

MA'RUZALAR MATNI

1.1. Ta`lim berish texnologiyasining modeli

Mashg`ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 gacha
Mashg`ulot shakli	Kirish-axborotli ma`ruza
Ma`ruza rejasi	1.Mexanika haqida umumiy ma'lumot. Koordinatalar tizimi. 2.Koordinatalar va vektorlarning proeksiyalarini almashtirish. Vaqt tushunchasi. 3.Fizik masalalarga tadbiq etilishda hosila va integralning ma'nosi haqida. 4.Kinematika va dinamika. Klassik mexanika. Relyativistik mexanika. Kvant mexanikasi. 5.Kinematikaning elementlari. Fizik modellar: moddiy nuqta (zarra yoki korpuskula), moddiy nuqtalar tizimi, absolyut qattiq jism, yaxlit muhit. Fazo va vaqt. 6.Harakatning kinematik tavsiflash.
O`quv mashg`ulotining maqsadi: a) fizik kattaliklarni va ularni o`lchash birliklarini tushuntirish.b) o`lchov birliklar sistemasi. b). Fazo va vaqt haqida tushuncha berish. Koordinatalar sistemasini tushuntirish.	
Pedagogik vazifalari: Kinematika, dinamika va statika bo'limlari nima bilan shug'ulanadi I. Nyuton va A Eynshteyn nazariyalarining bir-biridan farqi. Fazoda, tekislikda vat ugri chiziqda koordinatalarni tanlay olasizmi? Fazo va vaqtni tushunish muammosi. Harakatning kinetik tenglamalarini fazoda, tekislikda va to'g'ri chiziqda tavsiflash. Moddiy nuqtaning ko'chishini vektor va koordinata fizikasida tavsiflash.	O`quv faoliyatining natijalari:</p> <p>Fizika fani bilan tanishish, Fizika fanini boshqa fanlar bilan aloqalarini urganish</p> <p>Fazo va vaqtni tushunish</p> <p>Fizika fani xozirgi kundagi yutug`lari bilan tanishtirish
Ta`lim berish usullari	Ko`rgazmali ma`ruza suhbatlari
Ta`lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy
Ta`lim berish vositalari	O`quv qullanma, proektor ,slaydlar
Ta`lim berish sharoiti	O`TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og`zaki nazorat,savol-javob

2.2.Ma'ruzaholatining texnologik kartasi

Bosqichlar, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O'qituvchi	talaba
1-bosqich. Kirish(5 min.)	1.1. Mavzu, maqsad va rejalashtirilgan o'quv natijalarini e'lon qiladi. 1.2. Reja va muammoli holatlatlarni ifodalovchi savollarni ekranga chiqaradi.	1.1.Eshitadilar, yozib oladilar. 1.2.E'tabor beradilar.
2-bosqich. .Bilimlarni faollashtirish (10 min).	2.1. Asosiy kategoriya va tushunchalarni va ma'ruza oxirida yechiladigan masalalarni namoyish qiladi. 2.2.O'quv faoliyatini baxolash mezonlari malum qilinadi.	.E'tabor beradilar
3bosqich. Asosiy (55 min.)	3.1. Ma'ruza davomida asosiy tushunchalarni qayd etish lozimligini uqtiradi.Talabalar yozib olishlarini takidlaydilar 3.2 Fizikaviy kattalik deb nimaga aytiladi. 3.3 Materiya, modda deb nimaga aytiladi. 3.4 Kuch, massa deb nimaga aytiladi. 3.5 Jism og'irligi nima. SI sistemasida asosiy birliklar qilib qaysi o'lchov birliklari qabul qilingan.	3.1.Asosiy kattaliklar, ifodalarni yozadilar 3.2. eshitadilar vaYozadilar 3.3. berilgan chizmalarni chizib oladilar.
4- bosqich. Yakuniy (10 min.)	4.1.Mavzuga xulosa yasaydi.O'quv jarayonida faol ishtirok etgan talabalarbi rag'batlantiradi. 4.2. Mustaqil ishlash va nazariy bilimlarni mustaxkamlash. Mustaxkamlash uchun savvolarni beradi:	4.1. 4.2.topshiriqni yozib oladilar.

1-ma'ruza. KLASSIK MEXANIKA ASOSLARI

Reja

1. Mexanika haqida umumiy ma'lumot. Koordinatalar tizimi.. Koordinatalar va vektorlarning proeksiyalarini almashtirish. Vaqt tushunchasi.
2. Kinematika va dinamika. Klassik mexanika. Relyativistik mexanika. Kvant mexanikasi.
3. Kinematikaning elementlari. Fizik modellar: moddiy nuqta (zarra yoki korpuskula), moddiy nuqtalar tizimi, absolyut qattiq jism, yaxlit muhit. Fazo va vaqt.
4. Harakatning kinematik tavsiflash. Nuqtaning to'g'ri chiziqli harakati.
5. Nuqtaning aylana buylab harakati. Burchak tezlik va burchak tezlanish.
6. Egri chiziqli harakatda tezlik va tezlanish. Burchakli tezlik vektori. Normal va o'rinma (tangensial) tezlanish.
- 7 Aylanma va ilgarilanma harakatning kinematik harakteristikalar orasidagi bog'lanish.

Tayanch so'zlar va iboralar: Harakat, moddiy nuqta, ko'chish, traektoriya, yo'l, vaqt, tezlik, oniy tezlik, tekis o'zgaruvchan harakat, tekis egri chiziqli harakat, tezlanish, oniy tezlanish, normal va tangentsial tezlanish, burchak tezlik va tezlanish.

Tayanch so'zlar va iboralar: Fizika, materiya, harakat, fizik qonun va hodisa, tajriba, kuzatish, eksperiment, gipoteza, fizik nazariya, fizik model, fizika va boshqa fanlar, fizika va texnika, fizik kattaliklar, asosiy va qo'shimcha birliklar.

Fizika grekcha «Phyzis» so'zidan olingan bo'lib, tabiat ma'nosini bildiradi. Fizika fani boshqa fanlar kabi bizni o'rab olgan moddiy dunyoni-materiyaning ob'ektiv xossalarini o'rganadi.

Materiya tushunchasi ob'ektiv reallikni ifodalaydigan falsafiy kategoriya bo'lib, bu ob'ektiv reallikni inson o'z sezgilari bilan idrok qiladi, undan nusxa oladi va aks ettiradi. Materiya bizni sezgi organlarimizga bog'liq bo'lmagan holda yashaydi.

Materiya ikki ko'rinishda – modda (elementar zarralar -elektron, proton, neytron v. b., atom va molekulalar, ionlar, fizik jismlar) va fizik maydonlar (gravitatsion, kuchli, kuchsiz, elektronmagnit) shaklida bo'ladi.

Fizika materiya harakatining eng umumiy ko'rinishlarini va ularni bir-biriga aylanishlarini o'rganadi. Masalan, Er va osmon jismlarining hammasi ximiyaviy jixatdan sodda yoki murakkabligidan qat'iy nazar fizika kashf qilgan butun dunyo tortishish qonuniga bo'ysunadi. Hamma tabiatda bo'ladigan jarayonlar fizika aniqlagan qonunga – energiya saqlanish qonuniga bo'ysunadi.

Fizika barcha tabiat fanlarining muvaffaqiyatli rivojlanishi uchun zarur bo'lgan tadqiqot uslublarini ishlab chiqadi va zarur asboblarni yaratishga imkon beradi. Masalan, mikroskopning biologiya fani taraqqiyotidagi, spektral analizning

kimyodagi, rentgen analizning tibbiyot taraqqiyotidagi, teleskopning astronomiyadagi ahamiyati kattadir.

Stoletovni fotoeffekt hodisasi ustida olib borgan ishlari xozirgi zamon televideniya va avtomatikasining taraqqiyotida keng qo'llanilmokda. Fizika fanining qishloq xo'jaligi maxsulotlari ishlab chiqarishdagi roli ham kattadir. 1778 yili Komov "Dexqonchilik xaqida" degan kitobida shunday deb yozgandi: "Dexqonchilik deyarli boshqa fanlar qatori butun fizika bilan chambarchas bog'liqdir, uning o'zi ham amaliy fizikaning bir qismidir". O'simliklarining hayot faoliyati jarayonlari o'simlik rivojlanayotgan muhitning fizik sharoitlariga: yorug'lik, issiqlik, temperatura, namlik, bosim va x.k. larga bog'liq bo'ladi. Bu sharoitlarni o'rganish fizikaning vazifalaridan biri hisoblanadi.

Qonun keng ma'noda qandaydir zaruriy, ichki, takrorlanuvchi ketma-ketliklarni bog'lanish asosida bajarilayotgan, aniqlangan va umumqoida bo'lishi mumkin.

Fizik qonunlar tajribalardan olingan ma'lumotlarni umumlashtirish natijasida topiladi. Fizik qonunlar fizik hodisalar orasidagi ob'ektiv ichki bog'lanishni va fizik kattaliklar orasidagi real munosabatlarni ifodalaydi.

Fizik hodisalarni o'rganish tajriba asosida boshlanadi. Hodisalarni tabiiy sharoitlarda o'rganish asosida tajriba orttirish - kuzatish deb, hodisalarni sun'iy sharoitda, ya'ni laboratoriya sharoitlarda amalga oshirib tajriba o'tkazishni esa eksperiment deb atash odat bo'lib qolgan. Albatta, eksperiment kuzatishga nisbatan bir qator afzalliklarga ega. Birinchidan, eksperimentda axborot olish uchun sarflanadigan vaqtni tejash mumkin. Masalan, tabiiy sharoitlarda biror hodisa ro'y berishi uchun bir necha sutkalab, hattoki oylab kutishga to'g'ri keladi. Laboratoriyalarda esa bu hodisani istalgan vaqtda amalga oshiriladi. Ikkinchidan, tabiiy sharoitlarda amalga oshayotgan tajribada hodisaga bir necha faktorlarning ta'siri aks etgan bo'ladi. Laboratoriyada esa sunoiiy ravishda shunday sharoitlar yaratish mumkinki, natijada faktorlardan faqat birining o'zgarishi hodisaning o'tish jarayoniga qanday ta'sir ko'rsatishini tekshirish imkoniyati tug'iladi. Boshqacha qilib aytganda, eksperimentda "tozaroq sharoitlar" yaratish mumkin. Bu esa tajribada aniqlanayotgan kattaliklarni aniqroq o'lchashga imkoniyat yaratadi.

Umuman, tajriba deganda faktlarni qayd qilishnigina emas, balki faktlarni sistemaga keltirish, hodisa yoxud jarayonni xarakterlovchi fizik kattaliklar orasidagi bog'lanishni ham sifat, ham miqdoriy jihatdan aniqlashni tushunish lozim.

Tajribalarda yig'ilgan axborotlar hodisani tushuntirish uchun gipoteza (ilmiy faraz)lar yaratishga asos bo'lib xizmat qiladi. Gipotezani mantiqan rivojlantirish tufayli vujudga keladigan natijalar tajribalarda tasdiqlanmasa, bunday gipoteza sinovdan o'tmagan, ya'ni xato gipoteza hisoblanadi.

Aksincha, gipotezadan kelib chiquvchi natijalar tajribalarda tasdiqlangan taqdirda gipoteza fizik nazariyaga aylanadi. Fizik nazariya bir sohadagi bir qator hodisalarni, ulaning mexanizimi va qonuniyatlarini tushuntira olishi kerak. Bundan tashqari, fizik nazariya qayd qilinmagan yangi hodisalarni oldindan aytib bera oladi. Agar bu yangi hodisalar tajribada qayd qilinsa, nazariya yana sinovdan o'tgan bo'ladi. Shuni ham qayd qilmoq lozimki, nazariyalar ham vaqt o'tishi bilan

rivojlantiradi. Eksperiment texnikasini o'sishi bilan yangi hodisalar kashf etiladiki, ularni tushuntirishga nazariya o'zlasik qilishi mumkin. Bu hollarda nazariyaga "tuzatma" kiritiladi. Demak, fizik nazariyalarning yaratilishi va sinalishi tajribalar bilan boshlanadi hamda tajribalar bilan isbotlanadi va rivojlantiriladi.

Hosila va integrallning fizikaviy masalalarga tadbiqi. Absolyut qattiq jismning erkinlik darajasi

Hosila tushunchasi sof matematikaviy nuqtai nazardan faqatgina uzluksiz funktsiyalar uchun, aniqrog'i, funktsiyalarning uzluksizlik sohasidagina mazmunga ega. Fizikada ixtiyoriy fizikaviy kattalik bir yoki bir nechta kattaliklarning funktsiyasi sifatida qaralishi mumkin. Masalan, jism bosib o'tgan yo'l vaqtning funktsiyasi, ya'ni harakatdagi jismning bosib o'tgan yo'li harakatlanish vaqtiga bog'liq bo'ladi. Bu bog'lanish oshkor bo'lmagan ko'rinishda $s = s(t)$ shaklda yoziladi. Shuningdek, harakat tezligi va tezlanishi ham vaqtning funktsiyasi sifatida $v = v(t)$ va $a = a(t)$ ko'rinishida yozilishi mumkin. Ba'zi fizikaviy kattaliklarni, jumladan, tezlik va tezlanishni ham koordinatalarning funktsiyasi sifatida ifodalash mumkin. Bunday kattaliklarga eng oddiy misol-jism zichligidir. Haqiqatan ham, umumiy holda jism zichligi hajmning turli bo'laklarida turlicha bo'lishi mumkin. Masalan, havo molekulalarining zichligi oddiy sharoitda Er sirtiga yaqin joylashgan qatlamlarda kattaroq bo'lib, balandlik ortgan sari kamaya boradi. Agar koordinatalar tizimining Er sirtiga tik yo'nalgan o'qini Z orqali belgilasak, bu bog'lanish funktsional ko'rinishda $\rho = \rho(Z)$ kabi yoziladi. Jismlarning zichligi hajmga bog'liq bo'lgani uchun umumiy holda $\rho = \rho(x,y,z)$ funktsiya yordamida aniqlanadi.

Endi zichlik tushunchasi vositasida fizikaviy masalalarda hosila tushunchasining ishlatilish mazmunini qarab chiqaylik. Ta'rifga asosan, jismning o'rtacha zichligi uning hajm birligiga to'g'ri keluvchi massasiga son jihatidan teng, ya'ni $\rho = m/V$

Agar bizni biror elementar hajmdagi zichlik qiziqтира

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V}$$

formuladan foydalanamiz; bunda Δm - elementar hajmi (ΔV) dagi massa.

Matematikaviy nuqtai nazardan jismning biror bir "nuqta"dagi zichligi

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V} = \frac{dm}{dV}$$

formula bilan, ya'ni jism massasidan hajm bo'yicha olingan hosila sifatida aniqlanishi lozim.

Shuni alohida ta'kidlash lozimki, massadan hajm bo'yicha (fizikaviy mazmunda) hosila olishda hajmning cheksiz kichik orttirmasi o'rniga chekli kichik orttirmasidan foydalanish hisoblashda xatoliklarga olib kelmaydi, aksincha, $\Delta V \rightarrow 0$

deb qaralganda kelib chiquvchi qator xatoliklarni bartaraf qilib, matematikaviy ifodaga fizikaviy mazmun beradi.

Ma'lumki, differensial tushunchasi cheksiz kichik orttirma mazmuniga ega. Modomiki, fizikaviy kattaliklarning matematikaviy mazmundagi cheksiz kichik orttirmasi mavjud emas ekan, demak ularning matematikaviy mazmundagi differensial haqida gapirish mumkin emas. Ammo fizikada fizikaviy nuqtai nazardan cheksiz kichik deb qarash mumkin bo'lgan orttirmalar uchun ham df va dy belgilashlardan foydalaniladi. Xuddi shuningdek, fizikaviy kattaliklarni ifodalovchi funktsiya va argumentlar orttirmalari nisbatining argument orttirmasi nolga intilgandagi limiti deyarli barcha hollarda mavjud bo'lmaganligidan fizikada hosila sifatida etarli darajada kichik qilib olingan orttirmalar nisbatidan foydalaniladi va bu hosila

$$f' = \frac{df}{dy}$$

kabi belgilanadi. Bu o'rinda fizikaviy kattaliklar uchun

$$\frac{df}{dy} \neq \lim_{\Delta y \rightarrow 0} \frac{\Delta f}{\Delta y}$$

ekanligini yodda tutish lozim.

Matematika va fizika fanlarida ishlatiluvchi hosila tushunchalari mazmun jihatdan farq qilganlari kabi integral tushunchasi ham har holda turlicha mazmunga egadir. Matematikada integrallash amali

$$\lim_{\Delta y \rightarrow 0} \sum_{i=1}^{\infty} f(y_i) \Delta y_i$$

limitga o'tish sifatida ta'riflanadi, ya'ni

$$\lim_{\Delta y \rightarrow 0} \sum_{i=1}^{\infty} f(y_i) \Delta y_i = \int_a^b f(y) dy.$$

Ammo fizikada $\Delta u \rightarrow 0$ kattalikni aniqlash (o'lchash) mumkin emas. Qolaversa, $f(y)$ biror fizikaviy kattalikni ifodalaganda qaralayotgan limit ko'p hollarda mavjud bo'lmaydi.

Agar Δu_i etarli darajada kichik, lekin argumentning shu qiymatlari bo'lgan darajada katta bo'lsa $\sum_{i=1}^{\infty} f(y) \Delta y_i$ yig'indi muayyan fizikaviy mazmunga ega bo'ladi.

Shunga ko'ra fizikada integral yig'indining limiti sifatida emas, balki etarli darajada kichik bo'lgan juda ko'p qo'shiluvchilarning yig'indisi sifatida aniqlanadi, ya'ni:

$$\int_a^b f(y) dy = \sum_{i=1}^n f(y_i) \Delta y_i.$$

Xususan, agar $f(y)$ funktsiya tezlikning vaqtga bog'liqligini ifodalasa, $f(y) = V(t)$ bo'ladi; u holda taorifga asosan Δt vaqt oralig'ida bosib o'tilgan yo'l

$$\Delta s_i = V_i \cdot \Delta t$$

formula bilan aniqlanadi. Agar biror etarli darajada katta vaqt oralig'ida bosib o'tilgan yo'lni hisoblamoqchi bo'lsak, tabiiy ravishda, elementar vaqtlar oraliqlarida bosib o'tilgan yo'llarning yig'indisini olishimiz kerak, ya'ni (bu va

bundan keyingi o‘rinlarda yig‘indi $\sum_i$ ko‘rinishda berilgan bo‘lsa, $\sum_{i=1}^n$ mazmunida tushunilsin)

$$s = \sum_i s_i = \sum_i V_i \Delta t_i.$$

Umumiy xolda tezlik vaqt davomida o‘zgarib borganligidan, hisoblash to‘g‘ri bo‘lishi uchun Δt vaqt oralig‘ini shunday tanlashimiz kerakki, bu oraliqda tezlik deyarli o‘zgarmay qolsin. Bu holda

$$\sum_i V_i \Delta t_i = \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt$$

tenglik o‘rinli bo‘ladi. Demak,

$$s = \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt$$

Fizikada integrallash amalidan fizikaviy kattaliklarning o‘rtacha qiymatlarini hisoblashda ham foydalaniladi. Haqiqatan ham ma‘lumki, o‘rtacha tezlik yuqorida ko‘rsatilgandek

$$V_y = \frac{s}{t_2 - t_1}$$

formula bilan hisoblanadi. Ammo s ning ifodasini integral yordamida yozsak, bu formula

$$V_y = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt$$

ko‘rinishiga o‘tadi.

Shunday qilib, matematika amallarini fizik masalalarga rasman qo‘llashda formulalarning shakli o‘zgarmasa ham, ularning mazmuni ma‘lum darajada o‘zgaradi. Bunday o‘zgarishlar fizikaviy masalani echishni qulay ko‘rinishga keltirish uchun sunoiy ravishda emas, balki fizika qonunlari va hodisalarning mohiyatidan kelib chiqib, tabiiy ravishda amalga oshiriladi.

Moddiy nuqta (jism) larning harakatini va istalgan paytda ularning fazodagi vaziyatini tavsiflashda erkinlik darajalari soni degan tushuncha kiritiladi. Moddiy nuqtaning fazodagi holatini to‘liq aniqlashga imkon beruvchi bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan (mustaqil) kattaliklar soni uning erkinlik darajalari soni deyiladi.

Fizika kursining umumiy tuzilishi. Fizikaviy kattaliklar va ularning o‘lchov birligi. Fizikaviy birliklarning xalqaro sistemasi.

Fizika fanini quyidagi 3 qismga bo‘lib o‘rganiladi. 1-qismga: mexanika, molekulyar fizika va termodinamika bo‘limlari; 2-qismga: elektr va magnetizm, tebranish va to‘lqinlar bo‘limlari; 3-qismga to‘lqin optikasi, qattiq jism fizikasi, kvant fizikasi, atom, yadro va elementar zarrachalar fizikasi bo‘limlaridan iborat.

1960 yil oktyabrda fizik kattaliklarning Xalqaro sistemasi qabul qilindi. 1961 yilning 24 avgustida oldingi ittifoqda «Sistema internatsionalnaya» so‘zlarining bosh xarflari bo‘yicha SI («Es – I» deb o‘qiladi) tarzida belgilangan

birliklar sistemasi tasdiqlandi. SI da ettita asosiy birlik va ikki qo'shimcha birlik qabul qilingan.

Asosiy birliklar. Uzunlik, metr (m). Kripton-86 atomining 2R10 va 5d5 sathlari orasidagi o'tishga mos bo'lgan nurlanishining vakuumdagi to'lqin uzunligidan 1650763,73 marta katta bo'lgan uzunlik 1 metr deb qabul qilingan.

Massa, kilogramm (kg). Kilogrammning xalqaro prototipining massasini 1 kilogramm deb qabul qilingan.

Vaqt, sekund (s). Seziy - 133 atomi asosiy holatining ikki o'ta nozik sathlari orasidagi o'tishga mos bo'lgan nurlanish davridan 9192631770 marta katta vaqt 1 sekund deb qabul qilingan.

Elektr tokining kuchi, Amper (A). Bir Amper tok vakuumdagi bir-biridan bir metr masofada joylashgan ikki parallel cheksiz uzun, lekin kesimi juda kichik to'g'ri o'tkazgichlardan o'tganda o'tkazgichlarning har bir metr uzunligiga $2 \cdot 10^{-7}$ N Amper kuchi ta'sir qiladi.

Termodinamik temperatura, Kelvin (K). Suvning uchlanma nuqtasini xarakterlovchi termodinamik temperaturaning 1/273,16 ulishi 1 Kelvin deb qabul qilingan.

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

Yorug'lik kuchi, kandela (kd). $540 \cdot 10^{12}$ Gz chastotali monoxromatik nurlanish chiqarayotgan manba yorug'ligining energetik kuchi 1/683 Vt/sr ga teng bo'lgan yo'nalishdagi yorug'lik kuchi 1 kandela deb qabul qilingan.

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

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

Jismlarning mexanik harakat va o'zaro ta'sir qonuniyatlarini o'rganish bilan shug'ullanuvchi fizikaning bo'limi mexanika deyiladi. Bunda jismga mexanik ta'sir deganda boshqa jismlarning ko'rilyotgan jismning mexanik harakat holatini o'zgarishiga yoki uning deformatsiyalanishiga, ya'ni uning qismlarini o'zaro joylashuvini o'zgarishiga olib keluvchi ta'siri tushuniladi.

Umumiy holda jismga mexanik ta'sirning bu ikki ko'rinishi bir-biri bilan birga uchraydi.

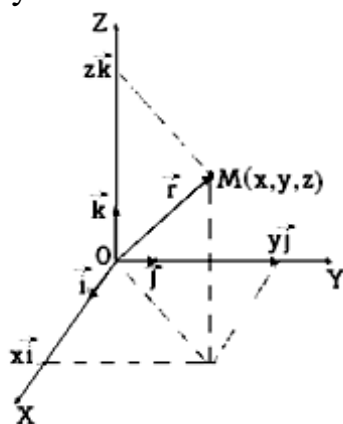
Tez harakatlanuvchi jismlarning relyativistik mexanikasidan farqli o'laroq kichik tezlik bilan (yorug'likning vakuumdagi tezligi $s=3.108$ m/s ga qaraganda) harakatlanuvchi jismlar mexanikasi klassik mexanika deyiladi. Klassik mexanika asoslarini I.Nyuton ishlab chiqqan. Shuning uchun uni odatda Nyuton mexanikasi deyiladi. Relyativistik mexanika maxsus nisbiylik nazariyasiga asoslanadi va uni keyinroq ko'rib (9-va 10- ma'ruzalarga ga qarang) chiqamiz.

Biz Nyuton mexanikasining ikki asosiy bo'limi: kinematika va dinamikani o'rganish bilan chegaralanamiz. Kinematikada harakatning har bir aniq turini amalga oshish sababini hisobga olmasdan jismlar mexanik harakatining matematik

tavsifi beriladi. Mexanikaning asosiy bo‘limi dinamika bo‘lib, jismlar o‘zaro ta’sirlarining ular mexanik harakatiga ta’sirini tadqiqot qilish bilan shug‘ullanadi.

O‘rganilayotgan jismning holatini ixtiyoriy vaqt momentida bir qiymatli aniqlash uchun sanoq sistemasini tanlab olishimiz zarur.

