasi,  $a$  – harakatlanayotgan yukning tezlanishi,  $P = mg$  – yukning og'irligi,  $T$  – taranglik kuchi.

Bundan taranglik kuchi quyidagiga teng bo'ladi:

$$T = mg - ma = m(g - a). \quad (2.12)$$

Taranglik kuchining aks ta'sir etuvchisi shkivga qo'yilgan bo'lib, bu kuchning aylantiruvchi momenti quyidagiga teng:

$$M = T \cdot r = m(g - a) \cdot r, \quad (2.13)$$

bunda  $r$  – shkiv radiusi,  $m$  – osilgan yuk massasi.

Ikkinchi tomondan aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasiga asosan:

$$\vec{M} = I \vec{\epsilon}. \quad (2.14)$$

(2.5) ifodadan  $\epsilon$  ni topib, uni (2.14) ga qo'ysak va uni (2.13) ifoda bilan tenglashtirib,  $I$  ga nisbatan echsak quyidagi formulani hosil kilamiz:

$$I = mr^2(g/a - 1). \quad (2.15)$$

Yukning boshlang'ich tezligi nolga teng. Binobarin, yukning harakati boshlang'ich tezliksiz tekis tezlanuvchan harakatdan iborat bo'lganligi uchun yo'l formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$h = at^2/2. \quad (2.16)$$

Bundan yukning olgan tezlanishini topamiz:

$$a = 2h/t^2. \quad (2.17)$$

(2.17) ni (2.15) ga qo'yib krestovinaning inersiya momentini topamiz:

$$I = mr^2 \left( \frac{gt^2}{2h} - 1 \right) \quad (2.18)$$

### Ishni bajarish tartibi

Tajriba 2.5–rasmda ko‘rsatilgan qurilma yordamida quyidagi tartibda o‘tkaziladi:

1. Krestovinning sterjenidan yukchalar chiqarib olinadi.
2. Shtangensirkul yordamida shkivning diametrini o‘lchab, uning radiusi  $r$  aniqlanadi.
3. Krestovinning aylantirib,  $m$  massali yuk yuqoriga ko‘tariladi. Ko‘tarilish balandligi  $h$  o‘lchanadi.
4. Yukni qo‘yib yuborib, sekundomer ishga tushiriladi va  $m$  massali yukning harakatlanish vaqti  $t$  o‘lchanadi.
5. Yukoridagi tajriba boshqa massali yuklar uchun takrorlanadi va har gal yukning tushish vaqti o‘lchanadi.
6. Bunday o‘lchashlar 5 marta takrorlanib olingan natijalar 1-jadvalga yoziladi.
7. Barcha hollar uchun (2.18) formuladan aylanuvchi sistemaning inersiya momenti  $I_0$  aniqlanib, so‘ng ularning o‘rtacha qiymati  $\langle I_0 \rangle$  hisoblanadi. O‘lchash va hisoblash natijalari 1-jadvalga yoziladi.

**1-jadval**

No	$h, m$	$r, m$	$m, kg$	$t, s$	$I_0, kg \cdot m^2$	$\langle I_0 \rangle$	$\Delta I_0$	$\langle I_0 \rangle$	$\varepsilon, \%$
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									

8. Krestovina sterjenlari uchlariga bir xil  $m_0$  massali yuklarni aylanish o‘qidan bir xil masofada qilib o‘rnatib, farqsiz muvozanat hosil qilinadi. So‘ng 5, 6, 7 punktlardagi amallar takrorlanadi. (2.18) formuladan yukli krestovinning inersiya momentlari  $I_1$  ni hisoblab, ularning o‘rtacha qiymati aniqlanadi. O‘lchash va hisoblash natijalari 2-jadvalga yoziladi.

**2-jadval**

No	$h, m$	$r, m$	$m, kg$	$t, s$	$I_1, kg \cdot m^2$	$\langle I_1 \rangle$	$\Delta I_1$	$\langle I_1 \rangle$	$\varepsilon, \%$
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									

9. Hisoblash natijalaridan absolyut va nisbiy xatoliklar aniqlanadi.
10. Huddi shu tajriba yuklar krestovinning aylanish o‘qiga yaqin bo‘lgan qismida bajariladi va (2.18) formuladan yukli krestovinning inersiya momentlari  $I_2$  ni aniqlanadi va 3-jadvalga yoziladi.

**3-jadval**

No	$h, m$	$r, m$	$m, kg$	$t, s$	$I_2, kg \cdot m^2$	$\langle I_2 \rangle$	$\Delta I_2$	$\langle I_2 \rangle$	$\varepsilon, \%$
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									

Krestovina sterjeniga o‘rnatilgan har bir yukning inersiya momenti quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$I = \frac{1}{4} (\langle I_i \rangle - \langle I_0 \rangle) \quad (2.19)$$

### Sinov savollari

1. Absolyut qattiq jism deb qanday jismga aytiladi?
2. Aylanma harakat deb qanday harakatga aytiladi?
3. Aylanma harakat qanday fizik kattaliklar bilan xarakterlanadi va ular qanday birliklarda o‘lchanadi?

4. Ilgarilanma va aylanma harakatni xarakterlovchi kattaliklar orasidagi bog'lanishlarni keltiring?
5. Nyutonning 2-qonunini ilgarilanma va aylanma harakat uchun yozib ta'riflab bering.
6. Ishchi formulani keltirib chikaring.

## **LABORATORIYA ISH № 7**

### **EGILISH DEFORMATSIYA METODI BILAN ELASTIKLIK MODULINI ANIQLASH.**

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

**Kerakli asbob va uskunalar:** 1) elastiklik modulini aniqlovchi sterjenlar, 2) 40, 50 sm li yoqoch yoki po'lat chizqich; 3) massalari 2 kg gacha bo'lgan xar xil massali jismlar 4) shtangentsirkul 5) 1 metr uzunlikdagi masshtabli chizqich

### **NAZARIY QISM**

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

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

1. Deformatsiya kattaligi tashqi kuchning kattaligiga to'qri proporsional bo'ladi.
2. Tashqi kuchning ishorasi o'zgarsa, deformatsiya kattaligining ishorasigina o'zgaradi, ammo absolyut qiymati o'zgarmaydi.
3. Bir qancha tashqi kuchlar ta'sir qilgandagi umumiy deformatsiya har bir kuchning ta'sirida vujudga keladigan deformatsiya yig'indisiga teng bo'ladi.

Kristall jismga bo'lgan har qanday tashqi ta'sir, masalan, mexanik ta'sir kristall panjarasining muvozanat holatini buzadi. Bu ta'sir kristall jism ichidagi zarralarning siljishiga sabab bo'ladi. Bu esa jismning shakli yoki hajmi o'zgarishiga olib keladi. Tajribalar deformatsiya kattaligi jism o'lchamiga, kuch jismning qaerga ta'sir qilishiga, kuchning yo'nalishiga va jismning qanday materialdan tayyorlanishiga bog'liqligini ko'rsatadi.

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

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

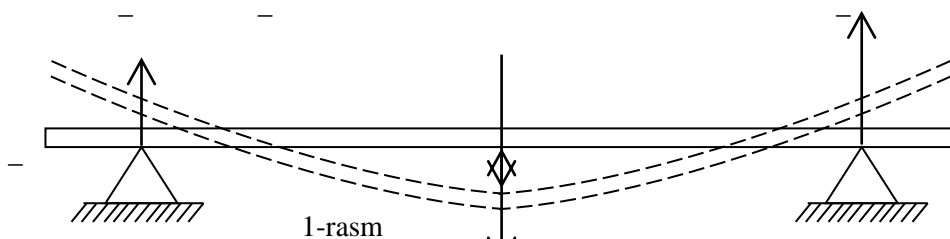
Sterjen erkin uchining siljishi egilish strelkasi deyiladi, Yuk qanchalik katta bo'lsa, egilish strelkasi ham katta bo'ladi, Bundan tashqari, egilish strelkasi sterjenning shakli va o'lchamiga hamda uning elastiklik moduliga bog'liq bo'lishi kerak. Uzunligi  $L$ , eni  $a$  va qalinligi  $b$  bo'lgan sterjenning egilish strelkasi (masofasi)  $\lambda = \frac{4PL^3}{Eab^3}$  (1) formula bilan ifodalanadi, bu erda  $E$  – sterjen materialining Yung moduli,  $P$  – sterjenning uchiga qo'yilgan yuk og'irligi.

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

bu holda (1) formuladan  $E = \frac{mgL^3}{4ab^3\lambda}$  (2) ekanligi kelib chiqadi.

### Ishni bajarish tartibi

1. Qurilmaga po'lat yoki yoqoch chizqichni mahkamlang (1 - rasm).
2. Chizqichning qalinligi  $b$ , eni  $a$ , tayanchlar orasidagi masofa  $L$  ni o'lchang.



3. Mahkamlangan chizqichning o'rta qismiga  $m$  massali yuk qo'yib, egilish masofasi (strelkasi)  $\lambda$  ni mikrometrdan o'lchang.
4. Yuklar sonini orttirib egilish masofalarini o'lchang.
5. O'lchash va (2) formula bo'yicha hisoblash natijalarini quyidagi jadvalga yozing.

Tajribalar	$m$	$P$	$a$ ,	$b$ ,	$\lambda$ ,	$L$ ,	$E, \text{H/M}^3$	$E_{o'r}$	$\Delta E$	$\Delta E_{o'r}$	$\frac{\langle \Delta E \rangle}{\langle E \rangle} \cdot 100$
1											
2											
3											

### Nazorat uchun savollar

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

## LABORATORIYA ISH № 8

### КОНДЕНСАТОР СИҒИМИНИ АНИҚЛАШ ҲАМДА УЛАРНИ КЕТМА-КЕТ УЛАШ ФОРМУЛАЛАРИНИ ТЕКШИРИШ.

### УИТСОН КЎПРИГИ ЁРДАМИДА ЎТКАЗГИЧ МАТЕРИАЛЛАРИНИНГ СОЛИШТИРМА ҚАРШИЛИГИНИ АНИҚЛАШ

**Ишдан мақсад:** Конденсаторлар билан танишиш ва уларнинг электр сиғим катталигини ўлчаш.

**Керакли асбоб ва буюмлар:** реохорд, телефон ёки осциллограф, сиғимлар магазини, номаълум сиғимли иккита конденсатор, калит, ўзгарувчан ток манбаи.

#### НАЗАРИЙ ҚИСМ

Бошқа ўтказгич ва зарядлардан чексиз ўзоқда жойлашган, яъни яккаланган бир ўтказгичга  $q$  заряд берилса, унда қиймати шу заряд миқдорига пропорционал бўлган потенциал юзага келади.

Турли ўлчамга ҳамда турли шаклга эга бўлган ўтказгичлар бир хил миқдордаги электр заряд билан зарядланса, уларнинг потенциали турлича бўлади.

Ўтказгичга берилган заряд билан шу ўтказгичда юзага келадиган потенциал орасидаги боғланиш чизиқли хусусиятига эга бўлиб, қуйидагича ифодаланади:

$$q = C\varphi \quad (1)$$

Бу ерда  $C$ -пропорционаллик коэффициенти бўлиб, уни шу ўтказгичнинг электр сиғими дейилади,

$$(1) \text{ ифодани } C = \frac{q}{\varphi} \quad (2)$$



кўринишда ёзамиз. Бу ифодага кўра, берилган ўтказгичнинг электр сиғими деб, шу ўтказгич потенциални бир бирликка орттириш учун лозим бўлган заряд миқдорига тенг бўлган физик катталиқка айтилади.