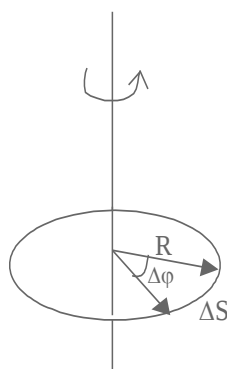
Sanoq sistemi deb, soat bilan taominlangan, absolyut qattiq jismga qattiq bog‘langan va unga nisbatan vaqtning har xil momentlarida boshqa jismlarning holatlari aniqlanadigan koordinatalar sistemasiga aytiladi. Bunda soat deganda vaqtning yoki, aniqrog‘i hodisalar o‘rtasidagi vaqt oraliklarini o‘lchashda ishlatiladigan qurilma tushuniladi: vaqt bir jinsli bo‘lganligidan uning sanoq boshini ixtiyoriy tanlash mumkin. Nyuton mexanikasida fazoning xossalari Evklid geometriyasi bilan tavsiflanadi, vaqt o‘tishi esa hamma sanoq sistemalarida bir xil deb faraz qilinadi. Bundan buyon Er bilan qattiq bog‘langan sanoq sistemasini Er yoki laboratoriya sistemi deb ataymiz.



2.1-rasm

Ko‘pincha, 2.1-rasmda tasvirlangan to‘g‘riburchakli dekart koordinatalarning o‘ng sistemasidan foydalaniladi. Bu yerda $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$ - ortonormalangan bazis, koordinatalar sistemasining ortlari - modul bo‘yicha birlik va o‘zaro perpendikulyar vektorlar. Agar uchinchi ort (vektor $\vec{k}$) oxiridan birinchi ort ($\vec{i}$) dan ikkinchi ort ($\vec{j}$) ga eng qisqa masofa orqali aylanish, soat strelkasi aylanishiga teskari ko‘rinsa, ya’ni $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$ vektorlarning o‘zaro yo‘nalishi o‘ng qo‘lning uchta bosh, ko‘rsatgich va o‘rta barmoqlari o‘zaro perpendikulyar joylashgandagi o‘zaro yo‘nalishlari bilan mos tushsa, bunday koordinatalar sistemasini o‘ng koordinatalar sistemi deyiladi.

Moddiy nuqta aylanma harakat kinematikasi: burchak tezlik, chiziqli tezlik va ular orasidagi bog‘lanish. Burchak tezlanish.



2.7-rasm

Moddiy nuqta R radiusli aylana bo‘ylab harakatlanayotgan bo‘lsa, uning harakati burchakli tezlik va burchakli tezlanish bilan xarakterlanadi. Moddiy nuqta Δt vaqt o‘tgach $\Delta\varphi$ burchakka buriladi (2.7-rasm).

Burilish burchagining vaqt birligi ichida o‘zgarishi bilan ifodalanadigan vektor kattalik moddiy nuqtaning aylana bo‘ylab burchak tezligi deyiladi.

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

ya’ni

$$\omega = \Delta\varphi/\Delta t, \quad (2.28)$$

ω – radian/s.

Moddiy nuqtaning chiziqli tezligi

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{R \cdot \Delta\varphi}{\Delta t} = R \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = R \cdot \omega. \quad (2.29)$$

Agar $\omega = \text{const}$ bo‘lsa, harakat aylana bo‘ylab tekis bo‘ladi. Nuqta to‘liq bir marta aylanganda $\Delta\varphi = 2\pi$ va $\Delta t = T$ bo‘ladi. U holda $\Delta\varphi/\Delta t = 2\pi/T$ bo‘ladi. Oxirgi tenglikdan

$$T = 2\pi/\omega. \quad (2.30)$$

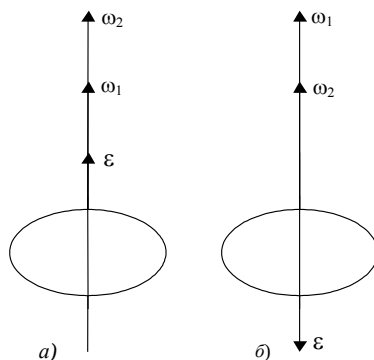
Vaqt birligi ichidagi aylanishlar soni, aylanish takrorligi deyiladi.

$$n = 1/T \quad (2.31)$$

yoki

$$n = 1/(2\pi/\omega) = \omega/2\pi. \quad (2.32)$$

Burchak tezlanish vektor kattalik bo‘lib, burchak tezlikdan vaqt bo‘yicha olingan hosila bilan ifodalanad:.



2.8-rasm.

$$\varepsilon = d\omega/dt, \quad (2.33)$$

$\varepsilon = \text{rad/s}^2$ da o'lchanadi.

2.33 tenglikdan burchak tezlanish aylanish o'qi bo'ylab burchak tezlikni ortish yo'nalishi bo'ylab yo'nalganligi kelib chiqadi.

Agar harakat tekis tezlanuvchan bo'lsa, vektor ε burchak tezlikka parallel (2.8a-rasm), harakat sekinlanuvchan bo'lsa, burchak tezlanish (ε) burchak tezlikka (ω) teskari yo'nalgan bo'ladi (2.8b-rasm).

Mustahkamlash uchun savollar

1. Mexanik harakat deb qanday harakatga aytiladi?
2. Vaqt va fazo tushunchasi nimadan iborat?
3. To'g'ri chiziqli tekis harakatda tezlik, tezlanish deb nimaga aytiladi?
4. Egri chiziqli harakatda moddiy nuqtaning normal va tangentsial tezlanishlari qanday yo'nalishga ega?
5. Moddiy nuqtaning aylanma harakatida chiziqli tezlik va burchak tezlanish deb nimaga aytiladi?
6. Burchak tezlanishning yo'nalishi haqida nima deya olasiz?
7. Absolyut qattiq jism deb qanday jismga aytiladi?
8. Erkinlik darajalar soni nimani bildiradi?
9. Hosilaning mexanik ma'nosi nima?
10. Integralning fizikaviy mazmunini tushuntiring.

Ta`lim berish texnologiyasining modeli

Mashg`ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 gacha
Mashg`ulot shakli	Kirish-axborotli ma`ruza
Ma`ruza rejasi	1. Dinamikaning asosiy vazifasi. 2. Massa va impuls. 3. Tabiatdagi o`zaro ta`sirning turlari. Kuch. Og`irlik kuchi, elastiklik kuchi, ishqalanish kuchi. 4. Nyuton qonunlarining zamonaviy talqin etilishi. Nyutonning birinchi qonuni va inersial sanoq tizimi tushunchasi. 5. Nyutonning ikkinchi qonuni harakat tenglamasi sifatida. Kuch, impulsidan vaqt buyicha olingan birinchi tartibli hosila sifatida. 6. Nyutonning uchinchi qonuni. Massa markazi. Noinersial sanoq tizimlari. Inersiya kuchlari.
O`quv mashg`ulotining maqsadi: Dinamikaning asosiy qonunlari bilan tanishish .	
Pedagogik vazifalari: Dinamikaning asosiy qonunlari bilan tanishish Nyutonning 3 ta qonunini urganish Dinamikaning asosiy qonunlari ifodalovchi asosiy formulalarni keltirib chiqarish Inersial va noinersial sistemalar to`g`risida malumot berish	O`quv faoliyatining natijalari: Dinamikaning asosiy qonunlari bilan tanishish Nyutonning 3 ta qonunini urganish Dinamikaning asosiy qonunlari ifodalovchi asosiy formulalarni keltirib chiqarish Inersial va noinersial sistemalar to`g`risida malumot berish
Ta`lim berish usullari	Ko`rgazmali ma`ruza suhbatlari
Ta`lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy
Ta`lim berish vositalari	O`quv qullanma proektor slaydlar
Ta`lim berish sharoiti	O`TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og`zaki nazorat, savol-javob

Ma'ruza holatining texnologik kartasi

Bosqichlar, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchi	talaba
1-bosqich. Kirish(5 min.)	1.1. Mavzu, maqsad va rejalashtirilgan o`quv natijalarini e`lon qiladi. 1.2. Reja va muammoli holatlatlarni ifodalovchi savollarni ekranga chiqaradi.	1.1.Eshitadilar, yozib oladilar. 1.2.E`tabor beradilar.
2-bosqich. .Bilimlarni faollashtirish (10 min).	2.1. Asosiy kategoriya va tushunchalarni va ma'ruza oxirida yechiladigan masalalarni namoyish qiladi. 2.2.O`quv faoliyatini baxolash mezonlari malum qilinadi.	
3bosqich. Asosiy (55 min.)	3.1 Ma`ruza davomida asosiy tushunchalarni qayd etish lozimligini uqtiradi.Talabalar yozib olishlarini takidlaydilar 3.2 Dinamika bilimi xaqida tushincha beradi 3.3 Nyutonning qonunlarini tari`flaydi va formulalarini keltirib chiqaradi 3.4 Inersial va noinersial sestemalarda Nyutonning qonunlari o`rinli yoki o`rinli bo`lmasligini tushintiradi	3.1.Asosiy kattaliklar, ifodalarni yozadilar 3.2. eshitadilar vaYozadilar 3.3. berilgan chizmalarni chizib oladilar
4- bosqich. Yakuniy (10 min.)	4.1.Mavzuga xulosa yasaydi.O`quv jarayonida faol ishtirok etgan talabalarbi rag`batlantiradi. 4.2. Mustaqil ishlash va nazariy bilimlarni mustaxkamlash. Mustaxkamlash uchun savvolarni beradi:	4.1.eshitadi. 4.2.topshiriqni yozib oladilar.

3-ma'ruza. ILGARILANMA HARAKAT DINAMIKASI

Reja

1. Dinamikaning asosiy vazifasi.
2. Massa va impuls.
3. Tabiatdagi o'zaro ta'sirning turlari. Kuch. Og'irlik kuchi, elastiklik kuchi, ishqalanish kuchi.
4. Nyuton qonunlarining zamonaviy talqin etilishi. Nyutonning birinchi qonuni va inersial sanoq tizimi tushunchasi.
5. Nyutonning ikkinchi qonuni harakat tenglamasi sifatida. Kuch, impulsidan vaqt buyicha olingan birinchi tartibli hosila sifatida.
6. Nyutonning uchinchi qonuni. Massa markazi.
7. Noinersial sanoq tizimlari. Inersiya kuchlari.

Tayanch so'zlar va iboralar: Massa va uning birligi, kuch va uning birligi, og'irlik kuchi, erkin jism, inertlik, inersiya, inersial sanoq tizimi, Nyutonning birinchi qonuni, dinamikaning asosiy qonuni, impuls, ta'sir, aks ta'sir, Nyutonning uchinchi qonuni, massa markazi, og'irlik markazi.

Dinamikaning asosiy vazifasi. Inersial sanoq sistemasi tushunchasi. Nyutonning birinchi qonuni. Massa va impuls.

Mexanikaning kinematika qismida harakat qonunlarini o'rganish bu harakatlarni yuzaga keltirgan sabablar bilan bog'lanmagan holda olib boriladi. Mexanikaning dinamika bo'limida esa jismlar harakatini mazkur harakatni yuzaga keltiruvchi sabablar mohiyati bilan bog'lab o'rganiladi. Dinamikaning vazifasi asosan ikki qismdan iborat:

- 1) jism harakati ma'lum bo'lsa, unga ta'sir etuvchi kuchni aniqlash;
- 2) jismga ta'sir etuvchi kuch ma'lum bo'lgan taqdirda harakat qonunini aniqlash.

Bu mulohazalardan har qanday harakat kuch ta'siri ostida mavjud bo'lishi mumkin, degan xulosa kelib chiqmasligi lozim. Tajriba shuni ko'rsatadiki, kuch ta'sirida jismlarning tezligi o'zgaradi, ya'ni ular tezlanish oladilar.

Harakat jarayonida moddiy nuqta (yoki moddiy nuqtalar tizimi)ning koordinatalari, ya'ni radius – vektori o'zgaradi.

Tajriba ko'rsatadiki, moddiy nuqtaning berilgan vaqtdagi holati uning radius-vektori r va tezligi V bilan, ya'ni uning x, y, z koordinatalari hamda koordinata o'qlari bo'yicha tezlikning proeksiyalari V_x, V_y, V_z , bilan aniqlanadi. N ta moddiy nuqtadan iborat tizimning berilgan vaqtdagi holati tizimdagi moddiy nuqtalarining radius - vektorlari $r_1, r_2, \dots, r_N$ va ularning tezliklari $V_1, V_2, \dots, V_N$, bilan ifodalanadi. Demak, har bir moddiy nuqtaning holati bir-biriga bog'liq bo'lmagan ikkita vektor kattalik, $\vec{r}$ va $\vec{V}$ bilan aniqlanadi. Har bir moddiy nuqta

fazoda 3 tadan erkinlik darajasiga ega bo'lganligi uchun N ta moddiy nuqtadan iborat tizimning harakatini aniqlovchi kattaliklar soni $6N$ ga teng bo'ladi.

Jism inertligining o'lchovi bo'lib, massa deb ataladigan fizik kattalik xizmat qiladi. Demak, jismning massasi naqadar katta bo'lsa, uning inertligi ham shu qadar oshadi. Massa jismning eng asosiy xossalardan biridir.

Tajribalarning ko'rsatishicha shakllari bir xil, massalari esa m_1 va m_2 bo'lgan jismlarning har biriga bir xil tashqi kuch bilan ta'sir etsak, ular olgan tezlanishlar (a_1 va a_2) mazkur jismlarning massalariga teskari mutanosibdir, ya'ni

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}.$$

Har qanday jismning massasi etalon sifatida qabul qilingan jism massasi bilan taqqoslash orqali o'lchanadi. Bu usulda jismlarning erkin tushish qonuniyatidan foydalaniladi. Erkin tushish esa jismlarga Er tortish kuchi ta'sirining natijasidir. Er yuzining har bir nuqtasi uchun jismlarning erkin tushishidagi tezlanishi o'zgarmas kattalik bo'lib, g ga teng va massasi m bo'lgan jismga $R = mg$ kattalikdagi kuch ta'sir etadi. Tarozi pallasiga qo'yilgan jism pallani og'irlik kuchiga teng kuch bilan bosadi. Shu tufayli ikki jism massalarining nisbati ular og'irliklarining nisbati kabidir:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{P_1}{P_2}.$$

Jism massasi skalyar kattalik bo'lib, uning og'irligi esa vektor kattalikdir. Bu vektor erkin tushish tezlanishi yo'nalishida Erning markazi tomon yo'nalgan.

Tajribalarning ko'rsatishicha, massa additiv kattalikdir, ya'ni jism massasi uning ayrim bo'laklari massalarning yig'indisiga teng. Mexanikaviy tizimning massasi tizimning tarkibiga kiruvchi barcha jismlar massalarining yig'indisiga teng.

Jismga boshqa jismlar ta'sir etmasa, uni erkin jism deyiladi. Lekin tabiatda erkin jismlar mavjud emas, chunki tabiiy sharoitda har qanday jism boshqa jismlar ta'sirida bo'ladi.

Nyutonning birinchi qonunini qanoatlantiradigan sanoq tizimlari inersial sanoq tizimlari deyiladi. Boshqacha aytganda, inersial sanoq tizimi deb shunday sanoq tizimiga aytiladiki, unda erkin jism tinch holatda bo'ladi yoki o'zgarmas tezlik bilan to'g'ri chiziqli harakat qiladi. O'z-o'zidan ravshanki, agar biror inersial sanoq tizimini tanlab olgan bo'lsak, u holda unga nisbatan to'g'ri chiziqli tekis harakat qilayotgan boshqa sanoq tizimlari ham inersial sanoq tizimi bo'ladi.

Ingliz fizigi Isaak Nyutonning "Natural falsafaning matematik asoslari" (1687 y) degan asarida dinamika qonunlari bayon etilgan.

Agar jismga boshqa jismlar ta'sir etmasa, o'zining tinchlikdagi holatini yoki harakatdagi holatini saqlaydi.

Jismni tinch yoki harakatdagi holatini tashqi kuchlar ta'sir etmaganda saqlash xususiyati, jismni inertligi deyiladi. Shuning uchun ham Nyutonning I qonunini inersiya qonuni deb ham aytiladi. Nyuton birinchi qonunining to'g'riligi tajribalardan olingan natijalarni umumlashtirishdan kelib chiqadi.

Nyuton qonunlari bajariladigan tizim inersial sanoq tizimi deyiladi. Bu sistema boshqa inersial sistemaga nisbatan tinch holatda yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatda bo'lishi kerak. Koordinata boshi Kuyoshda, o'qlari yulduzlarga qarab ketgan geliotsentrik sistema inersial sanoq sistemasi bo'ladi. Bu sistemada Nyutonning birinchi qonuni aniq bajariladi.

Tajribalardan ma'lumki, o'zgarmas kuch ta'sirida turli jismlar turlicha tezlanishlar oladilar. Jismlar olgan tezlanish jismning hususiyatiga (uning massasiga) bog'liq bo'ladi.

Nyutonning ikkinchi qonuni. Kuch-impulsdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosila.

Jismning massasi-materiya xususiyatini xarakterlovchi fizikaviy kattalik bo'lib, u jismning inertligi va gravitatsion xususiyatini ifodalaydi. Jism tezligini o'zgartirib, unga tezlanish beradigan vektor kattalikka kuch deyiladi.

Moddiy nuqta mexanik harakatini tashqi kuchlar ta'sirida qanday o'zgarishi dinamikaning asosiy ikkinchi qonunida bayon etiladi. Ixtiyoriy biror jismga $F_1, F_2, \dots$ kuchlar ta'sir etsa, bu kuchlar ta'sirida jism moc ravishda $a_1, a_2, \dots$, tezlanishlar oladi. Biroq $F_1/a_1 = F_2/a_2 = \dots = \text{const}$ bo'lib, bu kattalik jism inertligini ifodalaydi. Agar turli kuchlar biror jismga ta'sir etsa, jism olgan tezlanish kuchlarning teng ta'sir etuvchisiga tug'ri proporsional bo'ladi, ya'ni

$$a \sim F \quad (m = \text{const}) \quad (3.1)$$

Agar turli massali jismlarga bir xil kuch ta'sir etsa, jismlar olgan tezlanishlar turlicha bo'ladi. Jismlar massalari qancha katta bo'lsa, ular olgan tezlanishlar shuncha kichik bo'ladi.

$$a \approx \frac{1}{m} \quad (3.2)$$

(3.1) va (3.2) tengliklardan

$$a = k \frac{F}{m} \quad (3.3)$$

deb yozamiz. (3.3) - tenglik Nyutonning ikkinchi qonunini ifodalaydi. Bu ifodaga ko'ra, jism olgan tezlanish kuchga to'g'ri, jism massasiga teskari proporsional bo'ladi. Nyutonning ikkinchi qonuni inersial sanoq sisitemasi uchun o'rinlidir. Birinchi qonun Nyuton ikkinchi qonunining xususiy xoli sifatida qaraladi. Sistemaga qo'yilgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi nolga teng bo'lganda, jism olgan tezlanish xam nolga teng bo'ladi.

Halqaro birliklar tizimi (SI) da (3.3) - tenglikdagi proporsional lik koeffitsienti $k = 1$ bo'lgani uchun

$$a = \frac{F}{m}$$

yoki

$$F = ma = m \left(\frac{dV}{dt} \right) \quad (3.4)$$

bo'ladi. Jism massasi klassik mexanikada o'zgarmas miqdor bo'lgani uchun (3.4) - tenglikni:

$$F = \frac{d(mV)}{dt} \quad (3.5)$$

kabi yozish mumkin. Moddiy nuqta massasini tezligiga ko'paytmasi uning harakat miqdorini (impulsini) belgilaydi, ya'ni

$$R = mV \quad (3.6)$$

Bu tenglikni (3.5) ga qo'yib

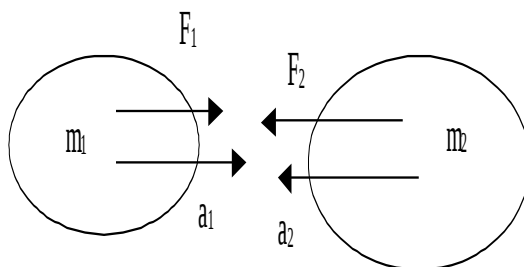
$$F = \frac{dP}{dt} \quad (3.7)$$

ni hosil qilamiz. (3.7) - tenglik Nyutonning ikkinchi qonunini umumiy ko'rinishini ifodalaydi. (3.7) ga ko'ra jismga ta'sir etuvchi kuch impulsdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng ekan.

Nyutonning uchinchi qonuni. Nyuton qonunlarini zamonaviy talqin etilishi. Moddiy nuqta harakatini klassik usulda ifodalashning chegarasi.

Nyutonning III-qonuniga ko'ra ikki jism o'rtasidagi o'zaro ta'sir kuchlari miqdor jihatidan teng yo'nalishi qarama-qarshi bo'ladi, ya'ni

$$F_1 = -F_2 \quad (3.8)$$



3.1-rasm

Masalan, massalari m_1 va m_2 bo'lgan turli ishorali zaryadlangan ikki jismni ko'raylik (3.1-rasm).

F_1 va F_2 kuchlar ta'sirida jismlar a_1 va a_2 tezlanishlar oladi. Ikkinchi qonunga ko'ra

$$F_1 = m_1 a_1 \quad \text{va} \quad F_2 = m_2 a_2 \quad (3.9)$$

3.8 va 3.9-tengliklardan $m_1 a_1 = -m_2 a_2$ yoki

$$a_1 = -\frac{m_2 a_2}{m_1},$$

ya'ni o'zaro ta'sirlashuvchi jismlar tezlanishlari ularning massalariga teskari proporsional bo'lib, qarama-qarshi tomonga yo'nalgan bo'ladi.

Massa markazi. Massa markazining harakati haqidagi teorema

Ko'p hollarda bir necha jism (moddiy nuqtalar)dan iborat mexanikaviy tizimning harakat qonunlarini o'rganish bilan ish ko'rishga to'g'ri keladi. Bunday tizimning harakat qonunlarini o'rganishda mazkur tizim tarkibidagi jismlarning unda qanday taqsimlanganligini yoki bu jismlar bir-biriga nisbatan tizimda qanday joylashganligini bilish zaruriyati tug'iladi. SHu munosabat bilan inersiya markazi (massa markazi) degan tushuncha (inersiya markazi va massa markazi atamaları aynan bir maonoda ishlatiladi, chunki jismning massasi uning inersiya o'lchovidir) kiritiladi.

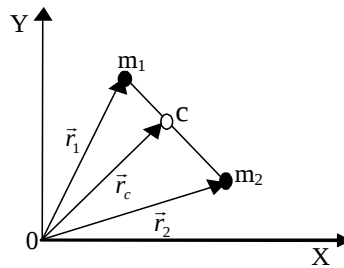
Inersiya markazi va og'irlik markazi degan tushunchalar orasida quyidagi farq borligini esdan chiqarmaslik kerak: og'irlik markazi-bir jinsli og'irlik kuchi maydonida joylashgan qattiq jismlar uchungina maonoga ega; inersiya markazi esa hech qanday maydon bilan bog'liq emas va ixtiyoriy mexanikaviy tizim uchun o'rinalidir. Og'irlik kuchi maydonida joylashgan qattiq jismlar uchun inersiya markazi va og'irlik markazi bir-biri bilan mos tushadi, ya'ni bir nuqtada joylashgan bo'ladi. Inersiya markazi massaning taqsimlanishini tasvirlovchi geometrik nuqta bo'lib, uning vaziyati koordinatalar boshiga nisbatan $\vec{r}_c$ radius-vektor bilan quyidagicha aniqlanadi.

$$\vec{r}_c = \frac{m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + \dots + m_n\vec{r}_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n},$$

ya'ni:

$$\vec{r}_c = \frac{1}{m} \sum_i m_i \vec{r}_i, \quad (3.10)$$

bu yerda m_i - tizimga mansub, i -jismning massasi;



3.2-rasm

r_i - koordinatalar boshi O ga nisbatan i -jismning vaziyatini aniqlovchi radius-vektor; $m = m_1 + m_2 + \dots + m_n$ - tizimning umumiy massasi.

Soddalashtirish maqsadida ikkita jismdan iborat tizimni olib qaraylik (3.2-rasm). Massalari m_1 va m_2 bo'lgan jismlarning vaziyatlari koordinata boshi O ga nisbatan mos ravishda r_1 va r_2 radius-vektorlar bilan berilgan bo'lsa, bu ikki jismdan iborat tizimning inersiya markazi

$$\vec{r}_c = \frac{m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2}{m_1 + m_2}$$

formula orqali ifodalanib, ikki jismning geometrik markazlarini birlashtiruvchi to'g'ri chiziqli yotadi.

(3.10) tenglama vektor orqali ifodalangan tenglamadir, lekin inersiya markazlarining vaziyatini aniqlovchi mazkur radius-vektorni uning koordinata o'qlaridagi proektsiyalar orqali ham ifodalash mumkin:

$$X_c = \frac{1}{m} \sum_i m_i x_i, Y_c = \frac{1}{m} \sum_i m_i y_i, Z_c = \frac{1}{m} \sum_i m_i z_i, \quad (3.11)$$

bunda m - tizimning umumiy massasi; x_i, y_i, z_i - tizim tarkibidagi i -jismning koordinatalari.