Ҳалқаро бирликлар системаси (СИ) да электр сиғим бирлиги қилиб **фарада (Ф)** олинган. Яккаланган ўтказгичга 1 Кл заряд берилганда унинг потенциали 1 В га ортса, шу ўтказгичнинг электр сиғими 1 Фарада га тенг бўлади, яъни

$$1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл} / 1 \text{ В}.$$

Миқдоран 1 Фарада га тенг сиғим ниҳоятда каттадир, шу сабабли амалда фараданинг жуда кичик бўлаклари: 1 мкФ =  $10^{-6}$  Ф (микрофарада), 1 нФ =  $10^{-9}$  (нанофарада), 1 пФ =  $10^{-12}$  Ф (пикофарада) қўлланилади.

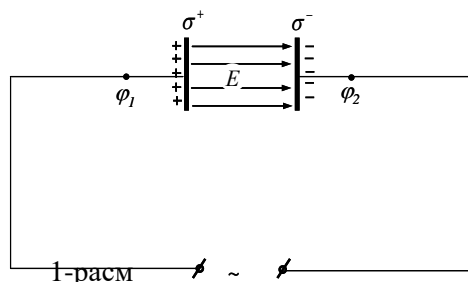
Амалий ишларда ўлчами кичик бўлса ҳам кўпроқ зарядни ўзида тўплай оладиган, яъни катта сиғимга эга бўла оладиган ўтказгичлар системасидан фойдаланишга тўғри келади. Бундай ўтказгичлар системаси **конденсатор** деб аталади. Масалан, бир-биридан диэлектрик муҳит билан ажратилган сирт юзлари тенг иккита ва ундан ортиқ ясси пластинкалардан иборат системага **ясси конденсатор** дейилади. Диэлектрик муҳит билан ажратилган иккита қўшни пластинка қарама-қарши зарядланган бўлади.

Икки пластинкадан иборат ясси конденсаторнинг электр сиғими ҳар бир пластинкадаги заряднинг шу пластинкалар орасидаги потенциаллар айирмаси (кучланиш) га нисбатига тенгдир:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} \quad (3)$$

Пластинкалар одатда қоплама деб аталади. Шунга кўра, шундай таъриф бериш мумкин: конденсаторнинг электр сиғими унинг қопламалари орасидаги потенциаллар айирмасини бир бирликка орттириш учун зарур бўлган заряд миқдори билан ўлчанувчи катталиқдир.

Қопламалари орасидаги масофа  $d$ , қопламалар юзи  $S$  ва қопламалар орасига қўйилган модданинг диэлектрик сингдирувчанлиги  $\epsilon$  бўлган ясси конденсаторнинг электр сиғими юқоридаги катталиқлар орқали қандай ифодаланишини кўриб чиқайлик (1-расм).



Қопламалар орасидаги потенциаллар айирмаси  $\varphi_1 - \varphi_2$ ,  $U$ -кучланиш,  $E$ -кучланганлик,  $d$ -масофа ўзаро қуйидагича боғланган:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U = Ed \quad (4)$$

Ўз навбатида  $q$  заряд билан зарядланган икки пластинка орасидаги майдон кучланганлиги

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} = \frac{q}{\epsilon_0 \epsilon S} \quad (5)$$

кўринишда бўлади. Бу ерда  $\sigma$  - қопламадаги заряднинг сирт зичлиги  $\sigma = \frac{q}{S}$ . (4) ифодадаги майдон кучланганлиги ўрнига (5) ни қўйсак потенциаллар айирмаси учун қуйидаги тенгликни оламиз:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{qd}{\epsilon_0 \epsilon S} \quad (6)$$

Бу ифодани (2) тенглик билан таққосласак, изланаётган ясси конденсатор сиғими қуйидаги формула орқали ифодаланишини топиш мумкин:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} \quad (7)$$

Бундан конденсаторнинг электр сиғимини орттириш учун қопламлар юзасини катталаштириш ёки улар орасидаги масофани кичиклаштириш зарур экан, деган хулосага келиш мумкин. Аммо бу усул билан лозим бўлган сиғимни ҳосил қилиш ноқулайдир. Бунинг ўрнига бир неча конденсаторни бири-бирига махсус усулларда улаб лозим бўлган сиғимни ҳосил қилиш мумкин.

Бу улаш усулларининг икки тури: 1) *кетма-кет улаш*; 2) *параллел улаш* орқали натижавий сиғимларни ҳосил қилиш билан танишайлик.

### Конденсаторларни кетма-кет улаш

Кетма-кет улашда (2-расм) конденсаторларнинг барча пластинкаларидаги заряд миқдори бир хил бўлади, яъни  $q_1 = q_2 = q_3 = const$ . Қопламалар орасидаги потенциаллар айирмаси ҳар хил бўлади.

Бунда  $\varphi_3 - \varphi_1 = (\varphi_3 - \varphi_2) + (\varphi_2 - \varphi_1)$

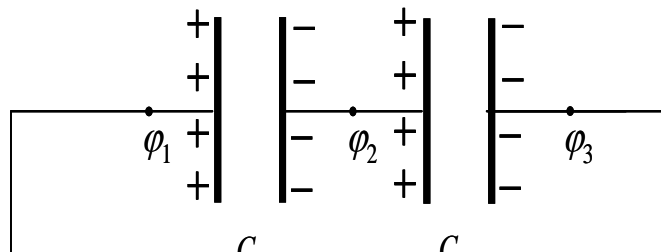
$U = \varphi_3 - \varphi_1$ ,  $U_1 = \varphi_2 - \varphi_1$ ,  $U_2 = \varphi_3 - \varphi_2$  десак

$$U = U_1 + U_2 \quad (8)$$

ифодага эга бўламиз.  $U = \frac{q}{C}$ ;  $U_1 = \frac{q}{C_1}$ ;  $U_2 = \frac{q}{C_2}$ . Демак,  $\frac{q}{C} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2}$ ,  $q$ -зарядларни

кисқартирсак  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$  (9) ифода келиб чиқади.

Демак, конденсаторлар кетма-кет уланса, умумий сиғим кичиклашади. Кетма-кет улаш схемаси 2-расмда келтирилган.



### 2. Конденсаторларни параллел улаш

Параллел уланган конденсаторлар қопламасидаги потенциаллар айирмаси барча конденсаторлар учун бир хил бўлиб,  $\varphi_1 - \varphi_2$  га ( $\Delta\varphi$  га) тенг. Агар конденсаторлар сиғими  $C_1, C_2, C_3$  ва ҳоказо бўлса, бу ҳолда ҳар бир конденсатордаги зарядни

$$\begin{aligned} q_1 &= C_1(\varphi_1 - \varphi_2) \\ q_2 &= C_2(\varphi_1 - \varphi_2) \\ \text{-----} \\ q_n &= C_n(\varphi_1 - \varphi_2) \end{aligned} \quad (10)$$

ифодалар билан аниқлаш мумкин. Барча конденсаторларнинг умумий заряди

$$q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots \quad (11)$$

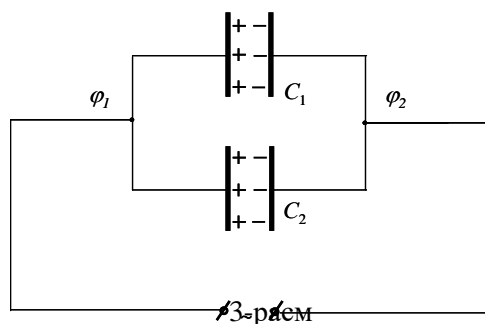
(10) ва (11) ифодаларни биргаликда ишлаб чиқсак

$$C(\varphi_1 - \varphi_2) = C_1(\varphi_1 - \varphi_2) + C_2(\varphi_1 - \varphi_2) + \dots \quad \text{ва умумий сиғими}$$

$$C = \sum C_i = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad (12)$$

бўлади.

Бунданкўринадикки,  
 умумийсиғимуланганконденсаторларсиғимларикийматларинингйигиндисигатенгбўларэкан.  
 Конденсаторларнипараллелулашсхемаси 3-расмдакелтирилган.



БуишдаконденсаторларнингсиғимлариУистонкўпригиёрдамааниқланади. Маълумки,  
 конденсаторқопламлариорасидабўшөкидиэлектрикқатламбўлганлигисабалиўзгармастокконденсатор  
 данўтмайди. Шусабабли, ишни бажаришдаўзгарувчантокданфойдаланилади.  
 Агарконденсаторнингқопламлариўзгарувчантокманбаигауланса,  
 уҳлдаконденсаторқопламларидавийравишдазарядланиб, зарядсизланибтуради.  
 Шусабабликонденсаторниўзгарувчантоккўлидагиўтказгичдебҳисоблашмумкин.  
 Кузатилаётганзанжирсинусларқонунибўйичаўзгарувчанэлектрүритувчичуки (ЭЮК)  
 бўлгантокманбаигауланганбўлса

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t \quad (13)$$

буердаε - ЭЮКнингхитиёрийtмоментдагикиймати, ε<sub>0</sub> - ЭЮКнингмаксимал (амплитудавий) киймати,  
 ω - доиравийчастота,  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ .

Конденсаторқопламасидагизарядмиқдоринисиғимформуласигақўрақуйидагичааниқлашмумкин:

$$q = C\varepsilon = C\varepsilon_0 \sin \omega t \quad (14)$$

Демак, қопламадагизарядхамсинусларқонидасибўйичаўзгаради. (14)  
 ифоданивақтбўйичаидифференциаллаймизвабундазаряднингвақтбўйичаўзгаришитоккучигатенгэканли  
 гиниэтиборгаоламиз:

$$\frac{dq}{dt} = I = C\omega\varepsilon_0 \cos \omega t \quad (15)$$

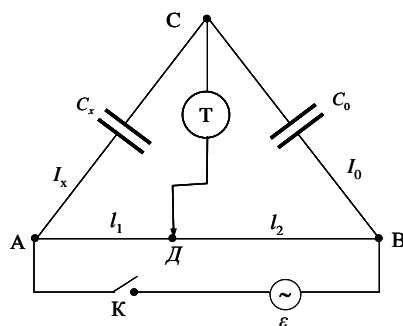
Бунданкўринибтурибдики, токкучиҳамдавийравишдаўзгарарэкан. Унингкийматимаксимал (  $\cos \omega t = 1$  ) бўлганда:

$$I_0 = C\omega\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_0}{\omega C} \quad (16)$$

кўринишгаэгабўлади. (16) ифоданиОмқонуниформуласига ( $I = \frac{\varepsilon}{R}$ ) билантаққосласак,  $\frac{1}{\omega C}$   
 катталиққаршилиқвазифасиниўташинибилишимизмумкин, уни R<sub>c</sub>деббелгилаб

$$R_c = \frac{1}{\omega C} \quad (17)$$

ифоданиёзишимизмумкин. R<sub>c</sub> - конденсаторнингсиғимийқаршилигидеялади.  
 КонденсаторнингсиғиминиўлчашучунқўлланиладиганэлектрзанжирсхемасияъниУитсонкўприги 4-  
 расмдатасвирланган.



4-расм

Бусхемада  $\epsilon$  ўзгарувчан ЭЮК манбаи,  $C_0$  - сиғими маълум бўлган конденсатор,  $C_x$  - сиғими ўлчаниши лозим бўлган конденсатор,  $K$  - калит, занжирнинг  $C$   $D$  қисмидаги телефон (Т) кўприк квазифасин ўтайди. Занжирнинг  $A$  ва  $B$  нукталари реохордга уланган. Телефонга уланган симнинг  $D$  учиреохорд бўйлаб ҳаракатга келтирилиб телефонда ток ўтиши тўхтаган ҳолатга топилади.

Бу телефонда товуш бўлмаслигига қўра аниқланади. Бу ҳолатни кўприкнинг мувозанат ҳолати дейилади, бунда  $C$  ва  $D$  нукталардаги потенциаллар тенглашган бўлади. Реохорд симнинг  $D$  нуктага нисбатан чап ва ўнг қисмлари узунлиги мос равишда  $l_1$  ва  $l_2$  деб белгиланади ва улар реохорд елкалари деб аталади. Кўприкнинг мувозанат ҳолати ( $I_g = 0$ ) да 4-расмдаги электр занжирга нисбатан қуйидаги айниятларни ёзиш мумкин:

$$I_0 = I_x \quad \text{ва} \quad I_1 = I_2 \quad (18)$$

Шунингдек,  $C$  ва  $D$  нукталарда потенциаллар қийматларининг тенглиги ( $\varphi_C = \varphi_D$ )

дан  $ACDA$  контур учун

$$\varphi_A - \varphi_C = \varphi_A - \varphi_D \quad (19)$$

ёки

$$I_0 R_{C_x} = I_1 R_1 \quad (20)$$

Шунингдек,  $CBDC$  контур учун  $I_0 R_{C_0} = I_2 R_2 \quad (21)$

ни ёзиш мумкин. (20) ва (21) тенгликларнинг чап ва ўнг томонларининг нисбатини оламин, ҳамда ток кучлари учун (18) ифодалардан фойдаланиб номаълум қаршилиқ учун

$$R_{C_x} = R_{C_0} \frac{R_1}{R_2} \quad (22)$$

тенгламага келиш мумкин. Бу ерда  $R_{C_x} = \frac{1}{\omega C_x}$ ,  $R_0 = \frac{1}{\omega C_0}$  бундан

$$C_x = C_0 \frac{l_2}{l_1} \quad (23)$$

ифода келиб чиқади.

Бу ифода номаълум сиғим  $C_x$  ни  $l_1$ ,  $l_2$  ва маълум  $C_0$  нинг қийматлари орқали топишга имкон беради.

#### Ишни бажариш тартиби

1. 4-расм бўйича электр занжири йиғилади. Занжирга сиғими номаълум бўлган  $C_x$  конденсатор уланади.
2. Дконтактни реохорднинг ўртасига қўйилади. Сиғимлар магазинидан шундай  $C_1$  сиғим танлаб олинадики, бунда телефоннинг товуши энг паст (осциллографдаги сигнал минимал) бўлсин. Сўнгра  $D$  контактни реохорд бўйлаб суриб телефондаги товуш (осциллографдаги сигнал) нинг ўзгариши қайд қилиб борилади. Телефонда товуш йўқолиши (осциллографдаги сигнал

0 га тенг бўлиши) билан контактни суриш тўхтатилади. Шу нуқтага нисбатан реохорднинг елкалари узунликлари  $\ell_1$  ва  $\ell_2$  жадвалга ёзиб олинади. Бу тажрибани 3 марта такрорлаш лозим.

3. Сиғими номаълум биринчи конденсатор ўрнига иккинчи номаълум сиғимли  $C_{x_2}$  конденсатор уланади. Бу конденсатор учун ҳам 2-бандда бажарилган ишлар такрорланади.

4.  $C_{x_1}$  ва  $C_{x_2}$  конденсаторлар кетма-кет уланади ва яна 2-бандда бажарилган ишлар такрорланади. Сўнгра бу икки номаълум сиғимли конденсатор параллел уланиб тажриба яна 3 марта такрорланади.

5. Тажрибада топилган  $\ell_1$  ва  $\ell_2$  ҳамда  $C_0$  қийматларни (23) формулага қўйиб ҳар бир конденсаторнинг сиғими ҳисоблаб топилади. Шунингдек, конденсаторларнинг кетма-кет ва параллел улангандаги натижавий сиғимлари ҳам ҳисобланади. Сўнгра, икки номаълум конденсаторни кетма-кет ва параллел улашда олинган натижавий сиғим (9) ва (12) назарий формулалар бўйича ҳисобланиб, тажрибада олинган натижалар билан таққосланади.

Тажриба ва ҳисоблаш маълумотлари қуйидаги жадвалга ёзиб борилади

Конденсаторлар	№	$C_0$ (ф)	$\ell_1$ (м)	$\ell_2$ (м)	$C_x(\phi)$	$\langle C_x \rangle$
$C_{x_1}$ -конденсатор	1					
	2					
$C_{x_2}$ -конденсатор	1					
	2					
$C_{x_1}$ ва $C_{x_2}$ кетма-кет уланган	1					
	2					
$C_{x_1}$ ва $C_{x_2}$ параллел уланган	1					
	2					

### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Электр сиғими деб қандай физик катталиқка айтилади ва у қандай бирликларда ўлчанади?
2. Конденсатор қандай асбоб, унинг вазифаси нимадан иборат?
3. Конденсаторларни кетма-кет ва параллел уланганда натижавий сиғим қандай формулаларга кўра топилади?
4. Конденсаторнинг ўзгарувчан токка нисбатан қаршилиги (сиғимий қаршилиқ) қандай аниқланади?
5. Ясси конденсаторнинг сиғимини аниқлаш формуласини келтириб чиқаринг.
6. Нима учун сиғимни ўлчашда ўзгарувчан токдан фойдаланилади?
7. Конденсаторнинг номаълум сиғимини кўприк усулда аниқлаш формуласини келтириб чиқаринг.

**Laboratoriya 9**  
**Uitston ko'prigi yordamida o'tkazgichlarning**  
**qarshiligini aniqlash.**

**Ishdan maqsad:** Qarshiligi noma'lum bo'lgan o'tkazgichning qarshiligini o'zgarmas tok ko'prigi orqali aniqlash va Kirxgof qoidalarini tekshirish.

**Kerakli asbob va buyumlar:** Reoxord, o'zgarmas tok manbai, qarshiliklar magazini, kalit, qarshiliklari aniqlanishi lozim bo'lgan ikkita o'tkazgich.

**Nazariy qism**

Elektron o'tkazuvchanlikning klassik nazariyasiga ko'ra, zlektronlar metall ichida oson, tartibli harakat qila olmaydilar. Ular o'z yo'lida musbat zaryadli ionlarga duch kelib ular bilan to'qnashishlari natijasida o'zlarining tartibli harakat tezligini yuqotadilar. Tashqi maydon ta'sirida o'z tartibli tezliklarini tiklagach, yana to'qnashuv sodir bo'ladi va bu tezlik (ya'ni tartibli harakat) energiyasi yana ionlarga beriladi. Birmuncha soddalashtirilgan bu manzara zlektronlar harakatida doimo namoyon bo'lib turadi. Tartibli harakat tezligining shunday yo'qotilib turishi o'tkazgichning elektr qarshiligiga ekvivalentdir.

Tok kuchi o'zgarmasdan saqlanishi uchun qarshilikka ma'lum miqdorda kuchlanish berish lozim. Masalan, R qarshilikli VS o'tkazgichdan tok o'tayotgan bo'lsin (1- rasm). o'tkazgich uchlaridagi kuchlanishni V- voltmetr, tok kuchini esa A- ampermetr yordamida o'lchanadi. Tajribaning ko'rsatishicha, VS o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi shu o'tkazgich uchlariga qo'yilgan kuchlanishga to'g'ri, o'tkazgich qarshiligiga esa teskari proporsional ekan.

Bu qonuniyat zanjirning bir qismi uchun Om qonuni deb ataladi va uning matematik ifodasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

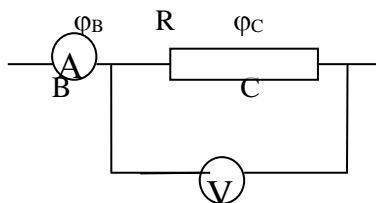
$$I=U/R \quad /1/$$

/1/ ifodadan qarshilik birligini aniqlash mumkin. XBS da qarshilikning o'lchov birligi 1Om bo'lib, u kuchlanish va tok kuchi birliklari orqali qo'yidagicha aniqlanadi:

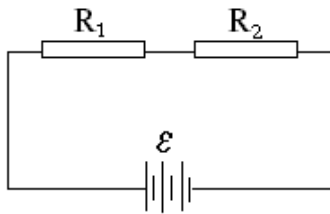
$$1Om = \frac{1B}{1A}$$

O'tkazgichning qarshiligi kOm (1kOm=10<sup>3</sup> Om) va MOm (1MOm=10<sup>6</sup>Om) larda ham o'lchanishi mumkin. Qarshilikning kattaligi o'tkazgichning shakliga, o'lchamlariga, shuningdek, uning qanday materialdan yasalganligiga bog'liq.

Bir jinsli silindrsimon o'tkazgich uchun



1-rasm



2-a-rasmi

$$R = \rho \frac{\ell}{S} \quad /2/ \text{ Bu erda } \ell \text{ o'tkazgichning uzunligi, } S \text{ ko'ndalang kesim}$$

yuzasi,  $\rho$  - o'tkazgich yasalgan materialning tabiatiga bog'liq bo'lgan koeffitsient bo'lib, solishtirma elektr qarshilik deb ataladi. Solishtirma qarshilik XBS da Om\*m larda o'lchanadi. O'tkazgichlarni o'zaro ketma-ket yoki parallel ulab, kerak bo'lgan qarshiliklarni hosil qilish mumkin. 2-a va 2-b-rasmlarda o'tkazgichlarning ketma-ket va parallel ulanish sxemalari ko'rsatilgan.

O'tkazgichlar ketma-ket ulanganda tok kuchi barcha o'tkazgichda bir xil bo'lib, kuchlanish esa har bir qarshilikka turlicha taqsimlanadi. SHunga ko'ra, umumiy qarshilik har bir o'tkazgich qarshiliklarining yig'indisiga teng bo'ladi:

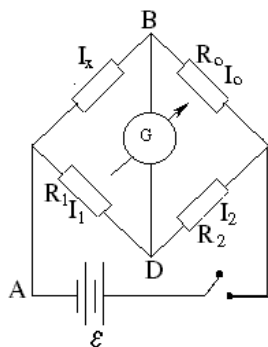
$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + \quad /3/$$

O'tkazgichlar parallel ulanganda kuchlanish hamma qarshiliklarga bir xil tushadi, tok kuchi esa tarmoqlanib, har bir qarshilikka turlicha taqsimlanadi. O'tkazgichlar parallel ulanganda, umumiy qarshilik qo'yidagi ifodaga ko'ra aniqlanadi:

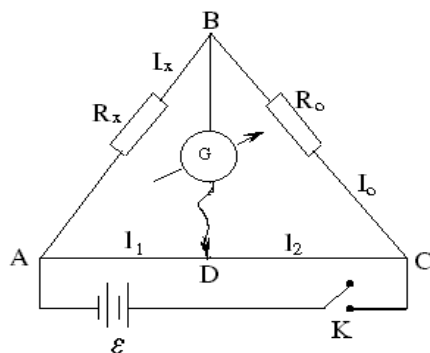
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \quad /4/$$

O'tkazgichlar qarshiligini o'lchashning turli usullari mavjud. Bu usullardan eng qulayi ampermetrda o'lchangan tok kuchi va voltmetrda aniqlangan kuchlanish qiymatlarini bilgan holda zanjirning bir qismi uchun Ohm qonunidan foydalanib, o'tkazgichning qarshiligini aniqlashdir. Lekin bu usul yordamida qarshilikni aniqlashda ko'proq xatolikka yo'l qo'yiladi. Chunki o'lchov asboblari - ampermetr va voltmترلarning ichki qarshiliklarining mavjudligi I tok kuchi va U kuchlanishni aniq o'lchashga imkon bermaydi. Natijada Ohm qonuni yordamida o'tkazgichning qarshiligini o'lchashda xatolikka yo'l qo'yiladi.

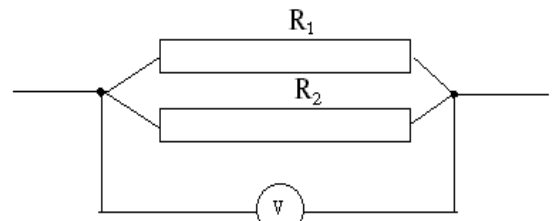
SHuning uchun ko'pincha qarshiliklarni o'zaro taqqoslash vositasida aniqlash



3-rasmi



4-rasmi



2-b-rasmi.

usulidan foydalaniladi. Bunda tok kuchi va kuchlanishni bevosita aniqlash shart emas. Bu usul o'zgarmas tok ko'prigi - Uistston ko'prigi usulidir.