Xususiyl holda, agar tizim massalari m_1 va m_2 bo'lgan ikkita jismdan iborat bo'lsa va ularni X o'qi bo'yicha joylashtirsak, inersiya markazining koordinatasi

$$X_c = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$$

bo'ladi. Tizim inersiya markazini aniqlovchi radius-vektor r_c dan vaqt bo'yicha olingan hosila (r_c ning birlik vaqt davomida o'zgarishi) inersiya markazining tezligini ifodalaydi:

$$V_c = \frac{dr_c}{dt} \quad (3.12)$$

(3.10) formulani (3.12) ga qo'yib, inersiya markazining tezligi uchun

$$V_c = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{m} \sum_i m_i r_i \right) = \frac{1}{m} \sum_i m_i \frac{dr_i}{dt} = \frac{1}{m} \sum_i m_i V_i = \frac{1}{m} \sum_i P_i \quad (3.13)$$

ga ega bo'lamiz; bu yerda V_i va p_i mos ravishda i-jismning tezligi va impulsi; ravshanki

$$P = \sum_i P_i = \sum_i m_i V_i \quad (3.14)$$

tizimning to'la impulsi bo'lib, ko'pincha R -inersiya markazining impulsi ham deyiladi; m-tizimining umumiy massasi ya'ni:

$$m = m_1 + m_2 + \dots + m_n = \sum_i m_i. \quad (3.15)$$

Endi (3.14) ni ko'zda tutib, (3.13) ifodani quyidagicha yozamiz:

$$V_c = \frac{P}{m} \quad \text{yoki} \quad R = mV_s$$

Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan tizimning to'la impulsidan vaqt bo'yicha olingan hosila shu tizimga ta'sir etayotgan tashqi kuchlarning vektor yig'indisiga teng:

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = m \frac{d\vec{V}_c}{dt} = m\vec{a}_c = \vec{F}_r, \quad (3.16)$$

bu yerda a_c - inersiya markazining tezlanishi, F_r - tizimga ta'sir etayotgan tashqi kuchlarning vektor yig'indisi.

Berk tizimda unga ta'sir etuvchi tashqi kuchlar mavjud emas yoki tashqi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi nolga teng ($F_t = 0$). U holda oxirigi tenglikdan inersiya markazining tezlanishi

$$a_c = \frac{dV_c}{dt} = 0$$

bo'ladi. Bundan $V_s = \text{const}$ ekanligi kelib chiqadi. Bu xulosa inersiya markazining saqlanish qonunini ifodalaydi va u quyidagicha taoriflanadi: berk tizimning inersiya markazi to'g'ri chiziq bo'ylab tekis harakat qiladi yoki tinch holatda bo'ladi.

Tizim impulsining saqlanish qonunidan massaning additivlik qonuni kelib chiqadi.

Tizimning massasi uning tarkibidagi ayrim jismlar massalarining yig'indisiga teng.

Inersiya markazi tushunchasi bir necha jismdan iborat bo'lgan tizim harakatini tavsiflashda ancha qulayliklarga ega. Shu maqsadda (3.16) formulani quyidagicha yozamiz:

$$m \frac{d\vec{V}_c}{dt} = \vec{F}_T, \quad (3.17)$$

ma'lumki, bu yerda V_s - inersiya markazining tezligi, F_t - tizimga ta'sir etayotgan barcha tashqi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi (ichki kuchlarning teng ta'sir etuvchisi nolga teng).

Demak, tizim inersiya markazining olgan tezlanishi, ya'ni dV_s/dt tashqi kuchlarning teng ta'sir etuvchisiga to'g'ri va tizim tarkibidagi jismlar massalarining yig'indisiga teskari mutanosibidir.

Ko'rinib turibdiki, bu formula shaklan massasi m va tezligi V bo'lgan bitta moddiy nuqtaning tashqi F_t kuch ta'sirida qilayotgan harakatini ifodalovchi tenglamaga o'xshashdir. Shuning uchun bu formula inersiya markazining harakat tenglamasini ifodalaydi va u quyidagi xulosaga olib keladi: tizimning inersiya markazi tashqi kuchlar ta'sirida massasi tizim tarkibidagi barcha jismlarning massasiga teng bo'lgan moddiy nuqta kabi harakatlanadi. Bu xulosa inersiya markazining harakati haqidagi teorema deb ataladi.

(3.17) formuladan ko'rinadiki, inersiya markazining tezligini o'zgartirish uchun tizimga tashqi kuchlar ta'sir etishi kerak; tizim tarkibidagi jismlarning o'zaro ta'siri tufayli vujudga keladigan ichki kuchlar o'sha jismlarning inersiya markaziga nisbatan tezliklarini o'zgartirsa-da, bu kuchlar inersiya markazining holatini, harakat yo'nalishini va tezligini o'zgartira olmaydi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Nyuton birinchi qonuni qanday hollarda bajariladi?
2. Massa, kuch tushunchalariga ta'rif bering.
3. Nyuton ikkinchi qonuning umumiy ifodasini yozing va tushuntiring.
4. Nyuton uchinchi qonunini ta'riflang.
5. Massa markazi haqidagi teoremani izohlang.
6. Dinamikaning asosiy vazifasi nima?
7. Moddiy nuqtaning holati qanday ifodalanadi?
8. Qanday jism erkin jism deyiladi?
9. Kuch qanday birliklarda o'lchanadi?
10. Massa markazi va og'irlik markazi deganda nimalarni tushunasiz?

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 gacha
Mashg'ulot shakli	Kirish-axborotli ma'ruza
Ma'ruza rejasi	1. Qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan qattiq jismning inersiya momenti va . Shteyner tenglamasi 2. Qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan qattiq jismning kinetik energiyasi 3. Kuch momenti. 4. Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi 5. Impuls momenti va uning o'zgarish qonuni.
O'quv mashg'ulotining Qattiq jismlarning aylanma harakat kinematikasi va dinamikasini o'rganish	
Pedagogik vazifalari: Qattiq jism aylanma harakat kinematikasi. Qo'zg'almas o'qqa nisbatan kuch momenti. Qattiq jism aylanma harakati dinamikasining asosiy tenglamasi. Qattiq jismning inersiya momenti. Gyuygens – Shteyner teoremasi.	O'quv faoliyatining natijalari: Absolyut qattiq jism va Ilgarilanma va aylanma harakat kinematika tenglamalarini taqqoslab yozing. Qo'zg'almas nuqta va kuzg'almas o'qqa nisbatan kuch momenti , Qattiq jism aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasini yoza bilish va ta'riflang. Qattiq jismning biror o'qqa nisbatan inersiya momenti va Shteyner teoremasini ta'riflash. Geometrik shaklli jismlarning inersiya markazidan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momentlarini yozish va ta'riflash. Ilgarilanma va aylanma harakatning dinamika qonuniyat formulalarini taqqosi
Ta'lim berish usullari	Ko'rgazmali ma'ruza suhbat
Ta'lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy
Ta'lim berish vositalari	O'quv qullanma proektor slaydlar
Ta'lim berish sharoiti	O`TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og`zaki nazorat,savol-javob

Ma'ruzaholatining texnologik kartasi

Bosqichlar, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O'qituvchi	talaba
1-bosqich. Kirish(5 min.)	1.1. Mavzu, maqsad va rejalashtirilgan o'quv natijalarini e'lon qiladi. 1.2. Reja va muammoli holatlatlarni ifodalovchi savollarni ekranga chiqaradi.	1.1.Eshitadilar, yozib oladilar. 1.2.E'tabor beradilar.
2-bosqich. .Bilimlarni faollashtirish (10 min).	2.1. Asosiy kategoriya va tushunchalarni va ma'ruza oxirida yechiladigan masalalarni namoyish qiladi. 2.2.O'quv faoliyatini baxolash mezonlari malum qilinadi.	
3bosqich. Asosiy (55 min.)	3.1. Ma'ruza davomida asosiy tushunchalarni qayd etish lozimligini uqtiradi.Talabalar yozib olishlarini takidlaydilar. Absolyut qattiq jism va Ilgarilanma va aylanma harakat kinematika tenglamalarini taqqoslab yozing. 3.2. Qo'zg'almas nuqta va kuzg'almas o'qqa nisbatan kuch momenti , Qattiq jism aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasini yoza bilish va ta'riflang. 3.3. Qattiq jismning biror o'qqa nisbatan inersiya momenti va Shteyner teoremasini ta'riflash. 3.4. Geometrik shaklli jismlarning inersiya markazidan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momentlarini yozish vat a'riflash 3.5. Ilgarilanma va aylanma harakatning dinamika qonuniyat formulalarini taqqosh	3.1.Asosiy kattaliklar, ifodalarni yozadilar 3.2. eshitadilar vaYozadilar 3.3. berilgan chizmalarni chizib oladilar
4- bosqich. Yakuniy (10 min.)	4.1.Mavzuga xulosa yasaydi.O'quv jarayonida faol ishtirok etgan talabalarbi rag'batlantiradi. 4.2. Mustaqil ishlash va nazariy bilimlarni mustaxkamlash. Mustaxkamlash uchun savvolarni beradi:	4.1.eshitadi. 4.2.topshiriqni yozib oladilar.

Ma'ruza 3. ABSOLYUT QATTIQ JISMNING AYLANMA HARAKAT DINAMIKASI

Reja

1. Qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan qattiq jismning inersiya momenti va Shteyner tenglamasi
2. Qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan qattiq jismning kinetik energiyasi
3. Kuch momenti.
4. Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi
5. Impuls momenti va uning o'zgarish qonuni.

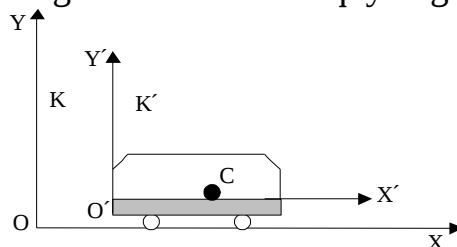
Tayanch so'zlar va iboralar: Inersial tizim, noinersial tizim, Er sirti bilan bog'langan tizim, vagon bilan bog'langan tizim, aylanuvchi sanoq tizim, og'irlik kuchi, inersiya kuchi, elastiklik kuchi, markazdan qochma inersiya kuchi, Koriolis kuchi.

Ilgarilanma harakat qilayotgan noineriial tizimdagi inersiya kuchlari

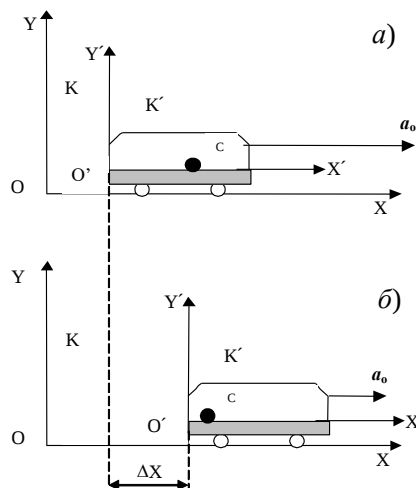
Tekis va to'g'ri chiziqli (ya'ni inersiyasi bilan) harakatlanayotgan sanoq tizimi inersial tizim deyiladi. Inersial tizimlarga nisbatan tezlanish bilan harakatlanayotgan sanoq tizimlari noinersial tizimlar deyiladi.

Yo'lning gorizontal qismida harakatlanayotgan vagon ichidagi jismning vaziyatini ko'raylik (4.1-rasm). K - Er sirti bilan bog'langan sanoq tizimi, K' - vagon bilan bog'langan sanoq tizimi.

K va K' sanoq tizimida turgan kuzatuvchilar quyidagicha fikr yuritadilar:



4.1-rasm

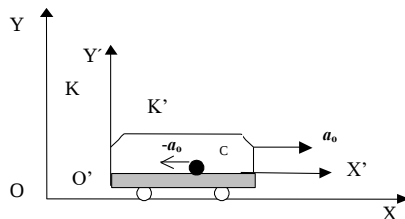


4.2-rasm

1. Vagon harakatlanmaganda uning gorizontal polida turgan sharning og'irlik kuchi polning reaksiya kuchi bilan muvozanatlashgani uchun, shar o'zining tinch holatini saqlaydi, ya'ni bunday holatda Nyutonning birinchi qonuni bajariladi. Vagon to'g'ri chiziqli bo'ylab tekis harakatlanganda ($V_0 = \text{const}$) S shar tinchlikdagi vaziyatini o'zgartirmaydi. Er sirti bilan bog'langan sanoq tizimini taqriban inersial sanoq tizimi deyish mumkin. Shuning uchun K1 sanoq tizimi K sanoq tizimiga nisbatan tinch turgan yoki to'g'ri chiziqli harakat qilayotgan hollarda inersial sanoq tizimi deb hisoblanadi.

2. Vagon ao tezlanish bilan harakatlanayotgan holda K va K1 tizimlardagi kuzatuvchilarning fikrlari o'zgaradi (4.2-rasmga qarang).

K sanoq tizimidagi kuzatuvchining fikri bo'yicha vagon va u bilan bog'langan jismlar OX yo'nalishda ao tezlanish bilan harakatlanadi. C shar bilan vagon poli o'rtasidagi ishqalanish kuchi juda kichik bo'lgani uchun shar vagon bilan birgalikda tezlanuvchan harakatda ishtirok etmaydi. Aksincha, Nyutonning birinchi qonuniga asosan, shar o'zining tinchlikdagi holatini saqlaydi. Shuning uchun vagonning tezlanuvchan harakati boshlangan to vaqtda (4.2(a)-rasm qismiga qarang) sharcha tezlanish oladi va harakat boshlanganidan biror Δt vaqt davomida OX yo'nalishda biror ΔX masofaga siljib qoladi. Shu sababli vagon devori va shar orasidagi masofa o'zgaradi (4.2b-rasm).



4.3-rasm

K' sanoq tizimidagi kuzatuvchi esa sharni chap tomonga qarab tezlanuvchan harakat qilayotganini qayd qiladi (4.3-rasm ga qarang). Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan C shar tezlanishga erishish uchun unga biror kuch ta'sir qilishi kerak. Shuning uchun tizimdagi K' kuzatuvchi S sharga ta'sir etuvchi kuchni axtaradi, lekin topolmaydi.

Shundan so'ng kuzatuvchi quyidagi fikrga keladi: K' tizimdagi jismga boshqa jismlar ta'sir etmasada o'z holatini saqlamaydi, ya'ni, inersiya qonuni bajarilmaydi. Shuning uchun K' tizimdagi kuzatuvchi mazkur tizimni noinersial sanoq tizimi deb hisoblaydi.

Endi ilgariylanma harakat qilayotgan noinersial sanoq tizimidagi inersiya kuchini ko'raylik. K' sanoq tizimidagi C sharni kuzataylik (4.3-rasmga qarang). K' tizim K tizimga nisbatan ao tezlanish bilan o'ng tomonga ilgariylanma harakat qilayotganda K' tizimdagi kuzatuvchi sharni a'o tezlanish bilan chap tomonga harakatlanayotganini ko'radi. Kuzatishlardan quyidagi hulosalar chiqadi:

- 1). Jismlarning tezlanishlari ularning massalariga bog'liq emas.
- 2). Barcha jismlarning tezlanishlari ($a'o$) bir hil bo'lib, uning qiymati K' tizimning ilgariylanma harakat tezlanishiga teng, yo'nalishi esa qarama-qarshi.

Demak, noinersial sanoq tizimlarida jismlar

$$a'o = -ao \quad (4.1)$$

tezlanish bilan harakatlanadi. Aslida a'o tezlanish K' tizimning K tizimga nisbatan tezlanuvchan ilgarilanma harakati tufayli vujudga keladi. Shuning uchun noinersial sanoq tizimdagi jismga ta'sir etuvchi bunday kuchlarni (Nyuton kuchlaridan farqlash uchun) inersiya kuchlari deyiladi. Inersiya kuchlarining jismlarga ta'siri xuddi oddiy Nyuton kuchlarining ta'siridek bo'ladi. Bu kuchlarni kundalik turmushimizda uchratamiz. Masalan, avtobus keskin o'rnidan siljiganda yoki to'xtaganda yo'lovchilar oldinga yoki orqaga egilishiga majbur etuvchi kuchni sezadilar.

Agar vagon misoliga qaytadigan bo'lsak, jism (shar) olgan tezlanish a'o inersiya kuchi F_i tufayli vujudga keladi,

$$F_i = m \cdot a'o \quad (4.2)$$

4.1 tenglikni hisobga olib 4.2 tenglikni quyidagicha yozamiz:

$$F_i = -m \cdot a'o. \quad (4.3)$$

Demak, inersiya kuchining yo'nalishi sanoq tizimining harakat yo'nalishiga teskari ekan.

Sanoq tizimi o'zgarmas tezlanish bilan harakatlanganda m massali jismga ta'sir etuvchi inersiya kuchi ham doimiy bo'ladi. 4.3 tenglikka ko'ra inersiya kuchining qiymati jism massasiga proporsional ekan. Bu hossasi bilan inersiya kuchi og'irlik kuchiga ($R = mg$) o'xshab ketadi.

Endi, noinersial sanoq tizim uchun harakat tenglamalarini ko'raylik. Tabiiydirki, bu holda jismga ta'sir etuvchi kuchlarning vektor yig'indisiga Nyuton kuchlari bilan bir qatorda inersiya kuchi ham qo'shiladi.

$$m a = \sum F_i + F_i$$

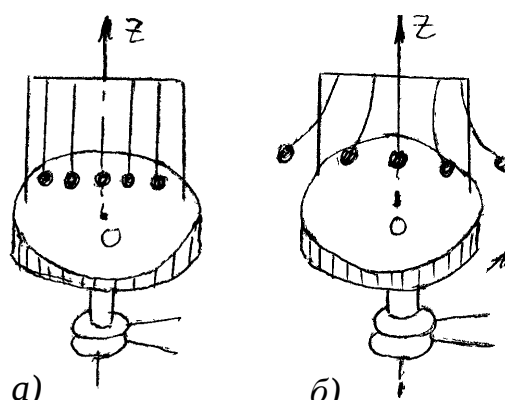
yoki

$$-m a'o = \sum F_i - F_i \quad (4.4)$$

4.4 tenglamada a'o - noinersial sanoq tizimi K' ning inersial sanoq tizimi K ga nisbatan ilgarilanma harakatining tezlanishi, $\sum F_i$ - jismga ta'sir etuvchi Nyuton kuchlarining vektor yig'indisi, a - inersial sanoq tizimidagi jismning barcha kuchlar ta'sirida erishgan tezlanishi.

Aylanuvchi sanoq tizimidagi inersiya kuchlari. Markazdan qochma va Koriolis inersiya kuchlari

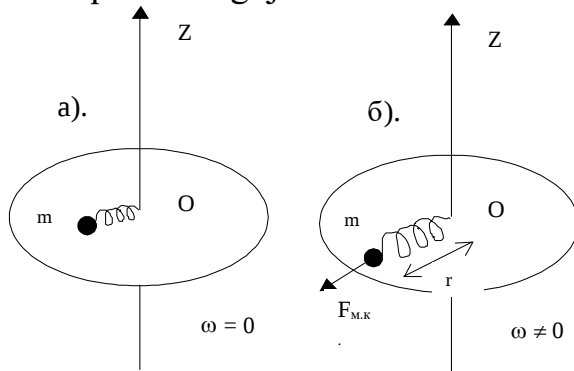
Aylanuvchi sanoq tizimlaridagi jismlar uchun ham inersiya qonuni bajarilmaydi. Bunga quyidagi tajriba asosida ishonch hosil qilish mumkin. 4.4-rasmda tasvirlangan disk ustiga T - simon sterjen o'rnatilgan, sterjenga esa sharlar osilgan.



4.4-rasm

Disk tinch turganda sharlar osilgan barcha iplar vertikal ravishda yoʻnalgan. Agar disk ω burchak tezlik bilan aylantirilsa, sharlarga boshqa jismlar taʼsir etmasada, sharlar tezlanish olib ogʻadilar. Demak, mazkur tizimni ham, noinersial sanoq tizimi deb hisoblash mumkin ekan.

Endi qoʻzgʻolmas oʻq atrofida oʻzgarmas burchak tezlik ($\omega = \text{const}$) bilan aylanayotgan noinersial sanoq tizimidagi jism harakatini koʻraylik.



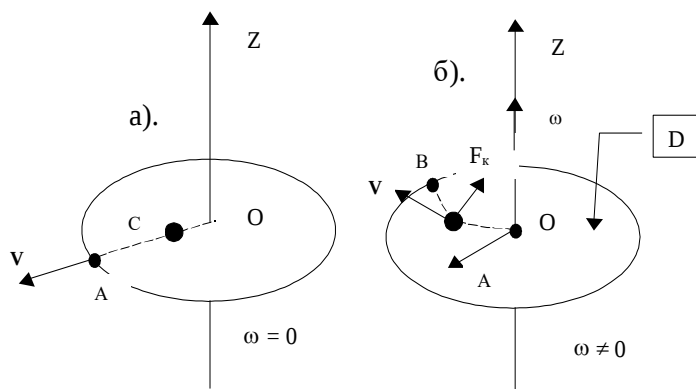
4.5-rasm

4.5 - rasmda koʻrsatilgan disk aylanma harakatga keltirilmaguncha m massali sharcha tinch holatini saqlaydi. Disk OZ oʻki boʻylab yoʻnalgan ω burchak tezlikda harakatlansa, u bilan birgalikda prujinaga maxkamlangan shar ham OZ oʻqi atrofida aylana boshlaydi va sterjen boʻylab sirgʻanib prujinani choʻzadi, Sharcha O aylanish markazidan g masofaga uzoqlashganda choʻzilgan prujinaning elastiklik kuchi ($F_{el.}$) endi sharni disk markazidan yanada uzoqlashishga yoʻl qoʻymaydi. Bunga sabab, aylanuvchi sanoq tizimidagi sharga taʼsir etuvchi inersiya kuchi va elastiklik kuchi bir-birini muvozanatlaydi. Inersiya kuchi disk radiusi boʻylab aylanish markazidan tashqariga yoʻnalgani uchun uni markazdan qochma inersiya kuchi ($F_{m.q.}$) deb ataladi.

U quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$F_{m.q.} = m \cdot \omega^2 \cdot r, \quad (4.5)$$

bundagi ω - aylanuvchi sanoq tizimining burchak tezligi, r - aylanish markazi va moddiy nuqtani (m massali sharni) birlashtiruvchi radius- vektor.



4.6-rasm

4.5 tenglikka ko'ra sharga ta'sir etadigan markazdan qochma inersiya kuchi, sharning massasiga, burchak tezlik kvadratiga va aylanish o'qidan sharchagacha bo'lgan masofaga proporsional ekan.

Aylanuvchi sanoq tizimidagi jismga $F_{m.q}$ dan tashqari Koriolis inersiya kuchi deb ataluvchi kuch ham ta'sir qiladi. 4.6 (b) - rasmda ko'rsatilganidek, D disk ω burchak tezlik bilan aylana boshlasa, S shar OA to'g'ri chiziq bo'yicha emas, balki OV egri chiziq bo'yicha harakatlanadi. Bunga sabab, sharcha tezligi V ga tik bo'lgan Koriolis kuchi (F_k) ning sharchaga ta'siridir. Bu kuch:

$$F_q = 2m[V, \omega] \quad (4.6)$$

yoki

$$F_k = 2mV\omega \cdot \sin \alpha. \quad (4.7)$$

Demak, tekis aylanuvchi sanoq tizimiga nisbatan jismning harakat tenglamasini tuzish uchun mazkur jismga ta'sir etayotgan Nyuton kuchlari, markazdan qochma inersiya kuchi va Koriolis inersiya kuchining yig'indisini olish kerak:

$$m a = \sum (F_i + F_{m.q.} + F_k) \quad (4.8)$$

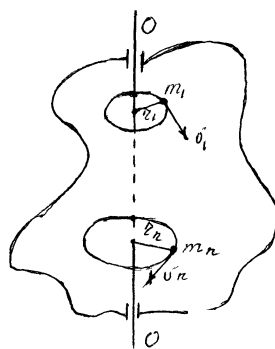
Biz yashab turgan sayyora - Er ham, aylanuvchi sanoq tizimidir. Er bilan bog'liq bo'lgan sanoq tizimining noinersial ligi tufayli Er sirtidagi jismlarga markazdan qochma va Koriolis inersiya kuchlari ta'sir etadi.

Qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan qattiq jismning inersiya momenti va kinetik energiyasi. Shteyner tenglamasi.

Qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan absolyut qattiq jismni ko'raylik (4.7-rasm).

Tekshirilayotgan qattiq jism n ta moddiy nuqtalardan iborat bo'lsin. Moddiy nuqtalarning massalari $m_1, m_2, \dots, m_n$ ta'sir etuvchi tashqi kuchlar $F_1, F_2, \dots, F_n$, chiziqli tezliklari $v_1, v_2, \dots, v_n$ va burchak tezligi ω bo'lsin.

Jismning aylanishdagi kinetik energiyasini topish uchun har bir moddiy nuqtaning kinetik energiyasini topib, so'ngra ularning yig'indisini olamiz:



4.7-rasm

$$\begin{aligned}\frac{m_1 g_1^2}{2} &= \frac{m_1}{2} (\omega \cdot r_1)^2 = m_1 r_1^2 \frac{\omega^2}{2}, \\ \frac{m_2 g_2^2}{2} &= \frac{m_2}{2} (\omega \cdot r_2)^2 = m_2 r_2^2 \frac{\omega^2}{2}, \\ &\dots\dots\dots \\ \frac{m_n g_n^2}{2} &= \frac{m_n}{2} (\omega \cdot r_n)^2 = m_n r_n^2 \frac{\omega^2}{2}, \\ \sum_{i=1}^n \frac{m_i g_i^2}{2} &= \sum_{i=1}^n m_i r_i^2 \frac{\omega^2}{2}.\end{aligned}\quad (4.9)$$

(4.9) tenglikda

$$\sum_i \frac{m_i g_i^2}{2} = Z \quad \text{va} \quad \sum_i m_i r_i^2 = J \quad (4.10)$$

deb belgilasak, qo'zg'almas o'q atrofida aylanuvchi qattiq jismning kinetik energiyasining ifodasini quyidagicha yozamiz:

$$Z = \frac{J \omega^2}{2}. \quad (4.11)$$

Bu tenglikni ilgarilanma harakatdagi jism kinetik energiyasi ($E_k = \frac{m g^2}{2}$) bilan taqqoslasak, aylanma harakatdagi jismning inersiya momenti J jism inertligining o'lchovi ekanligi kelib chiqadi.