Uitston ko'prigi sxemasi  $R_0, R_1, R_2, R_x$  qarshiliklarning AVSD to'rtburchak shaklida ulanishidan il bo'ladi /3-rasm/.

Bu erda  $R_0$ -qarshiliklar magazini. Bu sxemaning bir diagonaliga tok manbai, ikkinchi diagonaliga esa sezgir galvanometr ulanadi. Galvanometr ulangan xuddi shu diagonal ko'prik vazifasini bajaradi. Bu sxema yordamida bajariluvchi barcha o'lchashlar galvanometrda tok kuchi qiymatining nolga teng bo'lishiga asoslangan.

3-rasmda tasvirlangan elektr zanjiridagi qarshiliklarning ixtiyoriy qiymatlarida galvanometr orqali tok o'tib turadi.

Ammo sxemadagi qarshiliklarning shunday qiymatlarini tanlash mumkinki, bunda galvanometrda tok o'tmasligini vujudga keltirish, ya'ni galvanometrda tok kuchi qiymatining nolga teng bo'lishiga erishish mumkin.

Tajribada Uitston ko'prigidagi  $R_1$  va  $R_2$  qarshiliklar uzunligi 1 metr bo'lgan reoxord /sim tortilgan masshtabli chizg'ich/ bilan almashtiriladi /4-rasm/. Reoxord solishtirma qarshiligi juda katta bo'lgan bir jinsli ingichka sim bo'lib, bu sim orqali D kontakti siljitish mumkin.  $R_1$  va  $R_2$  qarshiliklar vazifasini  $l_1$  va  $l_2$  sim uzunliklari bajaradi.

Kalit yordamida ko'prikning ikkinchi diagonaliga tok manbai ulansa (4-rasm) berk zanjirning barcha qismlaridan elektr toki o'ta boshlaydi. YUqorida eslatib o'tilganidek, qarshiliklarni shunday tanlash mumkinki, galvanometrda tok o'tmay qolsin. Ko'prikning ushbu holatiga muvozanat holati deyiladi. Bu holatning amalga oshishi uchun  $R_0, R_1, R_2$  qarshiliklar ma'lum tengliklarni qanoatlantiradigan tarzda tanlanib olinishi kerak. Masalan, galvanometrda tok kuchi nolga teng ( $I_g=0$ ) bo'lgan paytda tabiiyki, V va D nuqtalarning potentsiallari bir-biriga teng, ya'ni  $\varphi_B = \varphi_D$  bo'ladi. 3-rasmda ko'rsatilgan sxema uchun Kirxgof qoidalarini qo'llaymiz. V nuqta uchun Kirxgofning birinchi qoidasi quyidagicha yoziladi:

$$I_x - I_s - I_g = 0 \quad /1/$$

D nuqta uchun esa

$$I_g + I_1 - I_2 = 0 \quad /2/$$

ko'rinishda yoziladi. Zanjirning asosan AVDA va VSDV konturlardan tashkil topilganligini anglash qiyin emas. SHu konturlar uchun mos ravishda Kirxgofning ikkinchi qoidasini qo'yidagicha yozamiz:

$$I_x R_x + I_g R_g - I_1 R_1 = 0 \quad /3/$$

$$I_0 R_0 - I_2 R_2 - I_g R_g = 0 \quad /4/$$

Ko'prik muvozanat holatida bo'lishi uchun  $I_g=0$  shart bajarilishi lozim edi. SHu holat uchun /1/ va /2/ tengliklardan tok kuchi uchun

$$I_0 = I_x \quad /5/ \quad \text{va} \quad I_2 = I_1 \quad /5.a/$$

ifodalarga kelamiz. /3/, /4/ tengliklardan esa

$$I_x R_x = I_1 R_1; \quad I_0 R_0 = I_2 R_2 \quad /6/$$

ifodalar kelib chiqadi. Tok kuchlarining o'zaro munosabatini belgilovchi /5/ va /5.a/ tengliklar asosida /6/ formuladagi ifodalarni

$$I_x R_x = I_1 R_1; \quad I_x R_0 = I_1 R_2 \quad /7/$$

ko'rinishga keltiramiz. Bu tengliklarni hadlab, birini ikkinchisiga bo'lamiz:

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_1}{R_2} \quad /8/$$



Bundan noma'lum qarshilikni aniqlovchi formulaga ega bo'lamiz.

$$R_x = R_o \frac{R_1}{R_2} \quad /9/$$

yoki  $R_1$  va  $R_2$ -qarshiliklarni reoxord simining elka uzunliklari  $l_1$  va  $l_2$  lar bilan almashtirib, qo'yidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$R_x = R_o \frac{l_1}{l_2} \quad /10/$$

Bu erda reoxord simining barcha uzunligi bo'ylab uning ko'ndalang kesimi bir xil deb qabul qilingan .

### Ishni bajarish tartibi

1. Sxema bilan batafsil tanishiladi. Tajriba natijalarini yozish uchun qo'yidagi jadval chiziladi. Noma'lum qarshilik sifatida  $R_1$  qarshilikli o'tkazgich zanjirga ulanadi.

2. Qo'zg'aluvchan D kontakti reoxord simining o'rtasiga ( $l_1=l_2=50$  sm) qo'yib, qarshiliklar magazinidan  $R_o$  ning qiymati shunday tanlab olinadiki, galvanometrda o'tayotgan tok kuchi  $I_g=0$  nolga teng bo'lsin. So'ngra D kontakt siljtilib, galvanometrda tok kuchi aynan 0 qiymatga keltiriladi.  $l_1$  va  $l_2$  ning qiymatlari jadvalga yoziladi.

3. So'ngra reoxordning  $l_1=30, 40, 60, 70$  sm qiymatlari uchun ham  $R_o$  qarshilik tanlab olinadi va har bir uzunlik uchun galvanometrda o'tayotgan tok kuchi nolga keltiriladi. jlachab olingan kattaliklar asosida /10/ formuladan foydalanib noma'lum qarshilik  $R_x$

hisoblab topiladi va uning o'rtacha qiymati aniqlanadi.  $l_1, l_2, R_o$  larning qiymatlari jadvalga yoziladi.

Jadval

Qarshiliklar	№	$R_o$	$l_1$	$l_2$	$R_x$	$\bar{R}_x$	$\delta$
I-qarshilik	1						
	2						
	3						
II-qarshilik	1						
	2						
	3						
I va II ni ketma-ket	1						
	2						
	3						
I va II parallel	1						
	2						
	3						

4. Zanjirga qarshiligi  $R_{x2}$  bo'lgan o'tkazgich ulanadi. 2-3 bandlar takrorlanib, /10/ formula yordamida ikkinchi o'tkazgichning qarshiligi va uning o'rtacha qiymati aniqlanadi.

5.  $R_{x1}$  va  $R_{x2}$  qarshiliklar elektr zanjiriga avval ketma-ket so'ngra parallel ulanadi. Har ikki hol uchun 2-3-bandlar takrorlanib /10/ formula yordamida umumiy qarshiliklar  $R_{k-k}$  va  $R_{nar}$  hisoblab topiladi. jtkazgichlar ketma-ket ulangandagi umumiy qarshilik

$R_{k-k}$  ning hamda parallel ulangandagi umumiy qarshilik  $R_{nar}$  ning o'rtacha qiymatlari aniqlanadi.

6.  $\eta$ kazgichlarni ketma-ket va parallel ulab, topilgan tajriba natijalarini nazariy yo'l bilan chiqarilgan formulalar, ya'ni ketma-ket ulash uchun:

$$R_{k-k} = R_{x1} + R_{x2}$$

parallel ulash uchun:

$$R_n = \frac{R_x^I * R_x^{II}}{R_x^I + R_x^{II}}$$

orqali hisoblab topilgan natijalar bilan taqqoslanadi.

7. Olingan natijalar bo'yicha  $R_{x1}$  va  $R_{x2}$  qarshiliklar uchun absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi. Olingan barcha natijalar yuqoridagi jadvalga yoziladi.

### Sinov savollari

1.  $\eta$ kazgich qarshiligi qanday fizik kattalik va klassik elektron nazariyasi asosida u qanday tushuntiriladi?
2. Kirxgof qoidalarini tushuntiring.
3. Uitston ko'prigi sxemasini chizing. Bu ko'priq usuli yordamida qarshilikni o'lchashning mohiyatini izohlab bering.
4. Reoxordning vazifasini tushuntiring.
5. Kirxgof qoidalari yordamida G-galvanometrdan tok o'tmaslik sharti asosida noma'lum qarshilikni hisoblash formulasini isbotlang.

## ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ 10 ЎЗАРО КЕТМА-КЕТ ВА ПАРАЛЛЕЛ УЛАНГАН ЭЛЕКТР ИСТЕЪМОЛЧИЛАРИНИНГ ҚАРШИЛИКЛАРИНИ АНИҚЛАШ

**Ишданмақсад:** Ўзгармас ток воситасида ўтказгич қаршилигини аниқлаш.

**Керакли асбоб ва буюмлар:** реохорд, ўзгармас ток манбаи, қаршилиқлар магазини, калит, қаршилиқлари аниқланиши лозим бўлган иккита ўтказгич.

### НАЗАРИЙ ҚИСМ

Электр майдони мавжуд бўлган ҳолда биринчи тур ўтказгичларда (металларда) кристалл панжара тугунлари орасида эркин электронларнинг тартибли ҳаракати вужудга келади. Бундай электронларнинг тартибли ҳаракатига электр токи дейилади. Электр токи миқдорий томондан ток кучи, деб аталадиган катталиқ билан характерланади.

Вақт бирлиги ичида ўтказгичнинг кўндаланг кесим юзасидан ўтган заряд миқдорига тенг бўлган катталиқ ток кучи дейилади. Ток кучи скаляр катталиқ бўлиб, умумий равишда қуйидаги формула билан аниқланади.

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

Агар токнинг қиймати ва йўналиши ўзгармаса бундай токка ўзгармас ток дейилади. Ток кучи бирлиги 1 Ампер (А). Ампер-вакуумда бир-биридан 1 м масофада жойлашган иккита чексиз узун параллел ўтказгичнинг ҳар биридан ток ўтганда, ўтказгичлар орасида уларнинг ҳар бир метр узунлигига  $2 \cdot 10^{-7}$  Н га тенг ўзаро таъсир кучини вужудга келтирадиган ток кучидир.

Ўтказгич учларида кучланиш бор бўлган ҳоллардагина, ўтказгичларда электр токи ҳосил бўлади. Бунда Ом қонунига асосан ток кучи қуйидагига тенг.

$$I = \frac{U}{R} \quad (2)$$

U-ўтказгич учларидаги кучланиш, R-ўтказгич қаршилигидир. Металл ўтказгич электр манбаига уланганда, металл таркибидаги эркин электронлар маълум йўналишда тартибли ҳаракат қила бошлайди. Бу электронлар тартибли ҳаракат давомида кристалл панжара тугунларида жойлашган мусбат ионлар билан тўқнашадилар. Ҳар бир тўқнашиш натижасида электронлар тартибли ҳаракатини йўқотади.

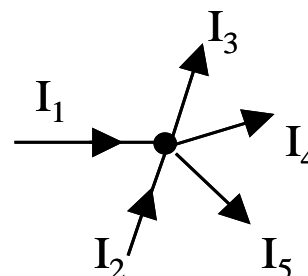
Демак, эркин электронлар ҳар бир тўқнашиш давомида ўзининг тартибли ҳаракат тезлиги ҳисобига олган кинетик энергиясининг бир қисмини кристалл панжарасидаги ионларга узатади. Ток манбаи электронларни қайтадан тезлаштиради, улар яна панжарасидаги ионлар билан тўқнашади ва х.к.

Электронларнинг тартибли ҳаракатига ҳалакит берадиган тўсиқлар йиғиндиси ўтказгичнинг қаршилиги R дейилади.

Баъзи амалий масалаларни ечишда бирмунча мураккаб, тармоқланган занжирлардаги ток кучи, кучланиш ва ҳоказоларни аниқлашга тўғри келади. Ом қонуни формулалари асосида бу масалаларни ҳал қилишнинг имкони бўлса ҳам бунда маълум қийинчилик юзага келиши мумкин. Бундай масалалар Кирхгофнинг иккита қондасини эътиборга олинса анча осон ечилади.

Кирхгофнинг биринчи қондасини таърифлаш учун аввал тугун тушунчасини кўриб ўтайлик. Учта ва ундан ортиқ ўтказгичлар туташган занжир нуктаси тугун деб аталади. (1-расм) Тугунга келаётган тоқлар мусбат ишора билан тугундан кетаётган тоқлар эса манфий ишора билан белгиланади. Кирхгофнинг биринчи қондаси шундай таърифланади.

«Тугунга келаётган ва ундан кетаётган тоқларнинг алгебраик йиғиндиси нолга тенг». 1-расмда тасвирланган тоқлар учун Кирхгофнинг биринчи



қоидаси ифодаси қуйидаги кўринишда ёзилади:  $I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$  ёки

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0 \quad (3)$$

1-расм

Кирхгофнинг биринчи қоидаси заряднинг сақланиш қонининг натижасидир. Кирхгофнинг иккинчи қоидаси тармоқланган занжир учун Ом қонунинг умумлаштиришдан келиб чиқади. 2-расмда тасвирланган занжирни кўрайлик. Ихтиёрий тарзда бирор йўналишни, мисол учун соат стрелкаси йўналишини мусбат ишорали деб танлаб олайлик.

Контурни шу йўналиш бўйича айланиб ўтувчи катталиклар (ток кучи, кучланиш) мусбат ишорали, тескари йўналишда айланиб ўтувчи катталиклар манфий ишорали деб қабул қилинади. Масалан, контурни соат стрелкаси бўйича айланиб ўтишида вужудга келтирилган ЭЮК мусбат ҳисобланади.

Контурнинг ҳар бир қисми учун бир жинсли бўлмаган Ом қонунини қўлайимиз.

$$I_1 R_1 = \varphi_A - \varphi_B + \varepsilon_1$$

$$I_2 R_2 = \varphi_B - \varphi_C - \varepsilon_2$$

$$I_3 R_3 = \varphi_C - \varphi_A + \varepsilon_3$$

Бутенгламаларни ҳадма-ҳад қўшиб қуйидаги ифодани оламиз:

2-расм

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 \quad (4)$$

ёки умумий тарзда  $\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \quad (5)$

Бундан Кирхгофнинг иккинчи қоидасига шундай таъриф бериш мумкин: *Тармоқланган электр занжиридаги ҳар қандай берк контурда контурнинг тегишли қисмларидаги ток кучининг шу қисм қаршиликларига кўпайтмаларининг йиғиндис контурдаги барча ЭЮКларнинг алгебраик йиғиндисига тенгдир.*

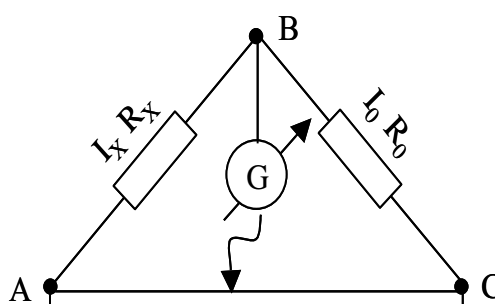
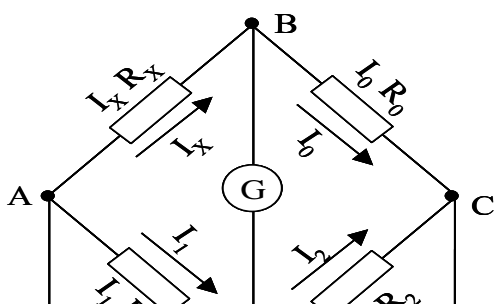
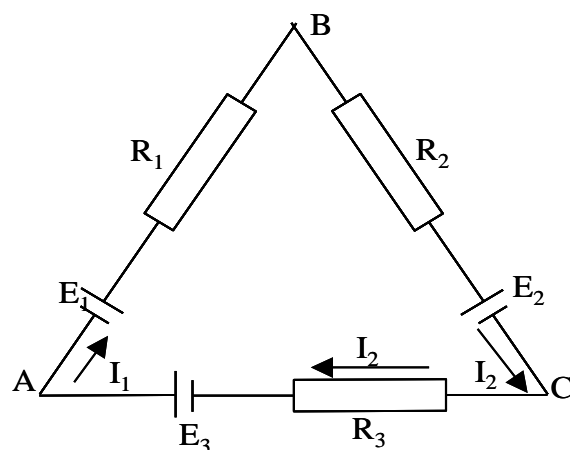
Кирхгоф қоидаларини қўллашда қуйидаги шартларга риоя қилиш керак:

а) ток йўналишини тўғри танлаш лозим. Агар масалани ечишда манфий ток қиймати ҳосил бўлса, демак унинг ҳақиқий йўналиши тескари танланган бўлади. б) контурни айланиб ўтиш йўлини тўғри танланиши керак: в) тузилган тенгламалар сони номаълум катталиклар сонига тенг бўлиши лозим.

Ўтказгичлар қаршилигини ўлчашнинг турли усуллари мавжуддир. Бу усуллардан энг қулайи амперметрда ўлчанган ток кучи ва вольтметрда аниқланган кучланиш қийматларини билган ҳолда, занжирнинг бир қисми учун Ом қонунидан фойдаланиб ўтказгич қаршилигини аниқлашдир. Лекин бу усул ёрдамида қаршиликни аниқлашда кўпроқ хатоликка йўл қўйилади. Чунки ўлчов асбоблари амперметр ва вольтметрларнинг ички қаршиликларининг мавжудлиги у ток кучини ва  $U$  кучланишни аниқ ўлчашга имкон бермайди. Натижада Ом қонунини ёрдамида ўтказгич қаршилигини ўлчашда хатоликка йўл қўйилади.

Шунинг учун кўпинча қаршиликларни ўзаро таққослаш воситасида аниқлаш усулидан фойдаланилади. Бу усул ўзгармас ток кўприги Уистон кўприги усулидир.

Уистон кўприги схемаси  $R_0, R_1, R_2, R_x$  қаршиликларнинг ABCD тўртбурчак шаклида уланишидан ҳосил бўлади (3-расм) Бу ерда  $R_0$  - қаршиликлар магазини.



## 3-расм

## 4-расм

Бу схеманинг (3-расм) бир диагоналига ток манбаи, иккинчи диагоналига эса сезгир гальванометр уланади. Гальванометр уланган худди шу диагонал кўприк вазифасини бажаради. Бу схема ёрдамида бажарилувчи барча ўлчашлар гальванометрда ток кучи қийматининг нолга тенг бўлишига асосланган.

3-расмда тасвирланган электр занжиридаги қаршиликларнинг ихтиёрий қийматларида гальванометр орқали ток ўтиб туради. Аммо, схемадаги қаршиликларнинг шундай қийматларини танлаган ҳолда гальванометрдан ток ўтмаслигини вужудга келтириш, яъни гальванометрда ток кучи қийматининг нолга тенг бўлишига эришиш мумкин.

Тажрибада Уистон кўпригида  $R_1$  ва  $R_2$  қаршиликлар узунлиги 1 метр бўлган реохорд (сим тортилган масштабни чизгич) билан алмаштирилади (4-расм). Реохорд солиштирма қаршилиги жуда катта бўлган бир жинсли ингичка сим бўлиб, бу сим орқали Д контактни силжитиш мумкин.  $R_1$  ва  $R_2$  қаршиликлар вазифасини  $\ell_1$  ва  $\ell_2$  сим узунликлари бажаради.

Калит ёрдамида кўприкнинг иккинчи диагоналига ток манбаи уланса 4-расм берк занжирининг барча қисмларидан электр токи ўта бошлайди. Юқорида эслатиб ўтилгандек қаршиликларни шундай танлаш мумкинки, гальванометрдан ток ўтмай қолсин. Кўприкнинг шу ҳолатини мувозанат ҳолат дейилади. Бу ҳолатнинг амалга ошиш учун  $R_0$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  қаршиликлар маълум тенгликларни қаноатлантирадиган тарзда танланиб олиниш керак. Масалан, гальванометрдаги ток нолга тенг ( $I_g=0$ ) бўлган пайтда табиийки, ва нуқталарнинг потенциаллари бир-бирига тенг яъни  $\varphi_B = \varphi_D$  бўлади. 3-расмда кўрсатилган схема учун Кирхгоф қоидаларини қўллаймиз. Кирхгофнинг биринчи қоидаси

$$\begin{aligned} \text{А нуқта учун } I - I_1 - I_x &= 0 \\ \text{В нуқта учун } I_x - I_0 - I_g &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Днуқта учун  $I_g + I_1 - I_2 = 0$   
қўринишдаёзилади.

Занжирасосан АВДАВАСДВ контурлардан ташкил топганлигини аниқлаш қийин эмас.

Шу контурлар учун мос равишда Кирхгофнинг иккинчи қоидасини қуйидагича ёзамиз.

$$\text{АВДА: } I_x R_x + I_g R_g - I_1 R_1 = 0 \quad (7)$$

$$\text{ВАСДВ: } I_0 R_0 + I_2 R_2 - I_g R_g = 0 \quad (8)$$

Кўприк мувозанат ҳолатда бўлиши учун  $I_g = 0$  шарт бажарилиши лозим эди. Шу ҳолат учун (6) тенгликлардан ток кучи учун

$$I_0 = I_x, \quad I_1 = I_2 \quad (9)$$

ифодаларга келамиз. (7) ва (8) тенгликлардан эса

$$I_x R_x = I_1 R_1, \quad I_0 R_0 = I_2 R_2 \quad (10)$$

ифодалар келиб чиқади. Бу тенгликларни ҳақлаб биринчи иккинчисига бўламиз

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_1}{R_2} \quad (11)$$

Бундан номаълум қаршиликни аниқловчи ифодани оламиз:

$$R_x = R_0 \frac{R_1}{R_2} \quad (12)$$

Ёки  $R_1$  ва  $R_2$  қаршиликларни реохорд симининг елка узунликлари  $\ell_1$  ва  $\ell_2$  лар билан алмаштириб қуйидаги ифодага эга бўламиз.

$$R_x = R_0 \frac{\ell_1}{\ell_2} \quad (13)$$

Бу ерда реохорд симининг барча узунлиги бўйлаб унинг кўндаланг кесими бир хил деб қабул қилинган.

*Ишни бажариши тартиби*

1. Схема билан батафсил танишилади. Тажриба натижаларини ёзиш учун қуйидаги жадвал чизилади. Номаълум қаршилик сифатида  $R'_x$  қаршиликни ўтказгич занжирга уланади.
2. Кўзгалувчан Д контактни реохорд симининг ўртасига ( $l_1 = l_2 = 50$  см) қўйиб қаршиликлар магазинидан  $R_0$  нинг қиймати шундай танлаб олинадики, гальванометрдан ўтаётган ток кучи  $I_g = 0$  бўлсин. Сўнгра Д контакт силжитилиб гальванометрдаги ток кучи айнан «0» га келтирилади.  $l_1$  ва  $l_2$  нинг қийматлари жадвалга ёзилади.
3. Сўнгра реохорднинг  $l_1$  30, 40, 60, 70 см қийматлари учун ҳам  $R_0$  қаршилик танлаб олинади ва ҳар бир узунлик учун гальванометрдан ўтаётган ток нолга келтирилади. Ўлчаб олинган катталиклар асосида (13) формуладан фойдаланиб номаълум  $R'_x$  қаршилик ҳисоблаб топилади ва унинг ўртача қиймати аниқланади,  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $R_0$  ларнинг қийматлари жадвалга ёзилади.