Jismning inersiya momenti qancha katta bo'lsa, jism katta tezlik olishi uchun shuncha ko'proq energiya sarflash kerak. 5.2 - tenglikdagi J jismning OO aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti deyiladi.

4.10 tenglikdan moddiy nuqtaning inersiya momenti moddiy nuqta massasining nuqtadan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa kvadratiga ko'paytirilganiga tengligi kelib chiqadi. Ya'ni:

$$J = m r^2. \quad (4.12)$$

Xalqaro birliklar tizimi (SI)da jismning inersiya momenti (4.12) tenglikka ko'ra $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ larda o'lchanishi kelib chiqadi. Gorizantal tekislikda harakatlanayotgan g'ildirakli jism energiyasi, jismning ilgarilanma harakat va aylanma harakatidagi kinetik energiyalarining yig'indisidan tashkil topadi:

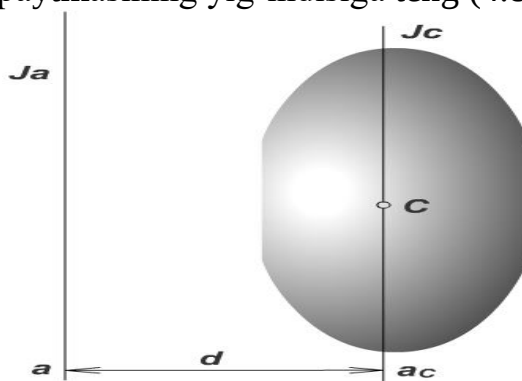
$$W = \frac{m g^2}{2} + \frac{J \omega^2}{2} \quad (4.13)$$

Qat'iy qilib aytganda, jismni m massasi uning V hajmi bo'yicha uzluksiz taqsimlangan mexanik sistema sifatida qarash lozim, bunda jismning inersiya momenti

$$J = \int_{(m)} \rho^2 dm = \int_{(V)} \rho^2 D dV \quad (4.14)$$

bo'ladi. Bu yerda D - jismning zichligi, $dm=D dV$ - jismning aylanish o'qidan ρ masofada turgan dV hajm kichik elementining massasi. Jismning inersiya momenti uning materialiga, shakliga, o'lchamiga, shuningdek, jismning aylanish o'qiga nisbatan joylashishiga bog'liq.

Agar Shteyner teoremasidan foydalanilsa, ixtiyoriy o'qqa nisbatan jismning inersiya momentini hisoblash osonlashadi: jismning ixtiyoriy a o'qqa nisbatan inersiya momenti, bu o'qqa parallel va jismning C massa markazidan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti J_c bilan jism massasi m ni shu o'qlar orasidagi masofaning kvadratiga ko'paytmasining yig'indisiga teng (4.8-rasm):



4.8-rasm.

$$J_a = J_c + md^2 \quad (4.15)$$

Bu teoremani isbotlaymiz. 4.8-rasmda a va ac o'qlar chizma tekisligiga tik yo'nalgan, massasi dm bo'lgan jismning kichik elementidan bu o'qlargacha bo'lgan masofalar a va ac bilan belgilangan. Kosinuslar teoremasi bo'yicha

$$\rho^2 = \rho_0^2 + d^2 + d\rho_c \cos \varphi \quad \text{va} \quad J_a = \int_{(m)} \rho^2 dm = \int_{(m)} \rho_c^2 dm + md^2 + 2d \int_{(m)} x^* dm$$

bo'ladi. Bu yyerda $x^* = \rho \cos \varphi$ - jism dm elementining boshlanishi jism massa markazida va abstsissasi a va ac o'qlar bilan kesishuvchi va ular yotgan tekislikka tik bo'lgan koordinatalar sistemasidagi abstsissasi. Massa markazining (5.4) taorifdan

$$\int_{(m)} x^* dm = mx_c^* = 0$$

bo'lishi kelib chiqadi, chunki jismning massa markazi koordinata boshi bilan mos tushadi. Shunday qilib (4.15) munosabatning to'g'riligi isbotlandi.

Sodda shaklli jismlar inersiya momentlarini hisoblashga bir necha misollar ko'ramiz.

1-misol. Massasi m va radiusi R bo'lgan yupqa devorli doiraviy silindrning o'qiga nisbatan inersiya momenti.

Bunday silindrning hamma kichik elementlari uning massa markazi C dan o'tgan o'qdan bir xil R masofada joylashgan.

Shuning uchun

$$J_s = \int_{(m)} R^2 dm = mR^2 \quad (4.16)$$

bo'ladi.

2-misol. Massasi m va radiusi R bulgan bir jinsli yaxlit silindrning o'qiga nisbatan inersiya momenti.

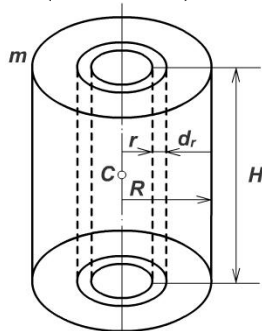
Silindrni fikran juda ko'p sonli umumiy o'qli yupqa silindrlarga bo'lamiz. Aytaylik ulardan birortasining radiusi r, devorining qalinligi esa $dr \ll r$ bo'lsin. Bu kichik silindr elementining inersiya momenti

$$dJ_c = r^2 dm = r^2 2\pi rHDdr \quad (4.17)$$

bo'ladi. Bu yerda N - silindr balandligi; D - uning zichligi. Yaxlit silindrning inersiya momentini uning hamma kichik elementlari inersiya momentlarini yig'ib, ya'ni (4.17) ifodani r bo'yicha 0 dan R gacha integrallab topamiz:

$$J_c = 2\pi HD \int_0^R r^2 dr = \frac{1}{2} \pi R^2 HD = \frac{mR^2}{2} \quad (4.18)$$

bunda $m = D\pi R^2 N$ silindrning massasi (4.9-rasm).



4.9-rasm.

3-Misol. Massasi m va uzunligi l bo'lgan bir jinsli ingichka sterjenning o'rtasidan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti. Sterjenni fikran kichik bo'lakchalarga bo'lamiz. Aytaylik x - bunday bo'laklardan birining aylanish o'qigacha bo'lgan masofasi, dx-bo'lakchanning uzunligi. U holda bu elementning inersiya momenti

$$dJ_c = x^2 dm = x^2 DSdx \quad (4.19)$$

bo'ladi. Bu yerda S- sterjenning ko'ndalang kesim yuzasi; D- uning zichligi. Sterjenning bitta yarmining inersiya momentini (4.19) ifodani x bo'yicha 0 dan l/2 gacha integrallab topamiz, butun sterjenning inersiya momenti ikki marta katta:

$$J_c = 2DS \int_0^{l/2} x^2 dx = \frac{2}{3} DS \left(\frac{l}{2} \right)^3 = \frac{ml^2}{12} \quad (4.20)$$

chunki sterjenning massasi $m = D l S$. Pirovordida m massali va R radiusli bir jinsli sharning uning markazidan o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momentini tayyor holda keltiramiz:

$$J_c = \frac{2}{5} mR^2 \quad (4.21)$$

Kuch momenti. Impuls momenti va uning o'zgarish qonuni. Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi

Aytaylik, qattiq jism n-ta moddiy nuqtalardan iborat bo'lsin. Moddiy nuqta massalarini $m_1, m_2, \dots, m_n$, ta'sir etuvchi tashqi kuchlarni $F_1, F_2, \dots, F_n$, aylanish o'qidan qattiq jisimgacha bo'lgan masofalarni $r_1, r_2, \dots, r_n$, chiziqli tezliklarini $\vartheta_1, \vartheta_2, \dots, \vartheta_n$ va burchak tezligini ω bilan belgilaylik. Moddiy nuqtalarga ta'sir etuvchi kuchlarni dinamikaning ikkinchi qonuniga asosan topib, so'ngra ularni yig'indisini olamiz:

$$\begin{aligned} F_1 &= m_1 \frac{d\vartheta_1}{dt} = m_1 r_1 \cdot \frac{d\omega}{dt} = m_1 r_1 \varepsilon, \\ F_2 &= m_2 \frac{d\vartheta_2}{dt} = m_2 r_2 \cdot \frac{d\omega}{dt} = m_2 r_2 \varepsilon, \\ &\dots\dots\dots \\ F_n &= m_n \frac{d\vartheta_n}{dt} = m_n r_n \cdot \frac{d\omega}{dt} = m_n r_n \varepsilon. \end{aligned} \quad (4.22)$$

(4.22) tenglamalar tizimining har ikki tomonlarini: $r_1, r_2, \dots, r_n$ ga ko'paytiramiz va qo'shamiz:

$$F_1 r_1 + F_2 r_2 + \dots + F_n r_n = (m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \dots + m_n r_n^2) \varepsilon \quad (4.23)$$

yoki

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = (J_1 + J_2 + \dots + J_n) \varepsilon.$$

U holda

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = M$$

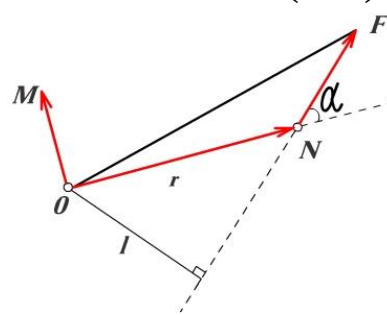
va

$$J_1 + J_2 + \dots + J_n = J$$

deb belgilasak, (4.23) tenglikni:

$$M = J \cdot \varepsilon$$

(4.24)



4.10– rasm.

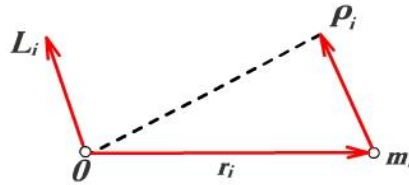
ko'rinishda yozamiz. (4.24) tenglik aylanma harakat uchun dinamikaning ikkinchi qonunini ifodalaydi. Bu tenglikka ko'ra jisimga qo'yilgan aylantiruvchi kuch momenti jismning inersiya momentini burchak tezlanishga ko'paytirilganiga teng. (4.24) tenglikdan ko'rinadiki, aylantiruvchi moment hosil qilgan burchak tezlanish (ε) jismning inersiya momentiga bog'lanib o'zgaradi, ya'ni jismning inersiya momenti qancha katta bo'lsa, burchak tezlanishi shuncha kichik bo'ladi.

Qo'zg'almas O nuqtaga nisbatan F kuchning momenti deb, O nuqtadan F kuch qo'yilgan N nuqtaga o'tkazilgan r radius-vektor bilan shu kuchning vektor ko'paytmasiga aytiladi:

$$\vec{M} = [\vec{r} \vec{F}]. \quad (4.25)$$

M vektori r va F vektorlar tekisligiga o'ng parma qoidasi bo'yicha tik yo'nalgan (4.10-rasm). Kuch momentining moduli

$$M = Fr \sin \alpha = Fl \quad (4.26)$$



4.11-rasm.

formula bilan aniqlanadi. Bu yerda α - r bilan F orasidagi burchak, $l = r \sin \alpha$ - O nuqtadan F kuchning ta'sir chizig'iga tushirilgan tik chiziqlarning uzunligi. Bunda l kattalik F kuchning elkasi deyiladi.

Biz n moddiy nuqtadan tashkil topgan mexanik sistemani ko'ramiz (xususan bu qattiq jism ham bo'lishi mumkin, lekin biz hozircha bunday cheklashni qo'ymaymiz).

Moddiy nuqtaning qo'zg'almas O nuqtaga nisbatan impuls momenti L_i - deb, moddiy nuqtaning O nuqtadan o'tgan r_i - radius vektori bilan shu moddiy nuqtaning $R_i = m_i V_i$ - impulsining vektor ko'paytmasiga aytiladi (4.11-rasm):

$$\vec{L}_i = [\vec{r}_i m_i \vec{V}_i] = [\vec{r}_i \vec{P}_i]. \quad (4.27)$$

Mos xolda, qo'zg'almas O nuqtaga nisbatan mexanik sistemaning impuls momenti deb, sistemaning barcha moddiy nuqtalarining shu nuqtaga nisbatan impuls momentlarining geometrik yigindisiga teng bo'lgan vektorga aytiladi:

$$\vec{L} = \sum_{i=1}^n \vec{L}_i = \sum_{i=1}^n [\vec{r}_i \vec{P}_i]. \quad (4.28)$$

(4.28) ifodani t vaqt bo'yicha differensiyalaymiz:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d}{dt} \sum_{i=1}^n [\vec{r}_i \vec{P}_i] = \sum_{i=1}^n \frac{d}{dt} [\vec{r}_i \vec{P}_i] = \sum_{i=1}^n [\vec{r}_i \frac{d\vec{P}_i}{dt}]$$

chunki, $\left[\frac{d\vec{r}_i}{dt} \right] = [\vec{V}_i \vec{P}_i] = 0$. (4.27) va (4.28) ifodalardan

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d}{dt} \sum_{i=1}^n [\vec{r}_i \vec{F}_i^{tash}] + \sum_{i=1}^n \left[\vec{r}_i \sum_{k=1}^n \vec{F}_{ik} \right] \quad (4.29)$$

bo'lishi kelib chiqadi.

Mexanik sistemaga ta'sir etuvchi hamma tashqi kuchlarning O nuqtaga nisbatan momentlarning geometrik yigindisiga teng bo'lgan vektor O nuqtaga nisbatan tashqi kuchlarning bosh momenti deyiladi.

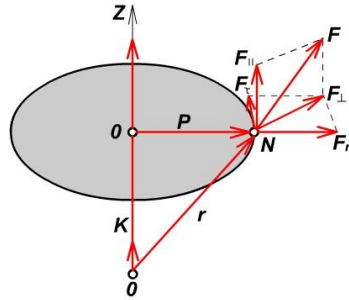
$$\vec{M}^{tash} = \sum_{i=1}^n [\vec{r}_i \vec{F}_i^{tash}]. \quad (4.30)$$

(4.29) tenglamaning o'ng tomonidagi 0 nuqtaga nisbatan barcha ichki kuchlarning yig'indisini ko'rsatuvchi ikkinchi summa nolga teng ekanini ko'rsatamiz. Bu summada $\vec{F}_i$ va $\vec{F}_k$ kuchlarning juft momentlari ishtirok etadi: $\vec{M}_{ik} = [\vec{r}_i \vec{F}_{ik}]$ va $\vec{M}_{ki} = [\vec{r}_k \vec{F}_{ki}]$ $\vec{M}_{ki} = [\vec{r}_k \vec{F}_{ki}]$.

Nyutonning uchinchi qonunidan

$$\vec{M}_{ik} + \vec{M}_{ki} = [\vec{r}_i \vec{F}_{ik}] + [\vec{r}_k \vec{F}_{ki}] = [\vec{r}_i \vec{F}_{ik}] - [\vec{r}_k \vec{F}_{ik}] = [(\vec{r}_i - \vec{r}_k) \vec{F}_{ik}]$$

bo'lishi kelib chiqadi.



4.12-rasm.

4.12-rasmdan ko'rinadiki, $(\vec{r}_i - \vec{r}_k)$ va $\vec{F}_{ik}$ vektorlar kollinear. Shuning uchun ularning vektor ko'paytmalari nolga teng. Demak,

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n \vec{M}_{ik} = \sum_{i=1}^n \left[\vec{r}_i \sum_{k=1}^n \vec{F}_{ik} \right] = 0, \quad (4.31)$$

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}^{tash} \quad (4.32)$$

bo'ladi. (4.32) tenglama impuls momentining o'zgarish qonunini ifodalaydi:

Qo'zg'almas nuqtaga nisbatan mexanik sistemaning impuls momentidan vaqt bo'yicha olingan hosila, sistemaga ta'sir qiluvchi barcha tashqi kuchlarning o'sha nuqtaga nisbatan bosh momentiga teng.

Mexanik sistemaning o'qqa nisbatan impuls momenti deb, ko'rilayotgan o'qdan ixtiyoriy tanlangan nuqtaga nisbatan sistema impuls momenti vektorining shu o'qqa proeksiyasiga aytiladi. Mos xolda, o'qqa nisbatan kuch momenti deb, shu o'qqa ixtiyoriy tanlangan nuqtaga nisbatan kuch momenti vektorining shu o'qqa proeksiyasiga aytiladi.

O'qda nuqtani tanlash shu nuqtaga nisbatan impuls momenti va kuch momenti qiymatlariga ta'sir qiladi, lekin shu bilan bir vaqtda o'qqa nisbatan impuls va kuch momentlari qiymatiga hech qanday ta'sir qilmasligini isbot qilish mumkin.

(4.32) tenglamani markazi 0 nuqtada bo'lgan to'g'ri burchakli dekart koordinata sistemasi o'qlaridagi proeksiyalaridan

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = M_y^{tash}, \quad \frac{d\vec{L}}{dt} = M_z^{tash} \quad (4.33)$$

tenglamalarga ega bo'lamiz.

(4.33) tenglamalardan ko‘rinadiki, qo‘zg‘almas o‘qqa nisbatan mexanik sistemaning impuls momentidan vaqt bo‘yicha olingan hosila sistemaga ta’sir qiluvchi barcha tashqi kuchlarning shu o‘qqa nisbatan bosh momentiga teng.

(4.32) tenglama qo‘zg‘almas 0 nuqtaga nisbatan L impuls va Mtash tashki kuch momenti uchun o‘rinli. Endi, L bilan A nuqtaga nisbatan erkin xolda harakatlanayotgan mexanik sistemaning LA impuls momenti orasida qanday bog‘lanish borligini tushuntiramiz. LA ni hisoblashda biz sistema moddiy nuqtalarining koordinata boshi 0 nuqtada bo‘lgan qo‘zg‘almas inersial sanoq sistemasiga nisbatan harakatiga mos keluvchi Ri impulslari qiymatlarini qo‘yamiz (ya’ni, L ni hisoblashda qanday bo‘lsa, o‘shandek). Bunda rA-A nuqtaning K sanoq sistemasidagi radius-vektori bo‘lsin. U xolda A nuqtadan sistemaning birinchi nuqtasiga o‘tkazilgan radius-vektori r'i = ri – rA bo‘ladi. Shuning uchun

$$\vec{L}_A = \frac{d}{dt} \sum_{i=1}^n [\vec{r}_i \vec{P}_i] = \sum_{i=1}^n [\vec{r}_i \vec{P}_i] - \left[\vec{r}_A \sum_{i=1}^n \vec{P}_i \right]$$

yoki

$$\vec{L}_A = \vec{L} - [\vec{r}_A \vec{P}] \quad (4.34)$$

bo‘lishi kelib chiqadi. Bu yerda R - sistemaning K sanoq sistemasiga nisbatan impulsi. Bu munosabatni differensiallab,

$$\frac{d\vec{L}_A}{dt} = \frac{d\vec{L}}{dt} - [\vec{V}_A \vec{P}] - \left[\vec{r}_A \frac{d\vec{P}}{dt} \right]$$

ifodani olamiz.

(4.32) ga binoan, $\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}^{tash}$ bo‘lgani uchun yuqoridagi ifoda quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\frac{d\vec{L}_A}{dt} = \frac{d\vec{L}}{dt} - [\vec{V}_A \vec{P}] - \left[\vec{r}_A \frac{d\vec{P}}{dt} \right]. \quad (4.35)$$

A nuqtaga nisbatan tashqi kuchlarning momenti

$$M_A^{mau} = \sum_{i=1}^n [\vec{r}' \vec{F}_i^{tash}] = \sum_{i=1}^n [\vec{r}' \vec{F}_i^{tash}] - \left[\vec{r}_A \sum_{i=1}^n \vec{F}_i^{tash} \right],$$

ya’ni,

$$\vec{M}_A^{tash} = \vec{M}^{tash} - [\vec{r}_A \vec{F}^{tash}] \quad (4.35)$$

(4.32), (4.35) va (4.35) lardan

$$\frac{d\vec{L}_A}{dt} = \vec{M}^{tash} - [\vec{V}_A \vec{P}] \quad (4.36)$$

kelib chiqadi.

Xususan, agar A nuqta sifatida sistemaning massa markazi olinsa, VA=Vc bo‘lib, $[\vec{V}_c \vec{P}] = 0$ bo‘ladi. Shuning uchun

$$\frac{d\vec{L}_A}{dt} = \vec{M}^{tash} \quad (4.37)$$

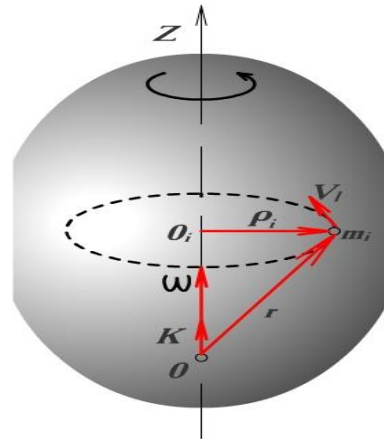
bo‘lishi kelib chiqadi.

Mexanik sistemaning massa markaziga nisbatan impuls momentidan vaqt bo'yicha olingan hosila, sistemaga ta'sir etuvchi barcha tashqi kuchlarning o'sha nuqtaga nisbatan bosh momentiga teng.

Ko'rsatish mumkinki, hisoblashda teng xuquqli ravishda sistema barcha nuqtalarining K qo'zg'almas sanoq sistemasidagi yoki unga nisbatan massa markazi tezligi bilan ilgarilanma harakatlanayotgan sanoq sistemasidagi harakatlarining impulslarini olish mumkin. Haqiqatdan ham, $r_i' = r_i^* = r_i - r_c$ va $v_i^* = v_i - v_c$ belgilaridan foydalanib,

$$L = \sum_{i=1}^n [\vec{r}_i^* \vec{P}_i^*] = \sum_{i=1}^n [m_i \vec{r}_i^* (\vec{v}_i^* + \vec{v}_c^*)] = \sum_{i=1}^n [\vec{r}_i^* \vec{P}_i^*] + m [\vec{r}_c^* \vec{v}_c^*] = \sum_{i=1}^n [\vec{r}_i^* \vec{P}_i^*]$$

formulani olamiz, chunki $r_c^* = 0$.



4.13-rasm

Dekart koordinatalar sistemasini shunday joylashtiramizki, OZ o'q jismning aylanish o'qi bilan mos tushsin, uning k orti esa jismning burchakli tezligi bilan bir xil yo'nalsin (4.13-rasm). Bunda $\vec{\omega} = \omega \vec{k}$, bu yerda $\omega = \omega > 0$.

Qo'zg'almas OZ o'q atrofida aylanuvchi jism dinamikasining tenglamasi

$$\frac{dL_z}{dt} = M_z^{tash} \quad (4.38)$$

ko'rinishga ega bo'ladi.

Aylanuvchi jismning o'qqa nisbatan impuls momenti bilan burchakli tezlik orasidagi bog'lanishni topamiz. 5.7-rasmdan ko'rinadiki, jism tarkibiga kiruvchi mi massali moddiy nuqtaning radius-vektori $\vec{r}_i = \vec{OO_i} + \vec{\rho_i}$ bo'ladi, bunda O_i - tekshirilayotgan moddiy nuqta harakatlanayotgan ρ_i radiusli aylananing markazi. Koordinata boshi 0 ga nisbatan jismning impuls momenti

$$\vec{L} = \sum_{i=1}^n [\vec{r}_i m_i \vec{v}_i] = \sum_{i=1}^n [(\vec{OO_i} m_i \vec{v}_i) + \sum_{i=1}^n [\vec{\rho_i} m_i \vec{v}_i]].$$

Vektor $[\vec{OO_i} m_i \vec{v}_i]$ OZ o'qiga tik, vektor $[\vec{\rho_i} m_i \vec{v}_i]$ esa OZ o'q bo'ylab yo'nalgan. Shunday qilib,

$$L_z = \sum_{i=1}^n m_i \rho_i^2 \omega_z. \quad (4.39)$$

Mexanik sistemani tashkil qiluvchi hamma moddiy nuqta mi massalarining aylana o'qidan ulargacha bo'lgan pi masofaning kvadratiga ko'paytmasining yig'indisiga teng bo'lgan J kattalik sistemaning shu o'qqa nisbatan inersiya momenti deyiladi:

$$J = \sum_{i=1}^n m_i \rho_i^2. \quad (4.40)$$

Shunday qilib, jismning OZ o'qqa nisbatan impuls momenti

$$L_z = J\omega_z \quad (4.41)$$

bo'ladi. Bu yerda J jismning OZ aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti. (4.41) ni differensiallab, quyidagi shaklda qayta yozishimiz mumkin:

$$\frac{d}{dt}(J\omega_z) = M_z^{tash} \quad (4.42)$$

Agar jism aylanish jarayonida deformatsiyalanmasa, uning inersiya momenti o'zgarmaydi va (4.42) da uni diferentsial belgisi ostidan chiqarish mumkin:

$$J \frac{d\omega_z}{dt} = M_z^{tash}$$

yoki

$$J\varepsilon_z = M_z^{tash} \quad (4.43)$$

bu yerda $\varepsilon_z = d\omega_z/dt$ - burchakli tezlanish vektorining OZ aylanish o'qiga proeksiyasi. (4.43 dan ko'rinadiki, ε_z inersiya momenti J ga teskari proporsional. Demak, jismning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti uning shu o'q atrofida aylanishidagi jism inertligining o'lchovidir.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Moddiy nuqta inersiya momenti deb nimaga aytiladi va qanday birliklarda ifodalanadi?
2. Ilgarilanma harakatdagi jism massasi bilan aylanma harakatdagi jism inersiya momenti o'rtasida qanday farq bor?
3. Aylanma harakat uchun dinamika ikkinchi qonuni ifodasini yozing va tushuntiring.
4. Yopiq mexanik tizim uchun harakat miqdor momentining saqlanish qonunini ta'riflang.
5. Kuch momenti deb nimaga aytiladi?
6. Harakat miqdor momenti deb nimaga aytiladi?
7. Aylanma harakatdagi qattiq jismning kinetik energiyasi qanday ifodalanadi?
8. Shteyner teoremasini ta'riflang.
9. Impuls momenti qanday aniqlanadi?
10. Ilgarilanma va aylanma harakatni aniqlovchi fizik kattaliklarni o'zaro solishtirib izohlang.