Жадвал

Қаршиликлар	N	$R_0$ (Ом)	$l_1$ (М)	$l_2$ (М)	$R_x$ (Ом)	$\langle R_x \rangle$	$\Delta R_x$	$\langle \Delta R_x \rangle$	$\frac{\langle \Delta R_x \rangle}{\langle R_x \rangle} \cdot 100 \%$
$R'_x$	1								
	2								
	3								
$R''_x$	1								
	2								
	3								
$R'_x$ ва $R''_x$ лар параллел уланган	1								
	2								
	3								
$R'_x$ ва $R''_x$ Лар кетма-кет уланган	1								
	2								
	3								

4. Занжирга қаршилиги  $R''_x$  бўлган ўтказгич уланади, 2-3 бандлар такрорланиб (13) формула ёрдамида иккинчи ўтказгичнинг қаршилиги ва унинг ўртача қиймати аниқланади.
5.  $R'_x$  ва  $R''_x$  лар қаршиликлар электр занжирига аввал параллел сўнгра кетма-кет уланади. Ҳар икки ҳол учун 2-3 бандлар такрорланиб (13) формула ёрдамида умумий қаршиликлар  $R_{\text{пар}}$  ва  $R_{\text{к-к}}$  ҳисоблаб топилади. Ўтказгичлар параллел улангандаги умумий қаршилик  $R_{\text{пар}}$  нинг ҳамда кетма-кет улангандаги умумий қаршилик  $R_{\text{к-к}}$  нинг ўртача қийматлари аниқланади.
6. Ўтказгичларни параллел ва кетма-кет улаб топилган тажриба натижаларини назарий йўл билан чиқарилган формулалар: кетма-кет улаш учун

$$R_{\text{к-к}} = R'_x + R''_x, \text{ параллел улаш учун } R_{\text{пар}} = \frac{R'_x \cdot R''_x}{R'_x + R''_x} \text{ орқали ҳисоблаб топилган}$$

натижалар билан таққосланади.

7. Олинган натижалар бўйича  $R'_x$  ва  $R''_x$  қаршиликлар учун абсолют ва нисбий хатоликлар ҳисобланади. Олинган натижалар юқоридаги жадвалга ёзилади.

## НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Ўтказгич қаршилиги қандай физик катталиқ ва классик электрон назарияси асосида у қандай тушунтирилади.
2. Кирхгоф қоидаларини тушунтиринг.
3. Уистон кўприги схемасини чизинг. Бу кўприк усули ёрдамида қаршилиқни ўлчашнинг моҳиятини изохлаб беринг.
4. Реохорднинг вазифасини тушунтиринг.
5. Кирхгоф қоидалари ёрдамида гальванометрдан ток ўтмаслиги шarti асосида номаълум қаршилиқни ҳисоблаш формуласини исботланг.

### Laboratoriya 11

#### Tarmoqlangan elektr zanjirini o'rganish.

**Ishdan maqsad:** Kirxgof qoidalari asosida tarmoqlangan elektr zanjiridagi tok kuchini o'rganish.

**Kerakli asbob va jixozlar:**

Ko'pchilik amaliy va texnik masalalarni hal etishda, o'zgarmas elektr toki murakkab tarmoqlangan zanjirining qismlaridagi toklarning va kuchlanishlarning qiymatlarini aniqlashda, shu qismlardagi qarshiliklar, toklar va E.Yu.K. larni o'zaro bog'lanishlaridan foydalanishga to'g'ri keladi. Ana shunday hisoblarni Kirxgof qoidalari ancha yengillashtiradi.

Kirxgofning birinchi qoidasi zanjirdan o'tayotgan tokning statsionarligi shartiga asoslangan. Bu shartga ko'ra o'zgarmas tok o'tayotgan o'tkazgichning hech bir nuqtasida elektr zaryadlari to'planmasligi kerak. Kirxgofning qoidalarni ta'riflashdan avval, tugun tushunchasini kiritib olish zarur. Elektr zanjirining ikkitadan ortiq o'tkazgichlar uchrashadigan tarmoqlanish nuqtasiga tugun deb ataladi.

Tugunga kirayotgan va undan chiqayotgan toklarning algebraik yig'indisi nolga teng (1-qoida):

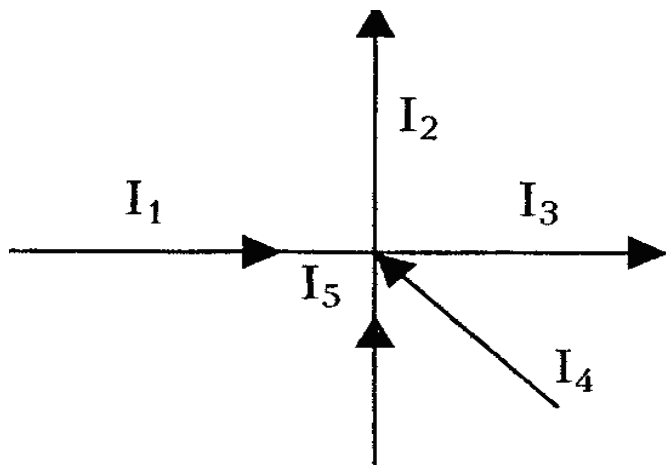
$$\sum_{k=1}^n I_k = 0 \quad (1)$$

Odatda, tugunga kelayotgan toklarni musbat, undan ketayotgan toklarni esa manfiy ishora bilan belgilash qabul qilingan, masalan, 1-rasmdagi A tugʻunda uchrashayotgan tokli oʻtkazgichlarga Kirxgofning 1-qoidasini tadbqiq qilib yuqoridagi shartga koʻra (1) ifodani quyidagicha yoyib yozish mumkin:

$$I_1 - I_2 - I_3 + I_4 + I_5 = 0 \quad (2)$$

Kirxgofning 2-qoidasi Om qonunini tarmoqlangan elektr zanjir uchun umumlashtiradi va uning taʼrifi quyidagicha: Har qanday yopiq konturdagi potentsiallar tushuvlarining algebrik yigʻindisi shu konturdagi tok manbalari E.Yu.K. larining algebraik yigʻindisiga teng yaʼni:

$$\sum_{k=1}^n I_k R_k = \sum_{k=1}^n \varepsilon_k \quad (3)$$



1-rasm.

Shuni taʼkidlash zarurki, soat strelkasining harakat yoʻnalishi bilan bir xil yoʻnalishga ega boʻlgan toklarning ishorasi musbat, bu yoʻnalishga teskari yoʻnalgan toklarning ishorasi esa manfiy deb qabul qilingan. Kontur qismlaridagi tok manbalarining E.Yu.K.larini musbat ishorali deb olish uchun ular soat strelkasining harakati yoʻnalishidagi toklarni hosil qilishlari zarur.

Quyidagi konturni soat strelkasining yoʻnalishi boʻyicha kuzataylik (2-rasm). Yuqorida aytilgan ishoralar qoidasidan foydalanib, bu konturga Om qonunini qoʻllaymiz, yaʼni:

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon}{R + r} \quad (4)$$

(4) ga asosan 2-rasmdan

$$\begin{aligned} (\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon_1 &= -I_1 R_1 - I_1 r_1 \\ (\varphi_2 - \varphi_3) + \varepsilon_2 &= I_2 R_2 + I_2 r_2 \\ (\varphi_3 - \varphi_1) &= I_3 R_3 \end{aligned} \quad (5)$$

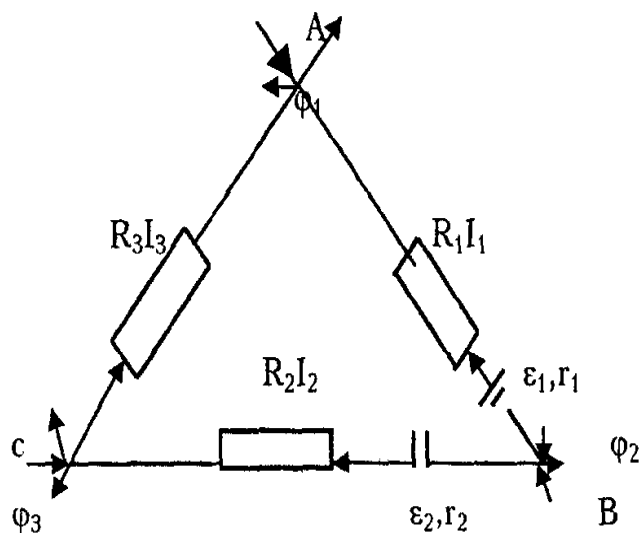
bu yerda,  $(\varphi_1 - \varphi_2)$ - zanjirning AV qismidagi potentsiallar farqi.

(5) tenglamalar sistemasini hadma-had qoʻshib quyidagi tenglamani hosil qilamiz

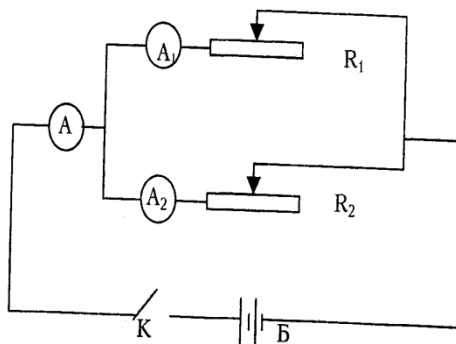
$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = I_2 R_2 + I_2 r_2 + I_3 R_3 - I_1 R_1 - I_1 r_1 \quad (6)$$

(6) tenglama berilgan kontur uchun Kirxgofning 2-qoidasini ifodalaydi.





2-rasm



3-rasm

Umuman aytganda, Kirxgofning qoidalari o'zgaruvchan tok zanjiri uchun ham to'g'ri bo'ladi, lekin o'zgaruvchan tok kvazistatsionar tok bo'lishi kerak. Shuningdek, o'zgaruvchan tokka bu qoidalar qo'llanganda omik qarshilikdan tashqari, sig'im va induktiv qarshiliklarni ham hisobga olish zarur. Eslatma sifatida shuni aytish kerakki, 102 - 103 Gs chastotali toklarni ham kvazistatsionar toklar deb qarash mumkin.

Metall o'tkazgichda elektronlar va kristall panjaralar tugunchalaridagi ionlar yuzaga keltirgan elektrostatik maydon yoki Kulon kuchlarining maydoni mavjud bo'ladi. Lekin bu maydon elektronlarning tartibli harakatining sababi bo'la olmaydi, chunki bu kuchlarning berk kontur bo'ylab bajaradigan ishi nolga teng. Berk zanjirdan tok o'tib turishi uchun kontur bo'yicha bajaradigan ishi noldan farqli biror tashqi kuch bo'lishi kerak, bu kuch zaryadli zarralarni tok manbai ichida harakatga keltiradi. Zaryad miqdori bo'lgan holda, bu kuchning bajaragan ishi  $A = \varepsilon^* q$  (7) ga teng bo'ladi. Bu yerda,  $\varepsilon^*$ -manbaning elektr yurituvchi kuchi bo'lib, u tok manbai tashqi kuchlari ta'sirining o'lchovidir. (7) formuladan

$$\varepsilon^* = A/q \quad (7)$$

Manba E.Yu.K. miqdor jihatidan tashqi kuchlarning bir-birlik musbat zaryadni berk zanjir bo'ylab ko'rinishida bajaragan ishini xarakterlaydi.

Berk zanjir uchun Om qonuniga asosan

$$\varepsilon = IR + ir = U + ir \quad (8)$$

E.Yu.K. berk zanjirning ichki ( $r$ ) va tashqi ( $R$ ) qarshiligida potentsiallar tushuvlari yig'indisiga teng. Agarda tashqi qarshilik ichki qarshilikdan juda kichik bo'lsa, ya'ni  $r \gg R$  bo'lsa,  $Ye \gg U$  bo'ladi. Bu holat manbaning qisqa tutashuvi deb yuritiladi. Agarda  $R \gg r$  bo'lsa, ya'ni zanjir uzilgan bo'lsa, manbaning e.yu.k. uning qutblaridagi potentsiallar farqiga (kuchlanishga) teng bo'ladi ( $E=U$ ). Bundan ko'rinadiki, tashqi zanjir manbaiga qo'shilmagan vaqtda voltmeter bilan manbaning qutblari orasidagi kuchlanishni o'lchab manbaning E.Yu.K. ni aniqlash mumkin. E.Yu.K. ni aniqlashning boshqa usullari ham mavjud, masalan, ma'lum qarshilik usuli va kompensatsiya usuli.

Laboratoriyada manbaning e.y.u.k. ni aniq o'lchash uchun kompensatsiya usulidan foydalaniladi. Kompensatsiya usuli Kirxgofning qoidalariga asoslangan bo'lib, quyida biz shu usulni ko'rib o'tamiz, buning uchun esa -rasmdagi sxemadan foydalanamiz.

Kirxgofning birinchi qoidasiga asosan A tugun uchun

$$I = I_4 - I_2 \quad (9)$$

Kirxgofning 2-qoidasiga asosan  $A\varepsilon_1CBA$  kontur uchun

$$\varepsilon_1 = IR_1 + IR_3 + I_4R_4 \quad (10)$$

$AB\varepsilon_2A$  kontur uchun esa

$$\varepsilon_2 - I_2R_2 + I_4R_4 \quad (11)$$

$R_2$  va  $R_4$  qarshiliklarni shunday tanlaymizki, galvanometrda o'tayotgan tok nolga teng bo'lsin, ya'ni  $I_2=0$ , u holda

(9) formuladan  $I = I_4$

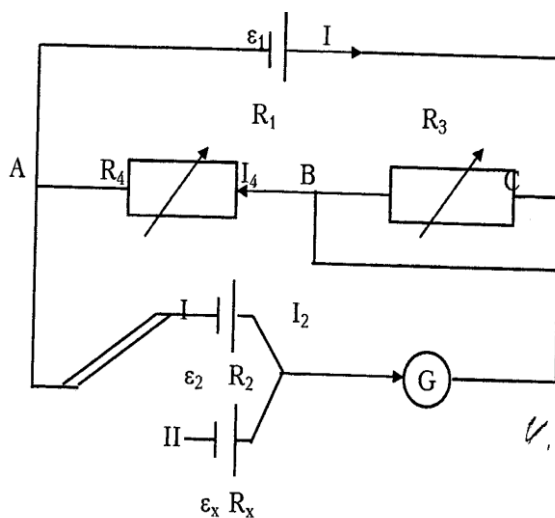
(10) formuladan  $\varepsilon_1 = I(R_1 + R_3 + R_4)$  (12)

(11) formuladan  $\varepsilon_2 = I_4R_4 = IR_4$  (13)

(12), (13) ifodalarni hadma-had bo'lib

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{R_4}{R_1 + R_3 + R_4}, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_1 \frac{R_4}{R_1 + R_3 + R_4} \quad (14)$$

ni hosil qilamiz.



4-rasm

Endi P pereklyuchatelni II-holatga qo'yib e.y.u.k. noma'lum bo'lgan tok manbaini zanjirga ulaylik. Bu holda ham qarshiliklar magazinidan qarshiliklar tanlab, galvanometr strelkasi shkalaning noliga keltiriladi, bu holda tanlangan qarshilikni  $R_x$  deb,  $\varepsilon_x$  uchun

$$\varepsilon_x = \varepsilon_1 \frac{R_x}{R_1 + R_3 + R_4} \quad (15)$$

formulani olamiz.

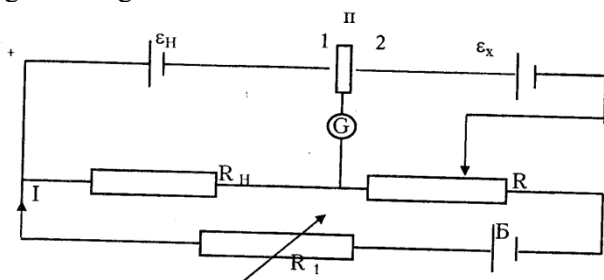
(14) va (15) ifodalarni hadma-had bo'lib,

$$\varepsilon_x = \varepsilon_2 \frac{R_x}{R_4} \quad (16)$$

ifodani hosil qilamiz.

Shunday qilib, elementlarning e.yu.k.larini taqqoslash amalda kompensatsion usuldan foydalanib topilgan ikki qarshilikni solishtirishdan iborat bo'lar ekan. (16) dan ko'rinadiki,  $\epsilon_1$  yordamchi manba e.yu.k.ni o'lchash uchun kerak emas, lekin u o'lchash vaqtida o'zgaras bo'lishi kerak, shu bilan birga  $y_{e_x}$  va  $y_{e_n}$  larning qiymatidan katta bo'lishi kerak.

Kompensatsion usul bilan o'lchash olib borilganda 62 manba sifatida normal element ishlatiladi, chunki uning e.yu.k. katta aniqlikda aniqlangan bo'ladi. Kompensatsion usul bilan ishlaydigan asboblarni potensiomترلar deyiladi. Ular o'zgaras va o'zgaruvchan tok bilan ishlaydigan potensiomترلarga bo'linadi. Biz o'zgaras tok potensiometri bilan ish ko'ramiz. O'zgaras tok potensiomترلari yordamida o'lchash usuli quyidagicha bo'ladi. Avvalo potensiometri uchun ma'lum bir ishchi tokning qiymati tanlanadi. Buning uchun pereklyuchatel P birinchi holatga qo'yiladi va  $R_1$  qarshilik galvanometr tok o'tmayotgan holatni ko'rsatguncha o'zgartiriladi.



5-rasm.

$$\text{Bu holat } \epsilon_n = IR_n \quad (17)$$

bo'lganda yuz beradi. Shu formuladan potensiometrning ishchi tokini topish mumkin. Sxemadagi belgilar:  $\epsilon_n$ -normal elementning e.yu.k.;  $\epsilon_x$  - o'lchanadigan e.yu.k.; B-yordamchi tok manbai;  $R_1$  - reostat;  $R_n$  - namunali rezistor, uning qarshiligi potensiometrning ishchi toki I va normal elementning  $\epsilon_n$  -E.Yu.K. lariga bog'liq holda tanlanadi.

Ishchi tok aniqlangandan so'ng, P pereklyuchatel 2-holatga qo'yiladi. R qarshilikni o'zgartirib galvanometrda o'tayotgan tokning qiymati nolga keltiriladi. Bu esa R qarshilikning biror qiymatida bo'ladi. U holda

$$\epsilon_x = IR_x \quad (18)$$

(17) va (18) dan

$$\epsilon_x = \epsilon_n \frac{R_x}{R_n} \quad (19)$$

Hozirgi vaqtda sanoatda vazifalariga qarab turlicha o'zgaras tok potensiomترلari ishlab chiqarilmoqda. Shulardan R-304 tipidagi o'zgaras tok potensiometridan foydalanamiz.

#### Ishni bajarish tartibi:

1. Kirxgofning birinchi qonunini tekshirish uchun qarshiliklari turlicha bo'lgan 6 ta o'tkazgich simlardan tugun sxema hosil qilinadi.
2. Har bir o'tkazgich uchlariga ampermetr ketma ket ulanib, ularning ixtiyoriy ikkitasi manbaga ulanadi.
3. Qolgan uchta o'tkazgichga istemolchi ulanib, o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchlari yozib olinadi.
4. Tugunga kirayotgan va tugundan chiqayot tok kuchlari kamida 3 marta qayta o'lchanadi.
5. Aniqlangan qiymatlar asosida har bir tajriba uchun kirxgofning birinchi qonuni tekshirib ko'riladi (2-formula).
6. Olingan natijalar asosida nisbiy xatolik hisoblab topiladi va barcha qiymatlar quyidagi jadvalga kiritiladi.

Tr	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>o'rt</sub>	ΔI <sub>o'rt</sub>	ε
1								
2								
3								

## Laboratoriya 12

### ERNING MAGNIT MAYDON KUCHLANGANLIGINING GORIZONTAL TASHKIL ETUVCHISINI HAMDA TANGENS-GALVANOMETR DOIMIYSINI ANIQLASH

*Ishdan maqsad: Er magnit maydon gorizontal tashkil etuvchisini va tangens-galvanometr doimiysini aniqlashdan iborat.*

*Kerakli asbob va buyumlar: tangens-galvanometr, o'zgarimas tok manbai, reostat, milliampermetr, qayta ulagich (pereklyuchatel).*

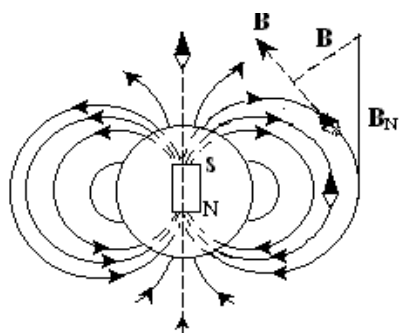
#### Nazariy qism.

Er atrofida magnit maydon mavjudligi insonga qadimdan ma'lum. SHuning uchun ham Erni juda katta magnitga qiyoslash yoki Erning markazida joylashgan ML magnit dipoli mavjud, deb qarash mumkin. Bu magnit dipolning magnit qutblari Erning geografik qutblariga yaqin joylashgan bo'ladi, ya'ni Er magnit maydonining janubiy qutbi (S) shimoliy geografik qutb (SH)ga yaqin va shimoliy qutbi (N) esa janubiy geografik qutbi (J)ga yaqin joylashgan bo'ladi. Magnit dipolning maydon induksiyasi (V) chiziqlarining ko'rinishi va uning yo'nalishi tajriba asosida aniqlangan (1-rasm). Bundan kelib chiqadiki, Er sirtini magnit maydoni o'rab olgan ekan. Buni 1-rasmda tasvirlangan magnit strelkalarining har xil yo'nilishda joylashishi tasdiqlaydi.

1-rasmdagi V- Erning magnit maydon induksiyasi, V<sub>r</sub> - uning gorizontal tashkil etuvchisidir.  $V = \mu_0 N$  bu erda  $\mu$  muxitning magnit singdiruvchanligi,  $\mu_0$ - magnit doimiysi, N-magnit maydon kuchlanganligi

Erning magnit maydon kuchlanganligi vektorining gorizontal tekislikka proeksiyasi Erning magnit maydoni kuchlanganligi vektorining gorizontal tashkil etuvchisi Nr deyiladi.

magnit maydon induksiyasi geografik kengligi shunga o'xshash bo'lgan joylardagi magnit induksiyasi qiymatidan keskin farq qiladi. Er Masalan, Erning magnit qutblarida (S nuqtada) magnit strelka Er sirtiga tik yo'nalgan bo'lsa, Er ekvatoriga mos keluvchi nuqtalar (D) da gorizontal joylashadi. Er sirtining qolgan ixtiyoriy nuqtalarida (A nuqtada) esa magnit strelka magnit induksiya chiziqlariga urinma bo'ylab induksiyasi yo'nalishi bilan gorizontal tashkil etuvchisi orasidagi burchak ( $\beta$ ) magnit enkayishi deyiladi. Er sirtida shunday joylar borki, bu joylarda sirtidagi magnit maydon induksiyasi qiymatining keskin o'zgarish hodisasiga magnit anomalিয়া si deyiladi. Magnit anomaliyasining mavjudligi shu joylarda temir rudalari to'planganligini bildiradi. Er sharining har bir nuqtasidagi er magnetizmi elementlari vaqt o'tishi bilan asta-sekin o'zgarib borishi mumkin. Ammo shunday paytlar bo'ladiki, Erning magnit maydoni bir necha soat ichida keskin o'zgaradi. Bu hodisaga magnit boroni deyiladi.