Ta`lim berish texnologiyasining modeli

Mashg`ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 gacha
Mashg`ulot shakli	Kirish-axborotli ma`ruza
Ma`ruza rejasi	1.Qattiq jismlar deformasiyasi va kuchlanishlar. 2.Bir jinsli va bir jinsli bo`lmagan deformasiya.</p> <p>3.Elastik va qoldiq (plastik) deformasiya.</p> <p>4.. Egilish va buralish. Deformasiyalarning miqdoriy tavsifi. Guk qonuni.</p> <p>5.Yung moduli. Puasson koeffisienti.</p> <p>Deformasiyaning kuchlanishga bog`liqligi, elastiklik chegarasi. 6. Mustahkamlik. Murtlik. Qoldiq deformasiya. 7.Elastik deformasiya energiyasi.
O`quv mashg`ulotining	Qattiq jismlar deformasiyasi va kuchlanishlar.ni urganish
Pedagogik vazifalari: Qattiq jism aylanma harakat kinematikasi. Qo`zg`almas o`qqa nisbatan kuch momenti. Qattiq jism aylanma harakati dinamikasining asosiy tenglamasi. Qattiq jismning inersiya momenti. Gyuygens – Shteyner teoremasi.	O`quv faoliyatining natijalari:</p> <p>-.Qattiq jismlar deformasiyasi va kuchlanishlar.ni urganish</p> <p>-.Bir jinsli va bir jinsli bo`lmagan deformasiya.formularini tushinish -.Elastik va qoldiq (plastik) deformasiya. -.Egilish va buralish. Deformasiyalarning miqdoriy tavsifi. Guk qonuni. Manosini urganish -.Yung moduli. Puasson koeffisientini fizik manosini tushinish - Deformasiyaning kuchlanishga bog`liqligi, elastiklik chegarasi. Diogiranmada tasvirlash -.Mustahkamlik. Murtlik. Qoldiq deformasiya. -.Elastik deformasiya energiyasi.bilish
Ta`lim berish usullari	Ko`rgazmali ma`ruza suhbatlari
Ta`lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy
Ta`lim berish vositalari	O`quv qullanma proektor slaydlar
Ta`lim berish sharoiti	O`TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og`zaki nazorat,savol-javob

2.2.Ma'ruza holatining texnologik kartasi

Bosqichlar, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchi	talaba
1-bosqich. Kirish(5 min.)	1.1. Mavzu, maqsad va rejalashtirilgan o`quv natijalarini e`lon qiladi. 1.2. Reja va muammoli holatatlarni ifodalovchi savollarni ekranga chiqaradi.	1.1.Eshitadilar, yozib oladilar. 1.2.E`tabor beradilar.
2-bosqich. .Bilimlarni faollashtirish (10 min).	2.1. Asosiy kategoriya va tushunchalarni va ma'ruza oxirida yechiladigan masalalarni namoyish qiladi. 2.2.O`quv faoliyatini baxolash mezonlari malum qilinadi.	
3bosqich. Asosiy (55 min.)	3.1. Ma'ruza davomida asosiy tushunchalarni qayd etish lozimligini uqtiradi.Talabalar yozib olishlarini takidlaydilar -.Qattiq jismlar deformasiyasi va kuchlanishlar.ni urganish -.Bir jinsli va bir jinsli bo'lmagan deformasiya.formularini tushinish -Elastik va qoldiq (plastik) deformasiya. -. Egilish va buralish. Deformasiyalarning miqdoriy tavsifi. Guk qonuni. Manosini urganish -.Yung moduli. Puasson koeffisientini fizik manosini tushinish -. Deformasiyaning kuchlanishga bog'liqligi, elastiklik chegarasi. Diogiranmada tasvirlash - Mustahkamlik. Murtlik. Qoldiq deformasiya. -.Elastik deformasiya energiyasi.bilish	3.1.Asosiy kattaliklar, ifodalarni yozadilar 3.2. eshitadilar vaYozadilar 3.3. berilgan chizmalarni chizib oladilar
4- bosqich. Yakuniy (10 min.)	4.1.Mavzuga xulosa yasaydi.O`quv jarayonida faol ishtirok etgan talabalarbi rag`batlantiradi. 4.2. Mustaqil ishlash va nazariy bilimlarni mustaxkamlash. Mustaxkamlash uchun savvolarni beradi:	4.1.eshitadi. 4.2.topshiriqni yozib oladilar.

4-ma'ruza. QATTIQ JISM DEFORMASIYASI

Reja

1. Qattiq jismlar deformasiyasi va kuchlanishlar.
2. Bir jinsli va bir jinsli bo'lmagan deformasiya.
3. Elastik va qoldiq (plastik) deformasiya.
4. Egilish va buralish. Deformasiyalarning miqdoriy tavsifi. Guk qonuni.
5. Yung moduli. Puasson koeffisienti. Deformasiyaning kuchlanishga bog'liqligi, elastiklik chegarasi.
6. Mustahkamlik. Murtlik. Qoldiq deformasiya.
7. Elastik deformasiya energiyasi.

Qattiq jismlar tuzilishiga kura ikki qismga bo'linadi. 1) Kirisstallar, 2) Ammorf qattiq jismlardir. Kirisstal qattiq jismlar molekulalari aniq qattiy tartidda joylashadi va aniq erish hararotiga ega bo'ladilar. Ammorf qattiq jismlar esa aniq erish hararotiga ega bo'lmaydilar.

Qattiq jismlarda mexanik kuchlanish

$$G = \frac{F}{S}$$

Qattiq jsmga ta'sir etuvchi kuchning shu qattiq jism ko'ndalang kesim yuzasiga nisbatiga mexanik kuchlanish deyiladi.

Absolyut uzayish

$$\Delta L = L - L_0$$

Nisbiy uzayish

$$E = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Kichik deformasiyalarda mexanik kuchlanish nisbiy uzayishga to'g'ri proporsional bo'ladi.

$G = E \varepsilon$ Bu ifoda Guk qonuni deyiladi. Agar bu ifodadagi kattaliklarni oldingi ifodadagi qiymatini quysak

$$G = \frac{F}{S} = E \varepsilon = E \frac{\Delta L}{L}$$

$$F = E \frac{S \Delta L}{L}$$

Agar bu ifodadagi $E \frac{S \Delta L}{L} = k$ belgilash kiritsak Guk qonunini quydagicha ko'rinishi xosil bo'ladi.

$$F = k \Delta L$$

Mexanika qonunlari elastiklik kuchlari bilan ham bog'langan. Agar prujinaga P og'irlikdagi yuk osilgan va u deformatsiyalanib, Δl ga chuzilgan. Cho'zilgan prujinada yuzaga kelgan elastiklik kuchining absolyut kattaligi yukning P og'irligiga teng ekanligidan elastik deformatsiya chegarasida

$$P = k \Delta l \quad (5.1)$$

Bunda $k = P / \Delta l$

Demak: $P, \Delta l$ ma'lum bo'lsa, (5.1) dan prujinaning bikrluk koeffitsientini topish mumkin. (5.1-rasm).

Ikkinchi prujinaga P og'irlik kuchi ta'sir etadi. Ikkinchi prujina esa yukka elastiklik kuchi bilan ta'sir qiladi va u kuch P -og'irlik kuchiga teng bo'ladi. Birinchi va ikkinchi prujina ulanish joylariga Nyutonning uchinchi qonuniga ko'ra

$$F_{\text{я1}} = F = F_{\text{я1}} \quad (5.2)$$

kuch bilan tortadi. Ikkala prujina mos ravishda Δl_1 va Δl_2 ga uzayadi. Umumiy uzayishlar

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 \quad (5.3)$$

$$\Delta l = \frac{F_m}{k}, \quad \Delta l_1 = \frac{F_{\text{я1}}}{k_1}, \quad \Delta l_2 = \frac{F_{\text{я2}}}{k_2} \quad (5.4)$$

kabi bo'ladi. Bu ifodalarni (5.3) ifodaga qo'ysak,

$$\frac{F_m}{k} = \frac{F_{\text{я1}}}{k_1} + \frac{F_{\text{я2}}}{k_2} \quad (5.5)$$

(5.2)ga asosan ketma-ket ulangan prujinalar bikrligi uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \quad \text{ёku} \quad \frac{k_1 k_2}{k_2 + k_1} \quad (5.6)$$

Agar n ta prujina ketma-ket ulangan bo'lsa, (6) ifodani

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n}$$

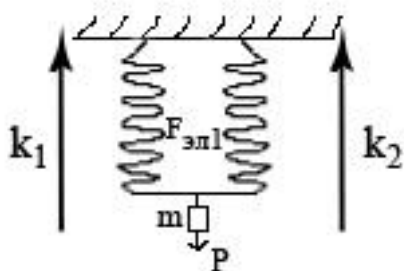
ko'rinishda yozishimiz mumkin.

Agar $k_1 = k_2 = \dots = k_n$ ga teng bo'lsa, umumiy bikrlilik $n \cdot k$ ga teng buladi. Bikrlilik n marta, ya'ni prujinalar soni necha marta bo'lsa, shu qadar kamayadi, bikrlilik k_1 va k_2 bo'lgan ikkita prujinani parallel ulab, unga m massali yukni shunday ulab osamizki, ikkala prujinaning uzayishi ham bir xil bo'lsin (5.2-rasm).

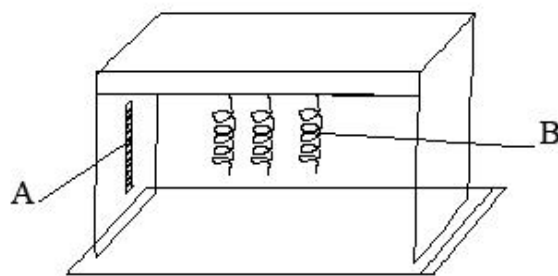
Ularda hosil bo'lgan elastiklik kuchlari yig'indisi P og'irlik kuchiga teng bo'ladi.

$$\Delta l = \Delta l_1 = \Delta l_2$$

$$F_{\text{я1}} + F_{\text{я2}} = F_{\text{я}} = P \quad (5.7)$$



5.2-rasm



5.3-rasm

k_2 (5.7)ga asosan esa $k_1 + k_2 = k$ ifodani olamiz. n ta parallel ulangan prujina uchun umumlashtirib

$$k = k_1 + k_2 + \dots + k_n = \sum k \quad (5.8)$$

kabi yozamiz. Agar

$$k_1 = k_2 = \dots = k_n \text{ bo'lsa, } k = nk_n$$

ga teng bo'ladi, ya'ni bikrlilik n marta ortadi.

Qurilma bilan tanishish.

1-nomerli prujina qurilmadagi B ilgakka osiladi. A shkaladan prujinaning boshlag'ich uzunligi belgilanadi.

Prujinaga P_1 yuk osiladi. Prujina yukning og'irligi ta'sirida cho'ziladi. A shkaladan, cho'zilgan prujinaning l uzunligi belgilanadi. Yuk ta'sirida prujinaning absolyut deformatsiyasi

kattaligi $\Delta l = l - l_0$ ifodadan topiladi. So'ng (5.1) formuladan foydalanib, k bikrlilik koeffitsientini hisoblanadi.

Qolgan P_1 va P_2 yuklarni navbatma-navbat prujinaga osib, yuqoriga qayd etilgan usulda yuklar ta'siridagi mos Δl_1 va Δl_2 cho'zilishlar topiladi. k kattaliklar hisoblanadi.

Olingan natijalar asosida muayyan prujinaning bikrlilik koeffitsientining o'rtacha qiymati hisoblanadi.

2-3 bandlarda bayon etilgan usulda qolgan prujinalarning ham bikrligi aniqlanadi.

Absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi.

Bikrliliklari aniqlangan prujinalarni ketma-ket ulab, B ilgakka osiladi. A shkaladan prujinaning boshlag'ich l_0 uzunligi belgilanadi. 3-4 bandlarda bayon etilgan usulda, ketma-ket ulangan ikki prujinaning umumiy k bikrligi hisoblanadi.

Tajriba bir necha bor takrorlanib, k ning o'rtacha qiymati, absolyut va nisbiy hatoliklari hisoblanadi.

Prujinalarni parallel ulab, qurilmadagi, B ilgakka osiladi, A shkaladan prujinaning boshlag'ich l_0 uzunligi belgilanadi. 3-6 bandlarda bayon etilgan usulda parallel ulangan ikki prujinaning umumiy bikrligi hisoblanadi.

Tajriba bir necha bor takrorlanib, k ning o'rtacha qiymati va absolyut hatoliklar hisoblanadi.

Tajribada aniqlangan va hisoblangan natijalar 1-jadvalga yoziladi.

Ketma-ket va parallel ulangan prujinalar uchun nazariy hisoblangan (5.5) va (5.6) formulalar yordamida hisoblangan bikrliliklarni solishtiramiz.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Deformatsiya turlari va ta'riflarini keltiring?
2. Kuchlanish deb nimaga aytiladi?
3. Guk qonunini ta'rifini keltiring?
4. Garmonik tebranishlar tenglamasi, uning yechimini keltiring.
5. Parallel va ketma-ket ulangan prujinalarning bikrligi formulalarini keltirib chiqaring.

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 gacha
Mashg'ulot shakli	Kirish-axborotli ma'ruza
Ma'ruza rejasi;	1. Harakat miqdori (impuls) ning saqlanish qonuni. 2.. Imuls momentining saqlanish qonuni. 4. Energiya impuls va impuls momentining saqlanish qonuni – fazo va vaqt simmetriyasining natijasi. 5..Elastik to'qnashish. Noelastik to'qnashish. .
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Impuls va uning saqlanish qonunini o'rganish.	
Pedagogik vazifalari: Harakat impuls. Impulsning saqlanish qonuni va uning ba'zi bir tatbiqlari. Absolyut elastik va noelastik urilishlar	O'quv faoliyatining natijalari: Jismning impuls deb nimaga aytiladi? Jism impuls SI da qanday birlikda o'lchanadi? Kuch impuls deganda nimani tushunasiz? Ichki kuchlar va tashqi kuchlar deganda nima tushuniladi? Yopiq sistema nima? Impulsning saqlanish qonunini ta'riflang. Reaktiv harakatning mohiyatini raketaning harakatga kelishi misolida tushuntiring. Absolyut elastik va noelastik urilishlarni tushuntiring
Ta'lim berish usullari	Ko'rgazmali ma'ruza suhbat
Ta'lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy
Ta'lim berish vositalari	O'quv qullanma proektor slaydlar
Ta'lim berish sharoiti	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og'zaki nazorat,savol-javob

Ma'ruza holatining texnologik kartasi

Bosqichlar, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchi	talaba
1-bosqich. Kirish(5 min.)	1.1. Mavzu, maqsad va rejalashtirilgan o`quv natijalarini e`lon qiladi. 1.2. Reja va muammoli holatlatlarni ifodalovchi savollarni ekranga chiqaradi.	1.1.Eshitadilar, yozib oladilar. 1.2.E`tabor beradilar.
2-bosqich. .Bilimlarni faollashtirish (10 min).	2.1. Asosiy kategoriya va tushunchalarni va ma'ruza oxirida yechiladigan masalalarni namoyish qiladi. 2.2.O`quv faoliyatini baxolash mezonlari malum qilinadi.	
3bosqich. Asosiy (55 min.)	3.1 Ma`ruza davomida asosiy tushunchalarni qayd etish lozimligini uqtiradi.Talabalar yozib olishlarini takidlaydilar 3.2Jismning impulsi deb nimaga aytiladi? Jism impulsi SI da qanday birlikda o`lchanishi va uni qanday formulalar bilan ifodalanishini tushuntirish 3.3 Kuch impulsi, Ichki kuchlar va tashqi kuchlar Yopiq sistema nima 3.4 Impulsning saqlanish qonunini ta`riflani, Reaktiv harakatning mohiyatini raketaning harakatga kelishi misolida tushuntirish Absolyut elastik va noelastik urilishlarni tushuntirish	3.1.Asosiy kattaliklar, ifodalarni yozadilar 3.2. eshitadilar vaYozadilar 3.3. berilgan chizmalarni chizib oladilar.
4- bosqich. Yakuniy (10 min.)	4.1.Mavzuga xulosa yasaydi.O`quv jarayonida faol ishtirok etgan talabalarbi rag`batlantiradi. 4.2. Mustaqil ishlash va nazariy bilimlarni mustaxkamlash. Mustaxkamlash uchun savvolarni beradi:	4.1.eshitadi. 4.2.topshiriqni yozib oladilar.

5-ma'ruza. SAQLANISH QONUNLARI

Reja

1. Harakat miqdori (impuls) ning saqlanish qonuni.
2. Impuls momentining saqlanish qonuni.
4. Energiya impuls va impuls momentining saqlanish qonuni – fazo va vaqt simmetriyasining natijasi.
5. Elastik to'qnashish. Noelastik to'qnashish.

Tayanch so'zlar va iboralar: Tashqi kuch, reaktiv kuch, Mesherskiy tenglamasi. Siolkovski tenglamasi, boshlang'ich massa, oxirgi massa, bosqichli raketa, kosmik tezlik, og'irlik kuchi, suuniy yo'ldosh, absolyut elastik va noelastik urilish, elastik deformatsiya, ichki energiya, kinetik energiya, diformatsiya ishi, gravitatsion maydon, gravitatsion kuch, sinov jism, maydon kuchlanganligi, kuchlanganlik vektori va chiziqlari, markaziy maydon, markaziy kuch, Kepler qonunlari.

Harakat miqdori (impuls)ning saqlanish qonuni

Moddiy nuqtalar yoki jismlar to'plamiga mexanik tizim deyiladi. Tizimdagi jismlarning o'zaro ta'sirlari tizimning ichki kuchlarini tashkil qiladi. Agar mexanik tizimga tashqi kuchlar ta'sir etmasa tizim yopiq yoki himoyalangan bo'ladi. Agar bir necha jismlardan tashkil topgan mexanik tizim mavjud bo'lsa, tizimdagi jismlarning o'zaro ta'sir kuchlari, Nyutonning uchunchi qonuniga ko'ra, miqdor jihatidan teng, yo'nalishlari bir-biriga qarama-qarshi bo'ladi, ya'ni ichki kuchlarning geometrik yig'indisi nolga teng bo'ladi.

Tekshirilayotgan mexanik tizim n ta jismlardan iborat bo'lsin. Tizimdagi jism massalari $m_1, m_2, \dots, m_n$ tezliklari $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n$ ichki kuchlarning teng ta'sir etuvchisi $\vec{F}'$, tashqi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi $\vec{F}$ bo'lsin. Har bir jism uchun Nyuton ikkinchi qonunini tadbiiq etamiz:

$$\frac{d}{dt}(m_1 \vec{v}_1) = \vec{F}'_1 + \vec{F}_1$$

$$\frac{d}{dt}(m_2 \vec{v}_2) = \vec{F}'_2 + \vec{F}_2$$

.....

$$\frac{d}{dt}(m_n \vec{v}_n) = \vec{F}'_n + \vec{F}_n$$

Bu tenglamalarni hadma-had qo'shib quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{d}{dt}(m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n) = \vec{F}'_1 + \vec{F}'_2 + \dots + \vec{F}'_n + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

Mexanik tizim ichki kuchlarining geometrik yig'indisi nolga teng bo'lganligi uchun

$$\frac{d}{dt} (m_1 \mathfrak{g}_1 + m_2 \mathfrak{g}_2 + \dots + m_n \mathfrak{g}_n) = F_1 + F_2 + \dots + F_n$$

yoki

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n \quad (6.1)$$

Shunday qilib, mexanik tizim impulsidan vaqt bo'yicha olingan hosila, tizimga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning geometrik yig'indisiga teng ekan.

Mexanik tizim yopik bo'lgani uchun

$$F_1 + F_2 + \dots + F_n = 0$$

Shunday qilib,

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt} (m_1 \mathfrak{g}_1 + m_2 \mathfrak{g}_2 + \dots + m_n \mathfrak{g}_n) = 0$$

yoki

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum_{i=1}^n \frac{d}{dt} (m_i \vec{\mathfrak{g}}_i) = 0,$$

ya'ni

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{\mathfrak{g}}_i = \text{const} \quad (6.2)$$

tenglik harakat miqdorining (impulsning) saqlanish qonunini ifodalaydi: Unga ko'ra yopiq mexanik tizimning impulsi vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi. Bu hulosalar klassik mexanika uchungina o'rinli bo'lib qolmay, balki tabiatning fundamental qonunlaridan biri hisoblanadi.

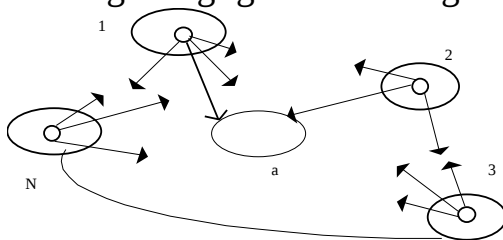
Jismlar harakati energiyasining bir butunligi. Energiya saqlanish qonunining umumfizikaviy ma'nosi.

Jismlar harakati energiyasining bir butunligi. Umumiy holda jism bir vaqtda ham kinetik energiyaga, ham potensial energiyaga ega bo'lishi mumkin. Bu energiyalarning yig'indisi to'la mexanik energiyani tashkil qiladi. Masalan, Er sirtidan h balandlikda Erga nisbatan $\mathfrak{g}$ tezlik bilan harakatlanayotgan M jism

$$W = \frac{m \mathfrak{g}^2}{2} + mgh \quad (6.3)$$

to'la energiyaga ega bo'ladi.

Potensial va kinetik energiyalar bir-birlariga aylanishi mumkin. M jismning tushish oxiridagi tezligi $\mathfrak{g} = \sqrt{2gh}$ ga tengligi uchun uning kinetik energiyasi



6.1-rasm

$$E = \frac{m g^2}{2} = \frac{m(\sqrt{2gh})^2}{2} = mgh \quad (6.4)$$

potensial energiyaga tenglashadi.

Shunday qilib, potensial energiya ekvivalent miqdordagi kinetik energiyaga aylanadi.

Agar sistema N ta jismdan tashkil topgan bo'lsa, to'la mexanik energiya butun sistemaning potentsial energiyasi bilan kinetik energiyasining yig'indisidan tashkil topadi:

$$W = U + E = U + \sum_{i=1}^n \frac{m_i g_i^2}{2} \quad (6.5)$$

Energiyaning saqlanish qonuni.

Energiyaning saqlanish qonuni tajribalardan olingan natijalarni umumlashtirish yo'li bilan chiqarilgan.

Aytaylik, yopiq tizim ichidagi moddiy nuqta massalari $m_1, m_2, \dots, m_n$ tezliklari $\vartheta_1, \vartheta_2, \dots, \vartheta_n$ bo'lsin. Jismlarga ta'sir etuvchi konservativ kuchlar $F'_1, F'_2, \dots, F'_n$ va teng, ta'sir etuvchi tashqi kuchlar $F_1, F_2, \dots, F_n$ bo'lsin. $\vartheta \ll c$ bo'lgan holda moddiy nuqta massalari doimiy bo'ladi. Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra

$$\begin{aligned} m_1 \frac{d\vartheta_1}{dt} &= F'_1 + F_1, \\ m_2 \frac{d\vartheta_2}{dt} &= F'_2 + F_2, \\ &\dots\dots\dots, \\ m_n \frac{d\vartheta_n}{dt} &= F'_n + F_n. \end{aligned} \quad (6.6)$$

Tizimning moddiy nuqtalari dt vaqt oralig'ida $dx_1, dx_2, \dots, dx_n$ masofalarga siljisin. 6.6 tenglamalar tizimini xar ikki tomonini $dx_1, dx_2, \dots, dx_n$ ga ko'paytirib va $dx_1 = \vartheta_1 \cdot dt$ ekanligini hisobga olib quyidagini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} m_1 (\vartheta_1 d\vartheta_1) - (F'_1 + F_1) dx_1 &= 0 \\ m_2 (\vartheta_2 d\vartheta_2) - (F'_2 + F_2) dx_2 &= 0 \\ &\dots\dots\dots \\ m_n (\vartheta_n d\vartheta_n) - (F'_n + F_n) dx_n &= 0 \end{aligned}$$

Bu tenglamalar tizimini qo'shib va tizim yopiqligini hisobga olib, ya'ni $F_1 + F_2 + \dots + F_n = 0$

$$\sum_{i=1}^n m_i \vartheta_i d\vartheta_i - \sum_{i=1}^n F'_i \cdot dx_i = 0 \quad (6.7)$$

ni hosil qilamiz.