1-pacm

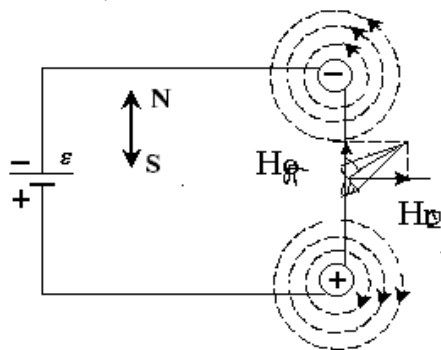
Magnit bo'ronining vujudga kelishi Quyosh aktivligining o'zgarishi bilan bog'liq bo'lib, Er sharoitidagi hayotga salbiy ta'sir etishi mumkin.

Erning magnit maydonini tadqiq qiluvchi juda ko'p asboblardan biri va eng oddiy kompasdir. Kompas vertikal o'q atrofida aylana oladigan magnit strelka bo'lib, o'q atrofida

aylanishi magnit maydon kuchlanganligi gorizontallashgan ( $N_g$ ) ning ta'siriga asoslangan. Bu ta'sir natijasida kompas strelkasining bir uchi shimolni /SH/ ikkinchi uchi janubni /J/ ko'rsatadi.

Er magnit maydon induksiyasining gorizontallashgan etuvchisining aniqlash uchun tangens bussoldan foydalanamiz. Tangens-bussol /TB/ R-radiusli n ta o'rnamli va markazida kompas joylashgan yassi vertikal g'altakdan iborat qurilmadir. R va n ning qiymatlari (TB) da ko'rsatilgan bo'ladi.

tomonidagi nuqta esa tokning biz tomonga qarab yo'nalganligini bildiradi. Agar zanjirda tok mavjud bo'lmasa,



2-расм

O'zgaras tok manbaiga ulangan tangens-bussolning ishlash prinsipi bilan tanishib chiqaylik. 2-rasmda tokka ulangan tangens-bussolning kesimi tasvirlangan. Aylana ko'rinishdagi punktr chiziqlari magnit maydon induksiya chiziqlarini, magnit meridiani NS yo'nalishida bo'ladi.

Uning markazidagi musbat ishora tokning, chizma tekisligining orqa magnit strelkasi magnit meridiani NS yo'nalishida bo'ladi.

Magnit maydonning gorizontallashgan etuvchisi yo'nalishiga mos kelgan yo'nalish magnit meridiani deyiladi.

Tangens-bussol o'rnamlaridan o'zgaras elektr toki o'tayotgan bo'lsa, magnit strelka dastlabki holatidan biror φ burchaka og'adi. Bunga sabab magnit strelkasiga Erning magnit maydoni induksiyasidan yoki aniqroq aytganda uning gorizontallashgan etuvchisi  $V_g$  dan tashqari aylana shaklidagi o'rnamlardan o'tayotgan tok kuchining g'altak markazida hosil qilgan magnit maydon induksiyasi  $V_0$  ham ta'sir qilishidadir 2-rasmdan L burchak tangensi uchun quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{H_0}{H_2}$$

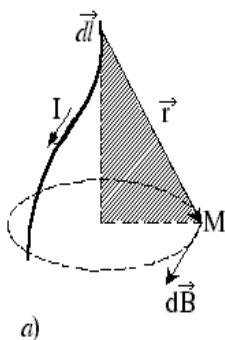
Bu ifodadan Erning magnit maydoni induksiyasining gorizontallashgan etuvchisi ( $V_g$ ) topiladi, ya'ni

$$H_2 = \frac{H_0}{\operatorname{tg} \varphi}$$

bu erdagi  $N_0$ -kattalik Bio-Savar-Laplas qonunidan foydalanib aniqlanadi. Buning uchun ixtiyoriy shaklda bo'lgan L uzunlikdagi tokli o'tkazgichni ko'rib chiqaylik /3,a-rasm/. O'tkazgichdan z masofada joylashgan M nuqtadagi magnit maydon induksiyasini aniqlash uchun shu o'tkazgichni  $d\ell$  bo'laklarga bo'lamiz.  $Id\ell$  kattalik tok elementi deb ataladi. Har bir tok elementining M nuqtada hosil qilgan maydon induksiyasi  $dB$  ni Bio-Savar-Laplas qonuniga asosan quyidagi formula orqali ifodalash mumkin:

$$dH = \frac{Id\ell \operatorname{Sin} \varphi}{4\pi r^2} \quad /3/$$

bu erda  $\mu_0$ -magnit doimiysi ( $\mu_0 = 12,5 \cdot 10^{-12} \text{ T} \cdot \text{m} / \text{A}$ )



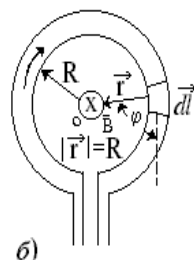
M nuqtada L uzunlikdagi tokli o'tkazgich hosil qilgan natijaviy magnit maydon induksiyasini aniqlash uchun /3/ ifodani butun L uzunlik bo'yicha integrallash lozim bo'ladi:

$$H = \int dH = \int \frac{Id\ell}{4\pi r^2} \operatorname{Sin} \varphi \quad /4/$$

Bio-Savar-Laplas qonunini aylana shaklidagi o'tkazgichdan o'tayotgan tokning shu aylana markazida hosil qilgan maydon induksiyasini aniqlashga tadbqiq etaylik/3,b-rasm/. Bu chizmadan ko'rinadiki,  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\operatorname{Sin} \varphi = \operatorname{Sin} 90^\circ = 1$  shunindek,  $r = R$

U holda aylana shaklidagi tokli o'tkazgichning aylana markazida hosil qilgan maydon induksiyasi

$$H_0 = \int_0^L \frac{I}{4\pi R^2} d\ell \quad /5/$$



3-расм

ko‘rinishga keladi. Integrallash amalini bajarib

$$H_0 = \frac{I}{2R} \quad /6/$$

ifodaga ega bo‘lamiz. Bu qiymat bitta aylanma tokning markazida, bizning hol uchun tangens-bussol markazida hosil bo‘layotgan magnit maydon induksiyasini ifodalaydi.  $V$  ning SI dagi o‘lchov birligi Tesla (Tl) bo‘ladi. Umumiy holda, ya‘ni tangens-galvanometrda simning o‘ramlar soni  $n$  ga teng bo‘lganda /6/ ifoda

$$H_0 = \frac{nI_0}{2R} \quad /7/$$

ko‘rinishda yoziladi. Bu ifodani /2/ ga qo‘yib, Erning magnit maydon induksiyasining gorizontol tashkil etuvchisini aniqlash formulasiga ega bo‘lamiz:

$$H_{\varphi} = \frac{n_0 I}{2R \operatorname{tg} \varphi} \quad /8/$$

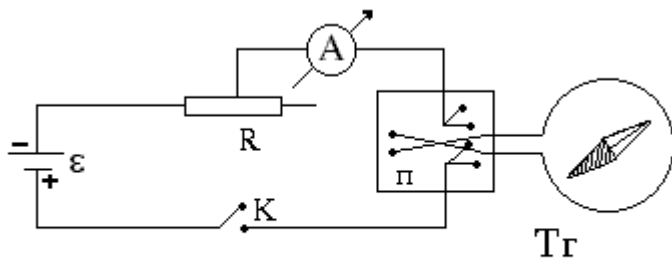
Agar  $\frac{2RH_{\Gamma}}{n_0} = C$  belgilash kiritsak /8/ ifoda

$$C = \frac{I}{\operatorname{tg} \varphi} \quad /9/$$

ko‘rinishga keladi. S-tangens-galvanometr doimiysi deyilib, magnit maydon o‘lchanishi lozim bo‘lgan biror geografik kenglikda qo‘llaniladigan tangens-galvanometr uchun u o‘zgarmas kattalikdir.

Erning magnit maydon induksiyasining gorizontol tashkil etuvchisini aniqlash uchun 4-rasmda tasvirlangan elektr zanjiri yig‘iladi.

Bu rasmda TG-tangens-galvanometr, R-reostat,  $\mathcal{E}$ -tok manbai, K-kalit, P-qayta ulangich /pereklyuchatel/. A-ampmetr. Bu ishda aylanasi bo‘ylab bir necha o‘ram sim o‘ralgan katta diametrli aylanasimon yog‘och karkas tangens-galvanometr vazifasini o‘taydi. Karkas markazida g‘ilof ichida gorizontol tekislikda erkin aylana oladigan strelkani arretirdan qutichadagi maxsus richagni burish yo‘li bilan



4-расм

osongina bo‘shatish mumkin.

### Ishni bajarish tartibi.

1. 4-rasmda ko‘rsatilgan elektr zanjir yig‘ildi.
2. Magnit strelka arretirdan bo‘shatiladi va tangens-bussol shunday o‘rnatiladiki, g‘altak tekisligi magnit merediani yo‘nalishda joylashgan bo‘lsin. Bunda strelkaning bir uchi  $0^0$  ni, ikkinchi uchi esa  $180^0$  ni ko‘rsatadi.
3. Sxema tekshirilgandan so‘ng elektr zanjir tok manbaiga ulanadi.
4. R-reostat yordamida 0,2 ga teng tok kuchi tanlanib, bunday tokda strelkaning har ikki uchining magnit merediani yo‘nalishdan og‘ish burchaklari qiymatlari  $L_1$  va  $L_2$  yozib olinadi.

5. P- qayta ulagich yordamida tokning yoʻnalishi oʻzgartirib, tokning 0,2 mA qiymati uchun strelka uchlarining  $\alpha_3$  va  $\alpha_4$  qiymatlari yozib olinadi. Ogʻish burchaklarining barcha qiymatlariga koʻra ularning oʻrtacha qiymati aniqlanadi:

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

SHu tartibda tok kuchining 0,3 mA 0,4 mA, qiymatlari uchun ham 4- va 5-bandlarda koʻrsatilgan mashqlar takrorlanadi.

6. /8/ formuladan foydalanib, har bir oʻlchash uchun Erning magnit maydoni induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisi hisoblanadi. Soʻngra  $V_g$  ning oʻrtachi qiymati va bu qiymatdagi absolyut hamda nisbiy xatoliklar aniqlanadi.

7. /9/ formula yordamida tangens-bussol doimiysi S hisoblab topiladi.

Oʻlchash va hisoblash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

№	I(A)	Strelkaning ogʻishi				$H_g$	$N_{ro'r}$	$\Delta N_r$	$\frac{\Delta H_r}{H_r}$	C	$\Delta C$
		$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_{o'r}$	$tg \vec{\alpha}$						
I	0,2										
II	0,3										
III	0,4										
	0,5										
IV	0,6										

### Sinov savollari

1. Erning magnit maydoni induksiya vektori qanday yoʻnalgan. Magnit anomaliyasi qanday hodisa?
2. Erning magnit maydoni kuchlanganligivektorining gorizontal tashkil etuvchisi deb nimaga aytiladi?
3. Gʻaltak oʻrami tekisligini magnit meridiani yoʻnalishida oʻrnatishning qanday zaruriyati bor?
4. Bio-Savar-Laplas qonunini tushuntiring va uning umumiy formulasini yozing
5. Erning magnit maydon kuchlanganligivektorining gorizontal tashkil etuvchisini aniqlaydigan /8/ formulani keltirib chiqaring.
6. Tangens- kattaliklarga bogʻliq galvanometr doimiysi qanday?