(6.7) – tenglikdagi ikki ayiriluvchilardan birinchisi

$$\sum_{i=1}^n m_i \vartheta_i d\vartheta_i = \sum_{i=1}^n d\left(\frac{m_i \vartheta_i^2}{2}\right) = dE_k \quad (6.8)$$

ya'ni yopiq tizim kinetik energiyasi o'zgarishini belgilaydi, va ikkinchisi esa

$$\sum_{i=1}^n F_i \cdot dx_i = dE_p \quad (6.9)$$

tenglik tizim ichki konservativ kuchlari bajargan ish - potensial energiyaning o'zgarishini ifodalaydi. Demak, butun tizim uchun $dE_k + dE_r = 0$ bo'lishi kerak. Yopiq tizimning to'liq mexanik energiyasi esa o'zgarmas kattalikka teng bo'ladi.

$$W = E_k + E_r = \text{const} \quad (6.10)$$

Ushbu tenglik yopiq tizim uchun mexanik energiyaning saqlanish qonunini ifodalaydi. Bu tenglikka ko'ra yopiq tizimdagi jismlarning o'zaro ta'sir kuchlari konservativ kuchlardan iborat bo'lsa, tizimning mexanik energiyasi vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi. Yopiq tizimdagi jismlarning o'zaro ta'siri konservativ kuchlardan iborat bo'lsa, tizimning mexanik energiyasi boshqa turdagi energiyaga aylanmaydi. Bunday tizimga yopiq konservativ tizim deyiladi. Dissipativ tizimda tizimning mexanik energiyasi asta - sekin kamayib boshqa turdagi energiyaga aylanadi. Tabiatda hamma tizim dissipativ bo'ladi.

Shunday qilib, energiya yo'qolmaydi va yangidan paydo bo'lmaydi, u faqat bir turdan ikkinchi turga o'tib turadi. Bu qonuniyat materiyaning doimo harakatda ekanligini va hech qachon yo'qolmasligini ifodalaydi.

Oralarida faqat konservativ kuchlar ta'sir ko'rsataётgan N jismdan tashkil topgan sistemani qarab chiqaylik (7.6-rasm). Faraz qilaylik, 1 jism ixtieriy traektoriya bo'ylab a holatga ko'chsin. Bunda 1 jismga sistemaning boshqa jismlari tomonidan ta'sir etuvchi kuchlar 1 jismning ko'chish yo'liga bog'lik bo'lmagan va faqat jismning qolgan barcha jismlarga nisbatan boshlang'ich va so'nggi holatlariga bog'lik bo'lgan ishni bajaradi. Xuddi shunga o'xshash barcha N jismlar yangi holatlarga ko'chgan vaqtda sistemada ta'sir ko'rsatuvchi konservativ kuchlar bajargan ish faqat jismlarning bir-birlariga nisbatan boshlang'ich va so'nggi holatlariga bog'lik bo'ladi. Demak, jismlarning xar bir o'zaro vaziyatiga (xar bir holatga) U potensial energiyaning ma'lum qiymatini ko'rsatish va bir holatdan boshqa holatga o'tgan vaqtda konservativ kuchlar bajargan ishini U ning shu holatlarga mos kiymatlarining ayirmasi sifatida qarash mumkin.

$$A_{12} = U_1 - U_2 \quad (6.11)$$

Sistemaning jismlariga ichki konservativ kuchlardan tashqari, tashqi kuchlar ham ta'sir ko'rsatadi deb faraz qilaylik. i - jismga qo'yilgan barcha kuchlar bajargan ishni ichki kuchlar bajargan (A_{12}) ish va berilgan jismga ta'sir etuvchi tashqi kuchlar A_i' ishining yig'indisi sifatida tasavvur qilish mumkin. Biz bilamizki, to'la ish jism kinetik energiyasini ortishiga sarf bo'ladi. Demak,

$$(A_{12})_i + A_i' = (E_2)_i - (E_1)_i \quad (6.12)$$

(6.12) ifodaning butun jismlar bo'yicha yig'indisini olsak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\sum (A_{12})_i + \sum A_i' = \sum (E_2)_i - \sum (E_1)_i \quad (6.13)$$

(6.13) ifodadagi yig'indilarning birinchisi sistema boshlang'ich (birinchi) holatidan sunggi (ikkinchi) holatiga o'tgan vaqtda konservativ kuchlarning jismlar ustida bajargan ishidan iborat. (7.11) ga binoan bu ish potensial energiyaning jarayon boshidagi va oxiridagi qiymatlari ayirmasi ko'rinishida yozilishi mumkin:

$$\sum (A_{12})_i = U_1 - U_2.$$

(6.13) ifodaning chap tomonidagi ikkinchi yig'indi tashqi kuchlar tomonidan sistema jismlari ustida bajarilgan to'la ishdan iborat. Uni A' bilan belgilaymiz.

(6.43) ning o'ng tomoni $E_2 - E_1$ ga, ya'ni sistema to'liq kinetik energiyasining jarayon boshidagi va oxiridagi qiymatlari ayirmasiga teng ekanligi ravshan.

Shunday qilib, (6.13) formulani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin ekan:

$$U_1 - U_2 + A' = E_2 - E_1$$

Formuladagi hadlarni tegishli ravishda gruppalab quyidagini topamiz:

$$(E_2 + U_2) - (E_1 + U_1) = A'$$

Nihoyat, sistema to'la energiyasi $W = E + U$ belgisini kiritsak, quyidagi munosabatni topamiz:

$$\Delta W = W_2 - W_1 = A'. \quad (6.14)$$

Shunday qilib, oralarida konservativ kuchlar ta'sir etayotgan jismlar sistemasi to'la energiyasining orttirmasi sistema jismlariga qo'yilgan tashqi kuchlarning bajargan ishiga teng ekan.

Agar sistema yopik bo'lsa, u vaqtda (6.14) ga binoan $\Delta W=0$, bundan:

$$W = \text{const} \quad (6.15)$$

degan xulosa chiqadi.

(6.15) formula mexanikaning asosiy qonunlaridan biri-energiyaning saqlanish qonuni aks ettiradi.

Mexanikada bu qonun quyidagicha ta'riflanadi: oralarida faqat konservativ kuchlar ta'sir etayotgan jismlar yopik sistemasining to'la mexanik energiyasi o'zgarmaydi.

Agar yopik sistemaga konservativ kuchlardan tashqari nokonservativ kuchlar, masalan, ishqalanish kuchlari, ta'sir ko'rsataetgan bo'lsa, u vaqtda sistemaning to'la mexanik energiyasi saqlanmaydi. Nokonservativ kuchlarini tashqi kuchlar deb qarab quyidagini yozish mumkin:

$$W_2 - W_1 = A_{nk} \quad (6.16)$$

bu yerda A_{nk} - nokonservativ kuchlar bajargan ish. Shuning uchun yopik sistemada ishqalanish kuchlari bo'lsa, vaqt o'tishi bilan to'la mexanik energiya kamaya boradi. Nokonservativ kuchlarining ta'sirida mexanik energiya boshqa nomexanik turdagi energiyalarga aylanadi. Bunday hollarda umumiyroq bo'lgan saqlanish qonuni bajariladi. Istalgan tashqi ta'sirlardan himoyalangan sistemada energiyaning barcha turlarining (nomexanik turlarning ham) yig'indisi o'zgarmaydi.

Imuls momentining saqlanish qonuni.

Ilgarilanma harakatda jism massasi qanday rol o'ynasa, aylanma harakatda inersiya momenti jism inertligini ifodalaydi va jism massasi vazifasida keladi. Bu ikki kattalik (J va m) o'rtasidagi farq shundan iboratki, aylanma harakatda bo'lgan jism turlicha aylanish o'qlariga ega bo'lishi va turlicha qiymatlar qabul qilishi mumkin. Agar jismni aylantiruvchi kuch momenti va inersiya momenti o'zgarmas

kattalikka teng bo'lsa, shuningdek, jism burchak tezligi t vaqt ichida ω_0 dan ω gacha o'zgarsa, 7.16-tenglikni:

$$M = J \frac{\omega - \omega_0}{t} \quad \text{yoki} \quad Mt = J\omega - J\omega_0 \quad (6.17)$$

kabi yozamiz. (6.17) tenglikda Mt -kuch momenti impulsi, $J\omega$ -harakat miqdor momenti. (6.17) ga ko'ra vaqt birligi ichida kuch momenti impulsining o'zgarishi harakat miqdor momentining o'zgarishiga teng ekan.

Yopiq tizim ichidagi aylanma harakatdagi jismlar uchun ($M = 0$) harakat miqdor momentining saqlanish qonunining ifodasi:

$$J_1\omega_1 + J_2\omega_2 + \dots + J_n\omega_n = \text{const} \quad (6.18)$$

6.18-tenglikka ko'ra yopiq tizimdagi jismlarning harakat miqdor momentlarining yig'indisi o'zgarmas miqdorga teng. Agar yopiq tizim bitta jismdan iborat bo'lsa, 6.18 - tenglik:

$$J\omega = \text{const} \quad (6.19)$$

ko'rinishda bo'ladi. 7.19-tenglikdan jismning inersiya momenti o'zgarsa, uning burchak tezligi ham o'zgarishi kelib chiqadi. Masalan, J ko'paysa ω ozayadi va aksincha. Bunday holni Jukovskiy o'rindiqida (skamyasida) namoyish qilish mumkin. Odam qo'lini yozib o'rindiq (skamya) bilan birga aylanadi va tezda tushiradi. Bunday holda odamni inersiya momenti (J) kamayib burchak tezligi (ω) ortadi. Shuningdek, harakat miqdor momentining saqlanish qonunini "giroskop" deb ataluvchi asboblarda kuzatish mumkin.

Energiya, impuls va impuls momentining saqlanish qonuni – fazo va vaqt simmetriyasining natijasi.

Fazo va vaqtning simmetriyasi deganimizda vaqtning bir jinsliliigi, fazoning esa bir jinsliliigi va uning izotropligi tushuniladi. Bu tushunchalar kiritilishi bilan vaqtning bir jinsliliigi, fazoning esa bir jinsliliigi va izotropligini qanday tasavvur qilish mumkin, degan savolning tug'ilishi tabiiydir.

Vaqtning bir jinsliliigi – o'tayotgan vaqtning turli paytlari bir-biridan farq qilmaydi demakdir. Shu boisdan, ko'pincha, vaqtning barcha paytlari o'zaro muqobil, ya'ni ular teng xuquqli degan ibora qo'llaniladi.

Misol: ba'zi bir tajriba natijalari biror vaqt o'tgandan keyin qayta tekshirilib ko'riladi va ko'pincha bir hil natija olinadi. Demak, vaqtning bir jinsliliigi turli paytlarda o'tkazilgan tajriba natijalarini taqqoslab ko'rishga imkon beradi.

Fazoning bir jinsliliigi deganimizda uning barcha nuqtalari bir-biriga muqobil ekanligi tushiniladi, ya'ni fazoning hamma nuqtalarining fizik xususiyatlari bir hil. Amaliy jixatdan fazoning bir jinsliliigi shunda namoyon bo'ladiki, jismlarning o'zaro joylashishlari va tezliklarini o'zgartirmasdan berk tizimni bir joydan ikkinchi joyga ko'chirsak, uning xususiyatlari va harakat qonunlari o'zgarmaydi: avvalgi joyida sodir bo'ladigan hodisa bir hil sharoit yaratilganda fazoning ikkinchi joyida ham o'zgarishsiz takrorlanadi. Bu natija fazoning barcha nuqtalarining xususiyatlari bir xil ekanligining isboti, ya'ni fazoning bir jinsliliigini namoyon bo'lishi demakdir.

Fazoning izotropligi shuni bildiradiki, undagi ixtiyoriy nuqtaga nisbatan olingan barcha yo'nalishlarning xususiyatlari bir-biridan farq qilmaydi, ya'ni fazoda qaysi yo'nalishni olib qaramaylik, ular bir-biriga muqobil. Mazkur muqobillik shunda nomoyon bo'ladiki, bir hil sharoit yaratilganda jismlardan tashkil topgan berk tizimni (tadqiqot qurilmalarini, o'lchash asboblari, laboratoriyani va boshqalarni) istalgan burchakka burilsa, bu burish barcha kelgusi hodisalarining borishiga ta'sir etmaydi.

a) Energiyaning saqlanish qonuni – vaqt bir jinsliliği natijasi.

Vaqtning bir jinsliliği, fazoning bir jinsliliği va izotropligini bilib olganimizdan so'ng mexanikada energiya saqlanish qonunini isbot qilishga kirishamiz. Ma'lumki, mexanik sistema ustida bajarilgan ish kinetik energiyaning orttirmasiga teng, ya'ni

$$A_{12} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = E_2 - E_1 \quad (6.20)$$

Navbatdagi mulohaza faqat bitta moddiy nuqtaga tegishli bo'lib, moddiy nuqtalar tizimi uchun ham shunday yo'l to'g'ri bo'ladi. Potensial funktsiya u ning o'zi koordinatagagina emas, balki vaqtga ham bog'liq $u=u(x,y,z,t)$. Potensial maydonda moddiy nuqtani ko'chirishda bajarilgan ish quyidagi integral ko'rinishda ifodalanadi:

$$A_{12} = - \int \left(\frac{\partial u}{\partial x} dx + \frac{\partial u}{\partial y} dy + \frac{\partial u}{\partial z} dz \right)$$

bunga $\frac{\partial u}{\partial t} dt$ ni qo'shib va ayirib bajarilgan ishni topamiz:

$$A_{12} = - \int du + \int \frac{\partial u}{\partial t} dt$$

Integrallashdan so'ng

$$A_{12} = u_1 - u_2 + \int \frac{\partial u}{\partial t} dt \quad (6.21)$$

ifodani hosil qilamiz. 6.20 va 6.21 dan

$$E_2 - E_1 = u_1 - u_2 + \int \frac{\partial u}{\partial t} dt$$

yoki

$$(E_2 + u_2) - (E_1 + u_1) = \int \frac{\partial u}{\partial t} dt \quad (6.22)$$

Biz bu xulosalarda vaqtning bir jinsliliği xossasidan va sistemaning berk tizimliliği shartidan foydalanmadik, Shuning uchun bu muloxazalar berk bo'lmagan tizimlar uchun ham o'rinlidir.

Faraz qilaylik, tizim berk tizim bo'lsin, unda vaqtning bir jinsliliği uchun U funktsiya vaqtga oshkor bog'liq bo'lmaydi, ya'ni $\frac{\partial u}{\partial t} = 0$.

Natijada

$$E_1 + u_1 = E_2 + u_2 \quad (6.23)$$

Bu tenglama mexanikada energiya saqlanish qonunini ifodalaydi.

Bu qonunning asosida vaqtning bir jinsliligi yotadi. Chunki ana shu xususiyat tufayli berk tizimdagi jarayonlarni sodir bo'lish qonuniyati bu jarayonlarni vaqt bo'yicha boshqa paytga ko'chirilganda ham o'zgarmaydi.

b) *Impuls saqlanish qonuni – fazo bir jinsliligi natijasi*

Endi impulsning saqlanish qonunini isbotlaymiz. Faraz qilaylik, berk mexanik tizim berilgan bo'lsin. Tizimga ta'sir qiluvchi kuchlar $F_1, F_2, F_3, \dots$ ichki kuchlardan iborat bo'lsin.

Tizimni 1 ixtiyoriy holatdan boshqa bir 2 ixtiyoriy holatga o'tkazamiz. Unda tizimni tashkil qilgan barcha moddiy nuqtalar bir hil masofaga siljisin va ularning tezliklari yo'nalish va miqdor jixatidan o'zgarmay qolsin. Fazoning bir jinsligi sababli bunday siljishda ish bajarilmaydi: $(F_1 + F_2 + F_3) r = 0$. Demak, bu ish r ko'chish qanday bo'lishidan qat'iy nazar nolga teng bo'ladi. Bundan berk tizim uchun $F_1 + F_2 + \dots = 0$ ekanligi kelib chiqadi. Bu xulosa Nyutonning II –qonunidan kelib chiqadigan impuls saqlanish qonunini ifodalaydi, ya'ni

$$dr = 0 \text{ yoki } R = \text{const} \quad (6.24)$$

Demak, impulsning saqlanish qonuni fazoning bir jinsligi natijasidir, chunki fazoning ana shu xususiyati tufayli berk tizim bir butun holda ko'chirilganda ham uning impulsi o'zgarishsiz saqlanadi.

v) *Impuls momentining saqlanish qonuni bilan fazoning izotropligi orasidagi og'lanish.*

Impuls momentining saqlanish qonuni ham berk tizim uchun xuddi impulsning saqlanish qonuni kabi isbotlanadi. Fazoning izotropligidan foydalanib tizimga ta'sir qiluvchi ichki kuch momentlarining geometrik yig'indisi nolga teng ekanligini isbotlash mumkin:

$$M_1 + M_2 + \dots = 0 \quad (6.25)$$

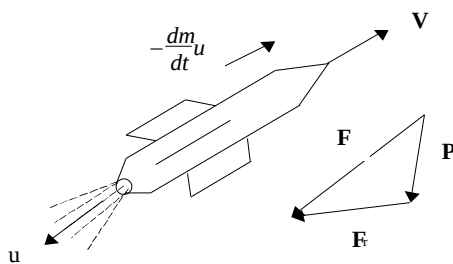
Bundan to'g'ridan-to'g'ri

$$dL = 0 \text{ yoki } L = \text{const} \quad (6.26)$$

ekanligi kelib chiqadi. Bundan ko'rinadiki, berk tizim impuls momentining saqlanish qonuni fazoning izotropligi natijasidir. Chunki fazoning ana shu xususiyatiga ko'ra berk tizim butun holatda biror burchakka burilganda berk tizimning impuls momenti o'zgarmaydi.

1. O'zgaruvchan massali jismlarning harakati. Reaktiv harakat. O'zgaruvchan massali jism deganimizda klassik mexanika qonunlariga bo'ysunib, o'zining harakati davomida massasi o'zgaradigan, ya'ni massasi kamayishi yoki ortishi mumkin bo'lgan jism tushuniladi. Masalan, yoz kunlari ko'chaga mashinalarda suv sepilishi, raketalar va reaktiv samolyotlarda yonilg'i yonishi natijasida ularning massasi kamayadi. Erga har-xil meteoritlarning tushishi natijasida Erning massasi ortadi va hakozi. Ammo bunda tezlik ortishi bilan massa o'zgarmaydi deb hisoblaymiz. Bu hollar uchun Nyutonning ikkinchi qonunini umumiy ko'rinishda ifodalasak,

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d(m\vec{g})}{dt} = \vec{g} \frac{dm}{dt} + m \frac{d\vec{g}}{dt} = \vec{g} \frac{dm}{dt} + m\vec{a} \quad (6.27)$$



6.2-rasm

bo'ladi. (6.27) formuladan ko'rinadiki, massasi o'zgarishi bilan tezlik kattaligi ham o'zgaradi, umumiy holda kuch yo'nalishi bilan mos tushmaydi va tezlikning kuchga to'g'ri proportsianalligi saqlanmaydi. Agar kuch yo'nalishi tezlik yo'nalishi bilan bir yo'nalishda yoki kuch tezlikka tik holatda yo'nalsa, tezlanish bilan kuch bir yo'nalishda bo'ladi.

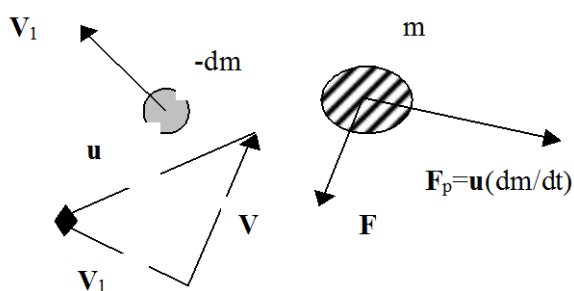
Biz yuqorida Nyutonning ikkinchi qonunidan foydalanib, o'zgaruvchan massali jismga ta'sir etuvchi kuch ifodasini keltirdik. Endi impulsning o'zgarishidan foydalanib, o'zgaruvchan massali jism harakatini qarab chiqaylik. Buning uchun vaqt o'tishi bilan massasi o'zgaruvchi raketa harakati bilan tanishib chiqamiz. Harakat davomida raketaning massa markazi o'zgarmaydi.

Raketada yongan yonilgidan hosil bo'lgan gaz massasi raketadan chiqish (ajralish) vaqtidagina u bilan tasirlashadi. Gaz uzluksiz chiqib turganligi uchun raketaning massasi ham uzluksiz kamayib turadi (6.2-rasm). Raketaga tasir etuvchi tashqi F kuch raketa og'irligi P bilan muxitning qarshilik Fk kuchlarning yig'idisiga teng.

Raketaning t vaqtdagi massasi m, uning shu vaqtdagi tezligi ϑ bo'lsin. Bu vaqt raketaning impulsi $p_1 = m\vartheta$ bo'ladi. dt vaqtda raketadan gaz massasi v1 tezlik bilan ajralib chiqsin (6.3-rasm). t + dt vaqtda harakat davomida sistema (raketa + gaz) ning impulsi

$$p_2 = [m - (-dm)] \cdot (\vartheta + d\vartheta) + (-dm) \cdot \vartheta_1$$

ga teng bo'ladi.



6.3-rasm

Impulsning o'zgarishi natijasida sistemaga tashqi kuchlar (og'irlik va muxitning qarshilik kuchi) impulsi ta'sir etadi, ya'ni

$$\Delta p = p_2 - p_1 = [(m + dm)] \cdot (\vartheta + d\vartheta) - \vartheta_1 dm - m\vartheta = Fdt.$$

Qavsni ochib chiqib, dv dm ni juda kichik bo'lgani uchun tashlab yuborib, hosil bo'lgan ifodani dt ga bo'lib yuborganimizda quydagi tenglik hosil bo'ladi:

$$\frac{d\vec{\vartheta}}{dt} - \vec{\vartheta}_1 \frac{dm}{dt} + \vec{\vartheta} \frac{dm}{dt} = \vec{F}$$

bundan

$$m \frac{d\vec{g}}{dt} = m\vec{a} = \vec{F} + (\vec{g}_1 - \vec{g}) \frac{dm}{dt} = \vec{F} + \vec{u} \frac{dm}{dt} \quad (6.28)$$

bu o'zgaruvchan massali jismning harakat tenglamasini ifodalaydi. Bu Mesherskiy tenglamasi deyiladi. $\vec{g}_1 - \vec{g} = u$ raketa bilan harakatlanuvchi sanoq sistemasiga nisbatan chiqayotgan gazning tezligi bo'lib, u nisbiy tezlik deyiladi.

(6.28) da $\frac{dm}{dt} = 0$ bo'lsa, bu tenglik o'zgarmas massali jism uchun Nyutonning ikkinchi qonuni ifodasiga o'tadi.

(6.28) tenglikning o'ng tomonidagi ikkinchi qo'shiluvchi $u \frac{dm}{dt} = F_r$ ajralib chiqayotgan gaz massasi dm tomonidan m massaga ta'sir etuvchi reaktiv kuchdir. Uni e'tiborga olsak, (6.28) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$m \frac{d\vec{g}}{dt} = \vec{F} + \vec{F}_p \quad (6.29)$$

Bu tenglamani umumiy holda echish ancha murakkab, chunki reaktiv kuchni hisoblash qiyin. Shuning uchun havosiz muhitda, ya'ni tashqi kuchlar mavjud bo'lmaganda jism harakatini o'rganishga Mesherskiy tenglamasini qo'llaylik. Tashqi kuch nol bo'lgani uchun (6.29) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$m \frac{d\vec{g}}{dt} = -\vec{u} \frac{dm}{dt} \quad \text{yoki} \quad d\vec{g} = -\vec{u} \frac{dm}{m} \quad (6.30)$$

"-" ishorasi harakatlar qarama - qarshi ekanligini ko'rsatadi va bunda $u = |u|$ desak, (6.30) quyidagi ko'rinishga keladi:

$$dg = -u \frac{dm}{m},$$

Bu ifodani integrallasak,

$$g = -u \ln m + C. \quad (6.31)$$

Integrallash doimiysini aniqlash uchun quyidagicha boshlang'ich shart qo'yaylik, ya'ni $t = 0$ da $m = m_0$ va $g = 0$ bo'lsin. U vaqtda $C = u \ln m_0$ bo'ladi. Buni (6.31) ga qo'ysak,

$$g = -u \ln m + u \ln m_0 = u \ln (m_0/m)$$

yoki

$$\frac{m_0}{m} = e^{\frac{g}{u}} \quad (6.32)$$

Bu munosabatni Siolkovskiylar formulasi deyiladi.

Bu munosabatni klassik mexanika qonunlari asosida keltirib chiqardik va tadbiqini ko'rdik.

Siolkovskiylar formulasi raketaga ma'lum g tezlik berish uchun zarur bo'lgan yonilg'ich zapasini hisoblashga imkon beradi. Tezliklar nisbatining turli qiymatlari uchun boshlang'ich massa (m_0) ni oxirgi massa (m) ga nisbatini (8.6) formulada hisoblangan qiymatidan ko'rinadiki, raketalar katta tezlikka ega bo'lishi uchun raketa bilan yonmay (zapasda) turgan yonilg'ining m massasini kamaytirish kerak.

Shuning uchun ham o'z davrida Siolkovskiy taklif qilgan boskichli raketlardan hozirgi davrda kosmik kemalarni uchirishda keng foydalanilmoqda.

Jismga Er sirtidan $v_1=7,9$ km/s tezlik berilganda Erning sun'iy yo'ldoshi sifatida $v_2=11,2$ km/s tezlik berilganda Quyoshning sun'iy yo'ldoshi sifatida, Quyosh sistemasidan butunlay chiqarib yuborish uchun esa $v_3 = 42,2$ km/s tezlik berish kerak (Bu hisoblar maktab fizika darsligida to'la bayon etilgan).

Sharlarning elastik va noelastik urilishi.

1. Absolyut noelastik va elastik urilishlar. Urilish - fazoning kichik sohasida jismlarning qisqa vaqtli o'zaro ta'sirlashish jarayonidir. Masalan, diametrlari 10 sm dan bo'lgan ikki po'lat shar bir - biriga qarab 5 m/s tezlik bilan yaqinlashib to'qnashganda o'zaro ta'sir 0,0005 s chamasi davom etadi, holos. Lekin to'qnashish jarayonida sharlarning bir-biriga tegish sohasida nihoyat katta kuchlar namoyon bo'ladi. Xususan, yuqorida qayd qilingan misolda urilish chog'ida ta'sir etadigan kuchning miqdori 40000 N dan ortib ketadi. Urilish chog'ida jismlar deformatsiyalanadi. Natijada bir - biriga urilayotgan jismlar kinetik energiyalarining barchasi yoki bir qismi elastik deformatsiyaning potentsiyal energiyasiga va jismlarning ichki energiyasiga aylanishi mumkin. Ichki energiya ortishi jismlar temperaturasining ko'tarilishida namoyon bo'ladi. Urilishlarning ikki chegaraviy ko'rinishlari bilan tanishaylik.

a) Absolyut noelastik urilish. Loy, plastilin, qo'rg'oshin kabi moddalardan iborat jismlarning urilishi. Absolyut noelastik urilishning xarakterli hususiyatlari quyidagilar:

- 1) ilishda vujudga kelgan jismlar deformatsiyasi saqlanadi;
- 2) deformatsiya potensial energiyasi vujudga kelmaydi;
- 3) jismlar kinetik energiyalarining bir qismi jismlarning deformatsiyalanishiga sarf bo'ladi. Deformatsiya saqlanganligi tufayli energiyannig mazkur qismi kinetik energiya tarzida tiklanmaydi, balki jismlar ichki energiyasiga aylanadi. Odatda energiyani bu qismini deformatsiya ishi deb ataladi;

4) urilishdan so'ng jismlar umumiy tezlik bilan harakatlanadi yoki nisbiy tinch holatda bo'ladi.

Shuning uchun absolyut noelastik urilishda faqat impulsning saqlanish qonuni bajariladi. Mexanik energiya saqlanish qonuni bajarilmaydi.

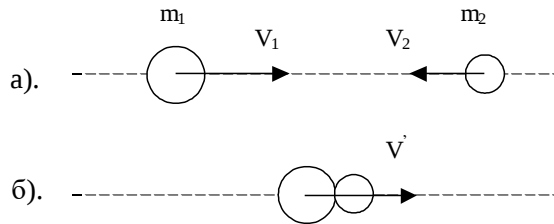
Masalan m_1 va m_2 bo'lgan sharlar $\mathcal{V}_1$ va $\mathcal{V}_2$ tezliklar bilan harakatlanib, absolyut noelastik to'qnashsin. $\mathcal{V}_1$ va $\mathcal{V}_2$ lar sharlarning markazlarini birlashtiruvchi tug'ri chiziq bo'ylab yo'nalgan. Urilishdan keyingi tezlikni V' bilan belgilab ikki shardan iborat berk sistema uchun impulsning saqlanish qonunini yozaylik :

$$m_1 \mathcal{V}_1 + m_2 \mathcal{V}_2 = (m_1 + m_2) V'$$

bundan

$$V' = \frac{m_1 \vec{\mathcal{V}}_1 + m_2 \vec{\mathcal{V}}_2}{m_1 + m_2} \quad (6.33)$$

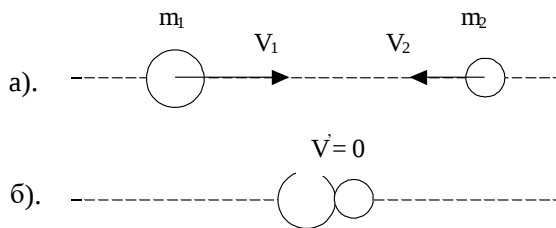
Mazkur ifoda asosida quyidagi hulosalarga kelimiz:



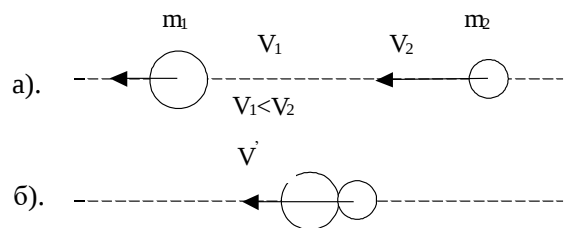
6.4-rasm

a) sharlar bir-biriga qarab harakatlansa (6.4-rasm), urilishdan so'ng ikkala sharning birgalikdagi harakatining yo'nalishi $/m_1\vartheta_1/$ va $/m_2\vartheta_2/$ larga bog'liq.

b) sharlar bir-biri tomon harakatlansa, lekin $/m_1\vartheta_1/ \neq /m_2\vartheta_2/$ bo'lsa (6.5-rasm), urilishdan so'ng sharlar mexanik harakatlarini davom ettirmaydi, ya'ni $V' = 0$;



6.5-rasm



6.6-rasm

v) sharlar bir tomonga harakatlansa (8.5-rasm), urilishdan so'ng ham ular o'sha tomon harakatlarini davom ettiradi.

Urilishgacha sharlar ega bo'lgan umumiy kinetik energiya $\frac{m_1\vartheta_1^2}{2} + \frac{m_2\vartheta_2^2}{2}$

va urilishdan keyingi umumiy kinetik energiyaning $\frac{m_1+m_2}{2}(V')^2$ farqi diformatsiya ishiga (A_D) teng:

$$A_D = \frac{m_1\vartheta_1^2}{2} + \frac{m_2\vartheta_2^2}{2} = \frac{m_1+m_2}{2}(V')^2 \quad (6.34)$$

Bundagi V' o'rniga uning qiymati (8.7) ni qo'ysak va bir qator matematik amallardan so'ng quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$A_D = \frac{m_1+m_2}{2(m_1+m_2)}(\vartheta_1+\vartheta_2)^2 \quad (6.35)$$

Agar to'qnashayotgan shismlardan biri qo'zg'almas bo'lsa, (8.9) ifoda yanada soddaroq ko'rinishga keladi. Masalan: $\vartheta_2 = 0$ deb olsak,

$$A_D = \frac{m_1m_2}{2(m_1+m_2)}(\vartheta_1)^2 = \frac{m_2}{m_1+m_2} \frac{m_1\vartheta_1^2}{2} \quad (6.36)$$

bo'ladi. Agar urilishgacha birinchi jismning kinetik energiyasi $\frac{m_1\vartheta_1^2}{2}$ ekanligini e'tiborga olsak, (8.10) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$A_D = \frac{m_2}{m_1+m_2} E_1 \quad (6.37)$$

Shuning uchun kattaroq deformatsiyalarni hosil qilish lozim bo'lgan hollarda (Masalan: temirchilikda) qo'zg'almas jism massasi (m_2) uruvchi jismning massasi (m_1) dan kattaroq bo'lgani qulayroqdir. Aksincha, mix yoki qoziq qoqishda bolg'aniing massasi (m_1) mix yoxud qoziqnikiidan kattaroq bo'lgani maouql.

b) Absolyut elastik urilish. Fil suyagi kabi moddalardan iborat jismlarning urilishi absolyut elastik urilishga ancha yaqin bo'ladi. Absolyut elastik urilishning xarakterli hususiyatlari quyidagilar:

1) urilish chog'ida jismlarning elastik deformatsiyanishi vujudga keladi, lekin urilishdan so'ng butunlay yo'qoladi, ya'ni jismlarning shakli tiklanadi;

2) jismlarning deformatsiyanishida kinetik energiya qisman (yoki to'liq) elastik deformatsiyaning potentsiyal energiyasiga aylanadi, jismlar o'z shakllarini tiklayotganda esa yana kinetik energiyaga aylanadi, kinetik energiya boshqa turdagi energiyalarga, xususan ichki energiyaga aylanmaydi;

3) urilishdan so'ng jismlar birgalikda harakatlanmaydi.

Absolyut elastik urilishda sistema impulsining saqlanish qonuni va sistema mexanik energiyasining saqlanish qonuni bajariladi. Mazkur qonunlar massalari m_1 va m_2 bo'lgan sharlarning markaziy urilishi uchun quyidagicha yoziladi:

$$m_1 g_1 + m_2 g_2 = m_1 V_{11} + m_2 V_{21}, \quad (6.38)$$

$$\frac{m_1 g_1^2}{2} + \frac{m_2 g_2^2}{2} = \frac{m_1 (V_1^1)^2}{2} + \frac{m_2 (V_2^1)^2}{2}. \quad (6.39)$$

Bu tenglamalardagi g_1 va g_2 sharlarning to'qnashishidan oldingi, V_1^1 va V_2^1 esa urilishdan keyingi tezliklari. (6.38) va (6.39) ni birgalikda yechib

$$V_1^1 = \frac{2m_2 g_2 \pm (m_1 - m_2) g_1}{m_1 + m_2}, \quad V_2^1 = \frac{2m_1 g_1 \pm (m_1 - m_2) g_2}{m_1 + m_2} \quad (6.40)$$

ifodalarni hosil qilamiz.

Ba'zi xususiy hollarni muhokama qilaylik.

1. Sharlardan biri tinch turgan bo'lsin, ya'ni $g_2 = 0$. U holda (6.40) ifodalar quyidagi ko'rinishga keladi:

$$V_1^1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g_1, \quad V_2^1 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} g_1 \quad (6.41)$$

Demak, urilishdan keyingi sharlar tezliklarining kattaliklari ular massalarini nisbatiga bog'lik bo'ladi. Agar sharlardan birining massasi ikkinchisiga nisbatan nihoyat katta, ya'ni $m_2 \gg m_1$ shart bajarilsa,

$$V_1^1 = -V_2^1, \quad V_2^1 = 0 \quad (6.42)$$

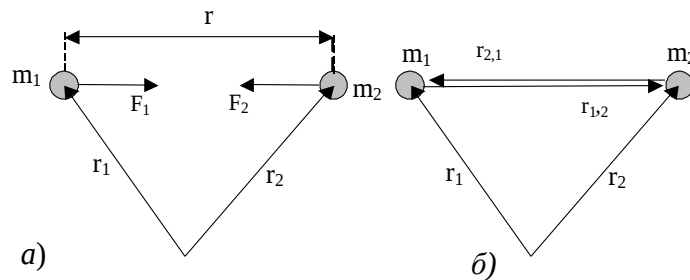
bo'ladi. Bunday hol elastik shar devorga (devorni massasi va radiusi nihoyat katta deb hisoblanadi) urilganda amalga oshishi mumkin. Shuning uchun devorga urilgan shar tezligining qiymati saqlanadi, yo'nalishi esa teskarisiga o'zgaradi. Boshqacha qilib aytganda, shar devordan elastik ravishda orqaga qaytib ketadi.

2. Massalari teng (ya'ni $m_1 = m_2$) bo'lgan sharlar bir - biri bilan to'qnashgan holda (6.41) ifodalar

$$V_1^1 = g_2, \quad V_2^1 = g_1$$

ko'rinishga keladi. Demak, sharlar tezliklarini ayriboshlaydi (almashtiradi).

Markaziy maydondagi harakat. Nyutonning butun olam tortishish qonuni. Maydon kuchlanganligi. Kepler qonunlari.



6.7-rasm

Jismlarning o‘zaro tortishini ifodalovchi qonun Nyuton tomonidan aniqlangan bo‘lib, u butun olam tortishish qonuni (Ba‘zan gravitatsion qonuni) deb yuritiladi: ixtiyoriy ikki moddiy nuqta (ular joylashgan muhitdan qat’iy nazar) massalarining ko‘paytmasiga to‘g‘ri proporsional va ular orasidagi masofaning kvadratiga teskari proporsional bo‘lgan F_1 va F_2 kuchlar bilan bir-birini tortishadi (6.7a-rasm), ya’ni

$$F_{1,2} = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \frac{\vec{r}_{12}}{r}, \quad (6.43)$$

bunda $F_{1,2}$ - birinchi moddiy nuqtaning ikkinchi moddiy nuqtaga tortishish kuchi, γ - gravitatsion doimiy, m_1 va m_2 - mos ravishda birinchi va ikkinchi moddiy nuqtalarning massalari, r - moddiy nuqtalar orasidagi masofa,

$r_{1,2} = r_2 - r_1$ esa birinchi moddiy nuqtadan ikkinchi moddiy nuqtaga yo‘nalgan vektor. (6.43) da r_{12} vektorni ikkinchi moddiy nuqtadan birinchi moddiy nuqtaga yo‘nalgan $r_{2,1} = r_1 - r_2$ vektor bilan almashtirsak (6.7 b- rasm), ikkinchi moddiy nuqtaga ta’sir etuvchi

$$F_{2,1} = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \frac{\vec{r}_{21}}{r}, \quad (6.44)$$

kuchni hosil qilamiz, $r_{1,2} = -r_{2,1}$ bo‘lganligi uchun $F_{1,2} = -F_{2,1}$. Agar (6.43) yoki (6.44) ifodalarda $m_1 = m_2 = 1\text{ kg}$ va $r = 1\text{ m}$ deb olsak, $\gamma = |F_{1,2}| = |F_{2,1}|$ bo‘ladi. Demak, gravitatsion doimiyning qiymati massalari 1 kg dan bo‘lgan ikki moddiy nuqta orasidagi masofa 1m bo‘lgan taqdirda ular orasidagi o‘zaro tortishish kuchining miqdoriga teng. Gravitatsion doimiyini 1798 yilda Kavendish burama tarozi yordamida o‘lchagan. Uning hozirgi vaqtdagi o‘lchashlar asosida topilgan qiymati quyidagicha:

$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}.$$

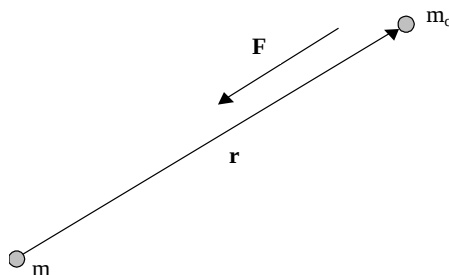
Agar o‘zaro ta’sirlashuvchi jismlarni moddiy nuqta deb hisoblash mumkin bo‘lmasa, bu jismlar hayolan elementar bo‘lakchalari orasidagi tortishish kuchlarining yig‘indisi hisoblanadi. Lekin sharsimon jismlar uchun (6.43), (6.44) ifodalarni qo‘llash mumkin, bunda jism massalari ularning geometrik markazida mujassamlashgan deb hisoblash va r o‘rniga sharlarning markazlari orasidagi masofani qo‘yish lozim.

Gravitatsion o‘zaro ta’sirning xarakterli hususiyatlaridan biri shundaki, u jismlar vakuumda joylashgan holda ham sodir bo‘laveradi. Buning sababini zamonaviy tushunchalar asosida quyidagicha talqin qilinadi. Bir-biriga tegib turmaydigan (ya’ni biror masofa uzoqlikda joylashgan) jismlarning xar qanday o‘zaro ta’sirlashishi o‘zgacha hususiyatli vositachi-maydon orqali sodir bo‘ladi. Umuman, maydon deganda biror kuch ta’siri seziladigan fazo sohasi tushuniladi. Gravitatsion kuchlar ta’siri seziladigan fazo sohasi esa gravitatsion maydon yohud tortishish maydoni deb ataladi.

Har qanday jism atrofida gravitatsion maydon vujudga keladi. Bu maydonning ixtiyoriy nuqtasiga kiritilgan jismlarga maydonni vujudga keltirgan jism tomon yo‘nalgan kuch ta’sir etadi. Ana shu ta’sirlarga asoslanib gravitatsion maydon hossalari haqida fikr yuritiladi. Maydonni tekshirishda qo‘llaniladigan jismlarni "sinov jismlar" deb ataylik. "Sinov jism"larni tanlashda quyidagi ikki shartga amal qilamiz:

1) "Sinov jism"ning o‘lchami nihoyat kichik (ya’ni nuqtaviy) bo‘lsin, chunki uning yordamida maydon nuqtalarining hossalari tekshiriladi;

2) "Sinov jism"ning massasi mumkin qadar kichik bo‘lishi lozim, chunki uni maydonning biror nuqtasiga kiritilganda maydon sezilarli darajada buzilmasin.



6.8-rasm

Gravitatsion maydonni xarakterlovchi asosiy kattaliklardan biri -maydon kuchlanganligi bilan tanishaylik.

Massasi m bo‘lgan jism maydonining ixtiyoriy tanlab olingan nuqtasiga massasi m_0 bo‘lgan "sinov jism"ni kiritaylik (6.8-rasm). m jism joylashgan nuqtani koordinata boshi sifatida qabul qilsak, "sinov jism" joylashgan nuqtaning radius vektori r bo‘ladi. "Sinov jism"ga ta’sir etadigan kuch maydonni vujudga keltiruvchi jism tomon yo‘nalgan, ya’ni r ga teskari yo‘nalgan bo‘lib, u (6.43, 6.44) ga asosan quyidagicha yoziladi:

$$F_c = -\gamma \frac{mm_c}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad (6.45)$$

bundagi $(-)$ ishora F va r larning yo‘nalishlari qarama-qarshi ekanligini hisobga oladi. (6.45) dan ko‘rinishicha, "sinov jism" ga ta’sir etadigan kuchning miqdori m ga bog‘liq. Shuning uchun gravitatsion maydon ixtiyoriy nuqtasining kuchlanganligi sifatida maydonning muayyan nuqtasiga kiritilgan birlik massali "sinov jism" ga ta’sir etadigan kuch bilan xarakterlanuvchi kattalik qabul qilinadi va uni G harfi bilan belgilanadi:

$$G = \frac{\vec{F}_c}{m_c} = -\gamma \frac{m}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad (6.46)$$

Gravitatsion maydon kuchlanganligining yoʻnalishi ham huddi "sinov jism" ga taʼsir etadigan kuchnikidek maydonni vujudga keltiruvchi jism tomon yoʻnalgan. Oʻlchov birligi esa tezlanishning oʻlchov birligi bilan bir hil va xalqaro birliklar tizimi (SI) da m/c^2 boʻladi.

Gravitatsion maydonni grafik tasvirlash uchun kuchlanganlik chiziqlari (yohud kuch chiziqlari)dan foydalaniladi. Kuchlanganlik chiziqlari quyidagi ikki shartga rioya qilingan holda oʻtkaziladi:

1) kuchlanganlik chizigʻining xar bir nuqtasiga oʻtkazilgan urinma va maydonning muayyan nuqtasidagi kuchlanganlik vektori (6.8-rasm) ustma-ust tushishlari lozim;

2) kuchlanganlik chiziqlarining yoʻnalishiga tik qilib joylashtirilgan birlik yuzlar orqali oʻtayotgan chiziqlar soni maydonning shu sohalaridagi kuchlanganlikka proporsional boʻlishi lozim, yaʼni maydon kuchlanganligi kattaroq boʻlgan sohalarida kuchlanganlik chiziqlari zichroq boʻlishi lozim.

Bu shartlarga asoslanganda izolyatsiyalangan moddiy nuqta gravitatsion maydonining kuchlanganlik chiziqlari nuqta tomon yoʻnalgan radial toʻgʻri chiziqlardan iborat boʻladi. Shuningdek sferik shakldagi izolyatsiyalangan jism gravitatsion maydonining kuchlanganlik chiziqlari ham radial toʻgʻri chiziqlar boʻladi. (8.8-rasm). Bu rasmlarda tasvirlangan maydonlarni, yaʼni xar bir nuqtasining kuchlanganlik vektori radius boʻylab maydon markazi tomon yoʻnalgan maydonlarni markaziy maydonlar deb ataladi.

Lekin aksariyat hollarda biror jism gravitatsion maydonini tekshirilayotganda uning atrofida jismalar maydonlarini ham etiborga olish lozim boʻladi.

Nyutonning butun olam tortishish qonunini kashf qilinishiga planetalar harakatining Kepler tomonidan ochilgan uchta qonun asos boʻldi:

1. Barcha planetalar berk traektoriya, yaʼni ellips boʻyicha harakatlanadi, uning fokuslaridan birida Quyosh joylashgan.

2. Planetalarning radius vektorlari teng vaqtlar ichida teng yuzalar chizadi.

3. Planetaning Quyosh atrofida aylanish davrining kvadratlari nisbatlari ular orbitalarining katta yarim oʻqlari kublarining nisbatlariga teng.

Keplerning birinchi qonuni planetalar markaziy kuchlar maydonida harakatlanishini koʻrsatadi. Xaqiqatdan ham, biz jismning markaziy kuch maydonidagi traektoriyasi yassi tekislikda fokusi kuchlar markazi bilan ustma - ust tushuvchi giperboladan, paraboladan yoki ellipsdan iborat ekanligiga ishonch hosil qilishimiz mumkin.

Soddalashtirish uchun orbitalar ellips emas, aylanadan iborat (shunday faraz qilish mumkin, chunki hamma planetalarning orbitalari aylanadan kam farq qiladi) deb olib, planetaning harakat tezlanishini quyidagi koʻrinishda yozish mumkin:

$$a_n = \vartheta^2/r, \quad (6.47)$$

bu yerda ϑ - planetaning harakat tezligi, r - orbitaning radiusi, ϑ ni $2\pi/T$ bilan almashtiraylik (T - planetaning quyosh atrofida aylanish davri):

$$a_n = 4\pi^2 r / T^2. \quad (6.48)$$

So‘ngi ifodaga asosan planetalarga Quyosh tomonidan ko‘rsatilgan tasir kuchlarining nisbati quydagicha yoziladi:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{m_1 a_1}{m_2 a_2} = \frac{m_1 r_1 T_2^2}{m_2 r_2 T_1^2}. \quad (6.49)$$

Kepler uchinchi qonuniga binoan aylanish davrlari kvadratlarining nisbatini orbitalar radiuslarining kublari nisbati bilan almashtirib quyidagini topamiz:

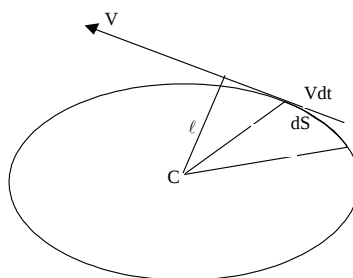
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{m_1}{r_1^2} : \frac{m_2}{r_2^2} \quad (6.50)$$

Shunday qilib Keplerning uchinchi qonunidan planetaning Quyoshga tortilish kuchi planetaning massasiga to‘g‘ri proporsional va undan Quyoshgacha bo‘lgan masofaning kvadratiga teskari proporsional degan hulosani chiqadi:

$$F = k (m/r^2) \quad (6.51)$$

Proporsional lik koeffitsienti k o‘z navbatida Quyoshning M_k massasiga proporsional dir deb faraz qilib, Nyuton bizga ma‘lum bo‘lgan quyidagi butun olam tortishish qonunini ifodalovchi formulani topdi:

$$F = \gamma \frac{mM_k}{r^2} \quad (6.52)$$



6.9-rasm

Keplerning ikkinchi qonuni impuls momenti saqlanish qonunining hulosasidir. 6.9-rasmga ko‘rinib turibdiki, dt vaqt ichida radius-vektor chizgan dS yuz uchburchakning θdt asosining uchburchak asosiga tushirilgan perpendikulyar (u planeta impulsining Quyoshga nisbatan elkasi bilan ustma - ust tushadi) ko‘paytmasining yarmiga teng:

$$dS = \frac{1}{2} \ell \theta dt = \frac{L}{2m} dt \quad (6.53)$$

(L -planetaning impuls momenti bo‘lib, u $m\theta \ell$ ga teng).

dS/dt ifoda sektorial tezlik deyiladi. Shunday qilib sektorial tezlik $\theta_c = dS/dt = L/2m$

Kuchlarning markaziy maydonida impuls momenti o‘zgarmaydi, demak, planetaning sektorial tezligi ham o‘zgarmasligi kerak. Bu vaqtning teng oraliqlari ichida radius - vektor teng yuzlar chizishni bildiradi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. O‘zgaruvchan massali jism harakatini tushuntiring va tenglamasini yozing.
2. Reaktiv kuch deganda nimani tushunasiz?
3. Siolkovski formulasi yozing.

4. Kosmik tezliklar haqida nima bilasiz?
5. Absolyut elastik va noelastik urilishlarni tushuntiring.
6. Absolyut noelastik urulishda impulsning saqlanish qonuni bajariladimi?
7. Absolyut elastik urulishda mexanik energiyaning saqlanish qonuni bajariladmi?
8. Butun olam tortishish qonunini ayting va formulasini yozing.
9. Gravitatsiya doimiysining fizik ma'nosini tushuntiring.
10. Gravitatsion maydon deb nimaga aytiladi?
11. Gravitatsion maydon kuchlanganligi deb nima qabul qilingan?
12. Kepler qonunlarini ayting.

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 gacha
Mashg'ulot shakli	Kirish-axborotli ma'ruza
Ma'ruza rejasi	1. Ilgarilama va aylanma harakatda ish va kinetik energiya. 2. Quvvat. Potensial energiya. Potensial energiya bilan kuch orasidagi bog'lanish. 3.. Energiya tizimning holat funksiyasi sifatida. Saqlanish qonunlarining qullanilishi. 4. O'zgaruvchan massali jismlarning harakati. Reaktiv harakat. 5. Markaziy maydondagi harakat. Kepler qonunlari
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Mexanik ish va energiya turlarini o'rganish va energiya saqlanish qonunini urganish	
Pedagogik vazifalari: O'zgarmas kuchning bajargan ishi. O'zgaruvchan kuch bajargan ish. Quvvat. Energiya va energiyaning saqlanish qonuni.	O'quv faoliyatining natijalari: 1. Energiya deb nimaga aytiladi va qaysi birlikda o'lchanadi? 2. Mexanik ish va quvvat deb nimaga aytiladi. Ular qaysi birliklarda o'lchanadi. 3. Qanday hollarda musbat va manfiy ish bajarilishini aniqlash. 4. Kinetik va potensial energiya ta'riflarini ayting va formulalarini yozish 5. Kuchning quyilishiga qarab potensial energiya formulalarini yozish 6. Mexanik ishning boshqa turdagi ishlardan farqi nimadan iborat.
Ta'lim berish usullari	Ko'rgazmali ma'ruza suhbatlari
Ta'lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy
Ta'lim berish vositalari	O'quv qullanma proektor slaydlar
Ta'lim berish sharoiti	O`TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og`zaki nazorat, savol-javob

Ma'ruza holatining texnologik kartasi

Bosqichlar, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchi	talaba
1-bosqich. Kirish(5 min.)	1.1. Mavzu, maqsad va rejalashtirilgan o`quv natijalarini e`lon qiladi. 1.2. Reja va muammoli holatlatlarni ifodalovchi savollarni ekranga chiqaradi.	1.1.Eshitadilar, yozib oladilar. 1.2.E`tabor beradilar.
2-bosqich. .Bilimlarni faollashtirish (10 min).	2.1. Asosiy kategoriya va tushunchalarni va ma'ruza oxirida yechiladigan masalalarni namoyish qiladi. 2.2.O`quv faoliyatini baxolash mezonlari malum qilinadi.	
3bosqich. Asosiy (55 min.)	3.1 Ma`ruza davomida asosiy tushunchalarni qayd etish lozimligini uqtiradi.Talabalar yozib olishlarini takidlaydilar 3.2. Energiya Mexanik ish va quvvat deb nima. Ular qaysi birliklarpda o`lchanadi. 3. 3. Qanday hollarda musbat va manfiy ish bajarilishini . 3.4. Kinetik va potensial energiya ta`riflarini ayting va formulalarini 3.5. Kuchning quyilishiga qarab potensial energiya formulalarini 3.6. Mexanik ishning boshqa turdagi ishlardan farqi nimadan iborat	3.1.Asosiy kattaliklar, ifodalarni yozadilar 3.2. eshitadilar vaYozadilar 3.3. berilgan chizmalarni chizib oladilar
4- bosqich. Yakuniy (10 min.)	4.1.Mavzuga xulosa yasaydi.O`quv jarayonida faol ishtirok etgan talabalarbi rag`batlantiradi. 4.2. Mustaqil ishlash va nazariy bilimlarni mustaxkamlash. Mustaxkamlash uchun savvolarni beradi:	4.1.eshitadi. 4.2.topshiriqni yozib oladilar.

Ta`lim berish texnologiyasining modeli

Mashg`ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 gacha
Mashg`ulot shakli	Kirish-axborotli ma`ruza
Ma`ruza rejasi	1. Inersial sanoq sistemasi va nisbiylikning mexanik prinsipi. 2. Galilley koordinata almashtirishlari. Almashtirishlarning invariantligi. 3. Yorug`lik tezligi. Maxsus nisbiylik nazariyasi postulatlarini.</li> <li>4. Lorens almashtirishlari va undan kelib chiqadigan natijalar: uzunlik va vaqt oraligining nisbiyligi. Tezliklarni qushishning relyativistik qonuni.</li> <li>5. Massaning tezlikga bog`liqligi. Klassik mexanikaning qullanilish chegarasi. 6. Umumiy nisbiylik nazariyasining asosiy tasavvurlari. 7. Energiya bilan massa orasidagi bog`lanish. Bog`lanish energiyasi.
O`quv mashg`ulotining maqsadi: Nisbiylik nazariyasining fizik asoslarini o`rganish.	
Pedagogik vazifalari: Galeliy almashtirishlari va nisbiylik prinsipi. Lorens almashtirishlari. Nisbiylik nazariyasida fozo va vaqtning o`zaro bog`liqligi.	O`quv faoliyatining natijalari: Galeliy almashtirishlarini yozing va mexanik nisbiylik prinsipini tariflang Qanday mexanika relyativistik mexanika deyiladi? Maxsus nisbiylik nazariyasining asosiy prinsipi: Eynshteynning birinchi va ikkinchi postulatlarini? Qanday sharoitda Lorens almashtirishlari Galiley almashtirishlariga aylanadi? Relyativistik mexanikada tezliklarni ko`shish qonunining ifodasini yozing.
Ta`lim berish usullari	Ko`rgazmali ma`ruza suhbatlari
Ta`lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy
Ta`lim berish vositalari	O`quv qullanma proektor slaydlar
Ta`lim berish sharoiti	O`TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og`zaki nazorat, savol-javob

Ma'ruza holatining texnologik kartasi

Bosqichlar, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchi	talaba
1-bosqich. Kirish(5 min.)	1.1. Mavzu, maqsad va rejalashtirilgan o`quv natijalarini e`lon qiladi. 1.2. Reja va muammoli holatlarni ifodalovchi savollarni ekranga chiqaradi.	1.1.Eshitadilar, yozib oladilar. 1.2.E`tabor beradilar.
2-bosqich. .Bilimlarni faollashtirish (10 min).	2.1. Asosiy kategoriya va tushunchalarni va ma'ruza oxirida yechiladigan masalalarni namoyish qiladi. 2.2.O`quv faoliyatini baxolash mezonlari malum qilinadi.	
3bosqich. Asosiy (55 min.)	3.1 Ma`ruza davomida asosiy tushunchalarni qayd etish lozimligini uqtiradi.Talabalar yozib olishlarini takidlaydilar 3.2Galeliy almashtirishlarini yozing va mexanik nisbiylik prinsipini tariflash 3.3 Qanday mexanika relyativistik mexanika Maxsus nisbiylik nazariyasining asosiy prinsipi: Eynshteynning birinchi va ikkinchi postulatlari 3.4 Qanday sharoitda Lorens almashtirishlari Galiley almashtirishlari	3.1.Asosiy kattaliklar, ifodalarni yozadilar 3.2. eshitadilar vaYozadilar 3.3. berilgan chizmalarni chizib oladilar.
4- bosqich. Yakuniy (10 min.)	4.1.Mavzuga xulosa yasaydi.O`quv jarayonida faol ishtirok etgan talabalarbi rag`batlantiradi. 4.2. Mustaqil ishlash va nazariy bilimlarni mustaxkamlash. Mustaxkamlash uchun savvolarni beradi:	4.1.eshitadi. 4.2.topshiriqni yozib oladilar.

6–ma’ruza. MEXANIKADA NISBIYLIK PRINSIPI

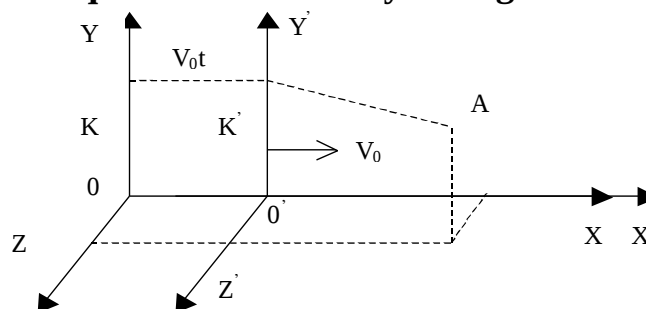
Reja

1. Inersial sanoq sistemasi va nisbiylikning mexanik prinsipi.
2. Galilley koordinata almashtirishlari. Almashtirishlarning invariantligi.
3. Yorug‘lik tezligi. Maxsus nisbiylik nazariyasi postulatlar.
4. Lorens almashtirishlari va undan kelib chiqadigan natijalar: uzunlik va vaqt oraligining nisbiyligi. Tezliklarni qushishning relyativistik qonuni.
5. Massaning tezlikga bog‘liqligi. Klassik mexanikaning qullanilish chegarasi.
6. Umumiy nisbiylik nazariyasining asosiy tasavvurlari.
7. Energiya bilan massa orasidagi bog‘lanish. Bog‘lanish energiyasi.

Tayanch so‘zlar va iboralar: Sanoq sistema, inersial sanoq sistema, nisbiylikning mexanik prinsipi, Galilley almashtirishlari, massa, uzunlik, vaqt, tezliklarni qo‘shish, Eynshteyn postulatlar, Lorens almashtirishlari.

Tayanch so‘zlar va iboralar: Galilley va Lorens almashtirishlari, Lorens qisqarishi, uzunlik tushunchasi, vaqtning nisbiyligi, relyativistik massa, energiya va impuls, relyativistik tezlik, tezliklarni qo‘shish qonuni, klassik mexanikaning qo‘llanish chegarasi, moslik prinsipi.

Inersial sanoq sistemasi va nisbiylikning mexanik prinsipi



8.1-rasm

Jismning tinch holati yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakati nisbiy bo‘lib, u sanoq sistemasiga bog‘liq. Masalan, bir - biriga nisbatan biror tezlanish bilan harakatlanayotgan ikki sanoq sistemasi mavjud bo‘lsin. Bu sistemalarning birida tinch holatini saqlayotgan jism ikkinchi sanoq sistemasida tezlanish bilan harakatlanadi. Demak, Nyutonning birinchi qonuni barcha sanoq sistemalarida bajarilavermaydi. Lekin shunday sanoq sistemalar mavjudki, ularda erkin yoki kvazi erkin jism o‘zining tinch holatini yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi. Bunday sanoq sistemalarini inersial sanoq sistemalari deb ataladi. Nyutonning birinchi qonuni bajariladigan sanoq sistemalarini inersial sanoq sistemalari deb, aks holda esa noinersial sanoq sistemalari deb atay olamiz.

Biror inersial sanoq sistemasiga nisbatan to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilayotgan ixtiyoriy sanoq sistemasi ham inersial sanoq sistemasi bo‘ladi.

8.1 – rasmda K sistemaga nisbatan K' sanoq sistemasining to'g'ri chiziqli tekis harakati ko'rsatilgan.

Jism harakati sanoq sistemasiga nisbatan aniqlanadi. Sanoq sistemasini tanlash kuzatuvchining ixtiyorida. Shuning uchun bir harakatni turli sanoq sistemalariga nisbatan tekshirish natijasida bu sanoq sistemalaridan birortasini boshqalarga nisbatan imtiyozli deb hisoblash mumkinmi? Bu savolga javob berish maqsadida etarlicha aniqlik bilan inersial sanoq sistemi deb hisoblash mumkin bo'lgan K sistemaga nisbatan K' sanoq sistemasining to'g'ri chiziqli tekis harakatini tekshiraylik. Soddashtirish maqsadida K' sistema K sistemaga nisbatan V_0 tezlik bilan OX o'q yo'nalishida harakatlanadi, deb hisoblaylik (9.1-rasm).

$t = 0$ vaqtda ikkala sanoq sistemi bir-birining ustiga tushadi. $t \neq 0$ da K sanoq sistemasining boshi (ya'ni O1 nuqta) K sanoq sistemasida $X = V_0 \cdot t$; $u = 0$; $z = 0$ koordinatalar bilan aniqlanuvchi nuqtada joylashgan bo'ladi. U holda moddiy nuqta (A) ning ixtiyoriy paytda ikkala sanoq sistemasidagi koordinatalari Galiley almashtirishlari deb ataladigan quyidagi munosabatlar bilan o'zaro bog'langan:

$$x = x' + v_0 t; \quad u = u'; \quad z = z'; \quad t = t'; \quad (8.1)$$

bundagi t va t' mos ravishda K va K' sanoq sistemalaridagi soatlar ko'rsatayotgan vaqtlar. Agar vaqt hisobi ikkala sanoq sistemalarining boshlari (0 va 0' nuqtalar) biri – birining ustiga tushib turgan paytdan boshlansa, ikkala sistemadagi bir xil soatlar bir xil vaqtlarni ko'rsatishi (ya'ni $t = t'$) tabiiy hol ekanligiga o'rganib qolganmiz.

Demak, bir sanoq sistemasidan (K) dan ikkinchi sanoq sistemi (K1) ga o'tganda koordinatalar o'zgaradi, ya'ni koordinatalar nisbiy kattaliklardir. Vaqt o'tishi esa sanoq sistemalarining nisbiy harakatlanishiga bog'liq emas, ya'ni vaqt absolyut kattalikdir.

Galiley koordinata almashtirishlari. Almashtirishlarning invariantligi

Endi biror sterjen uzunligini ikkala sistemada aniqlaylik (8.2-rasm).

Sterjen uchlari (A va B nuqtalar) ning K sistemadagi koordinatalarini mos ravishda X_1, U_1, Z_1 va X_2, U_2, Z_2 deb belgilasak, uning uzunligi

$$l = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \quad (8.2)$$

bo'ladi. K1 sanoq sistemi esa K ga nisbatan OX yo'nalishida V_0 tezlik bilan harakatlanyapdi. Shuning uchun K1da sterjen uchlarning koordinatalari mos ravishda

$$\begin{aligned} x_1^1 &= x_1 - V_0 t & x_2^1 &= x_2 - V_0 t \\ y_1^1 &= y_1 & y_2^1 &= y_2 \\ z_1^1 &= z_1 & z_2^1 &= z_2 \end{aligned}$$

bo'ladi.

Natijada sterjenning K1 sanoq sistemasidagi uzunligi uchun

$$l' = \sqrt{(x_2^1 - x_1^1)^2 + (y_2^1 - y_1^1)^2 + (z_2^1 - z_1^1)^2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \quad (8.3)$$

Ifodani hosil qilamiz (8.2) va (8.3) larni o'aro taqqoslab

$$\ell = \ell' \quad (8.4)$$

degan xulosaga kelimiz. Umuman, bir sanoq sistemasidan ikkinchi sanoq sistemasiga o'tganda biror kattalikning qiymati o'zgarmasa, bu kattalik mazkur almashtirishga nisbatan *invariant* deyiladi. U holda (8.4) ifodaga asosan, quyidagini ayta olamiz: uzunlik Galiley almashtirishlariga nisbatan invariantdir.

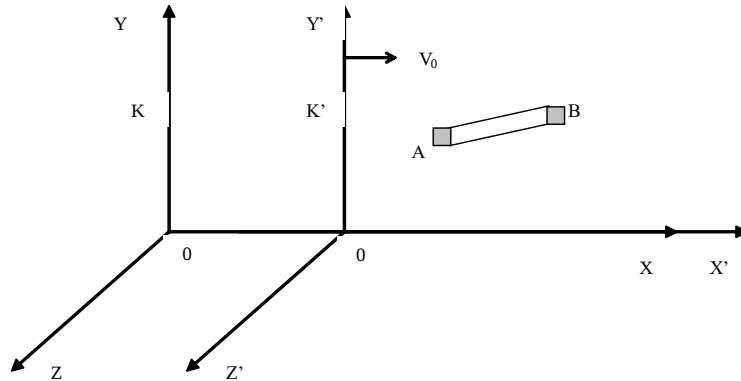
Harakatlanayotgan moddiy nuqtaning K va K' sanoq sistemalaridagi tezliklarining proeksiyalari orasidagi bog'lanishni topish uchun (8.1) ifodalardan vaqt bo'yicha hosila olamiz:

$$\begin{aligned} V_x &= \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(x' + V_0 t) = V_x' + V_0 \\ V_y &= \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(y') = V_y' \\ V_z &= \frac{dZ}{dt} = \frac{d}{dt}(z') = V_z' \end{aligned} \quad (8.5)$$

Bu munosabatlarni vektor ko'rinishda

$$\vec{V} = \vec{V}' + \vec{V}_0 \quad (8.6)$$

shaklda yozish mumkin.



8.2-rasm

Bu (8.6) ifoda tezliklarning qo'shilish qonuni bo'lib, uni quyidagicha tavsif qilish mumkin: moddiy nuqtaning K sanoq sistemasidagi tezligi ($\vec{v}$) shu nuqtaning K' dagi tezligi ($\vec{v}'$) va K' ning K ga nisbatan tezligi ($\vec{V}_0$) ning vektor yig'indisiga teng.

(8.5) ifodalardan vaqt bo'yicha hosila olsak, moddiy nuqtaning K va K' sanoq sistemalaridagi tezlanishlarining proeksiyalari orasidagi bog'lanishni hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} a_x &= \frac{dV_x}{dt} = \frac{d}{dt}(V_x' + V_0) = \frac{dV_x'}{dt} = a_x' \\ a_y &= \frac{dV_y}{dt} = \frac{d}{dt}(V_y') = a_y' \\ a_z &= \frac{dV_z}{dt} = \frac{d}{dt}(V_z') = a_z' \end{aligned} \quad (8.7)$$

Vektor ko‘rinishda (8.7) ifodalarni

$$a = a' \quad (8.8)$$

shaklda yozamiz. Demak, moddiy nuqtaning K sanoq sistemasidagi tezlanishi (a) va K' sanoq sistemasidagi tezlanishi (a') bir xil ekan. Boshqacha aytganda, tezlanish Galiley almashtirishlariga nisbatan invariantdir.

Tajribalarning ko‘rsatishicha, barcha inersial sanoq sistemalarda jism massasi bir xil qiymatga ega va u harakat tezligiga (yorug‘lik tezligidan ancha kichik tezliklar nazarda tutiladi) bog‘liq emas:

$$m = m' \quad (8.9)$$

Nyuton mexanikasida o‘rganiladigan kuchlar, xususan elastiklik kuchi yoki torishish kuchi jismning ayrim qismlari orasidagi masofaga bog‘liq. Masofa (uzunlik) Galiley almashtirishlariga nisbatan invariant. Ba’zi kuchlar, masalan, ishqalanish kuchlari o‘zaro ta’sirla shuvchi jismlar tezliklarning farqiga bog‘liq. Tezliklar farqi, (8.6) munosabatga asosan, bir inersial sanoq sistemasidan ikkinchisiga o‘tilganda o‘zgarmaydi ($V_2 - V_1 = V'_2 - V'_1$). Shuning uchun klassik mexanikada kuch Galiley almashtirishlariga nisbatan invariantdir, ya’ni

$$\vec{F} = \vec{F}' \quad (8.10)$$

Dinamikaning asosiy qonuni – Nyutonning ikkinchi qonuni

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (8.11,a)$$

ga etibor bersak, undagi barcha kattaliklar [(8.8), (8.9) va (8.10) ga qarang.] Galiley almashtirishlariga nisbatan invariant. Binobarin, dinamika asosiy qonunining K sanoq sistemasiga nisbatan V_0 tezlik bilan harakatlanayotgan K' sanoq sistemasidagi matematik ifodasi

$$F' = m' \cdot a' \quad (8.11,b)$$

Mazkur qonunning K sanoq sistemasidagi ifodasiga to‘liq mos keladi. Demak, barcha inersial sanoq sistemalarida ayni bir mexanik hodisa bir xil tarzda sodir bo‘ladi va mazkur inersial sanoq sistemasida o‘tkaziladigan mexanik tajribalar yordamida sanoq sistemasi tinch turganligini yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakatlanayotganligini aniqlab bo‘lmaydi.

Bu fikrni Galiley bayon etganligi uchun Galileyning nisbiylik prinsipi, Ba’zan nisbiylikning mexanik prinsipi deb yuritiladi. Bu prinsipga asosan, agar biror sistema (masalan, K sanoq sistemasi) inersial bo‘lsa, unga nisbatan to‘g‘ri chiziqli tekis harakatlanuvchi juda ko‘p inersial sistemalar (K') ham mavjud. Inersial sanoq sistemalarning barchasida klassik mexanika qonunlari aynan bir xil namoyon bo‘lishidan bu sistemalarning barchasi teng xuquqli va ular orasidan biror imtiyozli inersial sanoq sistemasini ajratish mumkin emas, degan xulosa kelib chiqadi.

Shuni ham qayd qilaylikki, tezlikka bog‘liq bo‘lgan kattaliklar, masalan, impuls ($R = m \cdot v$) yoki kinetik energiya bir inersial sanoq sistemasidan ikkinchi inersial sanoq sistemasiga o‘tganda o‘zgaradi, chunki mazkur o‘tishda tezlik o‘zgarar edi ($V = V' + V_0$). Biroq impuls va energiyalarning turli inersial sanoq sistemalaridagi qiymatlari bir–biridan V_0 bilan aniqlanuvchi doimiy miqdorga

farqlanadi. Shuning uchun bunday kattaliklarni xarakterlovchi qonunlar ifodasining ko'rinishi turli inersial sanoq sistemalarida bir xil bo'ladi.

Umuman, bir sanoq sistemasidan ikkinchisiga o'tilganda biror kattalikning absolyut qiymati o'zgarsa, lekin bu kattalik qatnashgan tenglamaning ko'rinishi o'zgarmasa, bu tenglama muzkur almashtirishga nisbatan kovariant deb aytiladi. Impulsning saqlanish qonuni va mexanik energiyaning saqlanish qonuni Galiley almashtirishlariga nisbatan kovariantdir.

Yorug'lik tezligi. Maxsus nisbiylik nazariyasi postulatleri

Maksvell tomonidan elektrodinamika asosiy qonunlarini umumlashtiruvchi tenglamalar yaratildi. Maksvell tenglamalari nihoyat ko'p tajriba dalillari bilan isbotlanadi. Lekin Maksvell tenglamalari Galiley almashtirishlariga nisbatan invariant emasligi aniqlandi.

Asrimiz boshida fizik olimlarni hayratga solgan mazkur muammoni hal qilish uchun Puankare va undan mustaqil ravishda Eynshteyn quyidagi xulosaga keldilar: Galiley almashtirishlaridan farqlanadigan yangi almashtirishlardan foydalanish zarurki, bu almashtirishlarga nisbatan Maksvell tenglamalarining ifodalari o'z ko'rinishlarini o'zgartirmasliklari lozim. Bunday o'zgarishlarni Eynshteyn quyidagi ikki prinsip asosida keltirib chiqardi:

1. Nisbiylik prinsipi, fizik qonunlar (mexanik, elektromagnitizm, optika.... qonunlari) barcha inersial sanoq sistemalarida o'rinalidir. Boshqacha aytganda ayni bir fizik hodisani inersial sanoq sistemalarining birida kuzatish tufayli olingan natijalar boshqa inersial sanoq sistemalarida olingan natijalardan farqlanmaydi. Galileyning nisbiylik prinsipi ham xuddi shuni ta'kidlar edi, lekin unda faqat mexanik hodisalar (barcha fizik hodisalar emas) haqida mulohaza yuritilgan edi.

2. Yorug'lik tezligining doimiylik prinsipi. Yorug'likning vakuumdagi tezligining qiymati barcha inersial sanoq sistemalarida bir xil bo'ladi. U yorug'likning tarqalish yo'nalishiga hamda yorug'lik chiqaruvchi jism va kuzatuvchining harakatiga bog'liq emas. Bu prinsip klassik mexanikadagi tezliklarni qo'shish qoidasiga mutloqa ziddir.

Lorens almashtirishlari va undan kelib chiqadigan natijalar: uzunlik va vaqt oraligining nisbiyligi

Haqiqatan, K sanoq sistemasiga nisbatan V_0 tezlik bilan to'g'ri chiziqli tekis harakat qilib uzoqlashayotgan K' sanoq sistemasidagi jism tomonidan tarqatilayotgan yorug'lik tezligini c deb belgilasak, Galiley almashtirishlariga asosan, K sanoq sistemasidagi kuzatuvchi uchun yorug'lik tezligi $c \pm V_0$ bo'lishi lozim edi. Vaholanki, K sanoq sistemasida ham, K' sanoq sistemasida ham, yorug'lik tezligi bir xil bo'lishi kerak. Nyuton nuqtai nazari asosida fikr yuritsak, $c + V_0$ nima uchun s ga teng bo'lishi lozimligini tushuntira olmaymiz. Buni tushunish uchun fazo va vaqt haqidagi Nyuton tushunchalaridan voz kechish lozim. Fazo va vaqt haqidagi bu yangi tushunchalar Eynshteyn tomonidan yaratilgan nisbiylik nazariyasida aks etgan. Bu nazariya bir-biriga nisbatan to'g'ri

chiziqli tekis harakatlanayotgan sanoq sistemalari (inersial sistemalar) uchun o‘rinli. Keyinchalik, Eynshteyn nisbiylik nazariyasini rivojlantirib, uni bir-biriga nisbatan tezlanuvchan harakat qiladigan sistemalariga qo‘llash yo‘llarini ahtaradi va “tortishish nazariyasi” deb atalgan umumiy nazariyani yaratdi. Bu nazariyani nisbiylik nazariyasining umumiy xoli deb, faqat inersial sistemalar taalluqli bo‘lgan nazariyani esa nisbiylik nazariyasining xususiy holi deb hisoblanadi. Binobarin, “Nisbiylik nazariyasi” deganda shu xususiy holni tushunamiz Nisbiylik nazariyasining zaminida yotuvchi Lorens almashtirishlari quyidagi ko‘rinishda yoziladi.

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{x' + V_0 t'}{\sqrt{1 - \beta^2}} \\ y &= y' \\ z &= z' \\ t &= \frac{t' + \frac{V_0}{c^2} x'}{\sqrt{1 - \beta^2}} \end{aligned} \right\}, \quad (8.12)$$

bu yerda $\beta = \frac{V_0}{c}$.

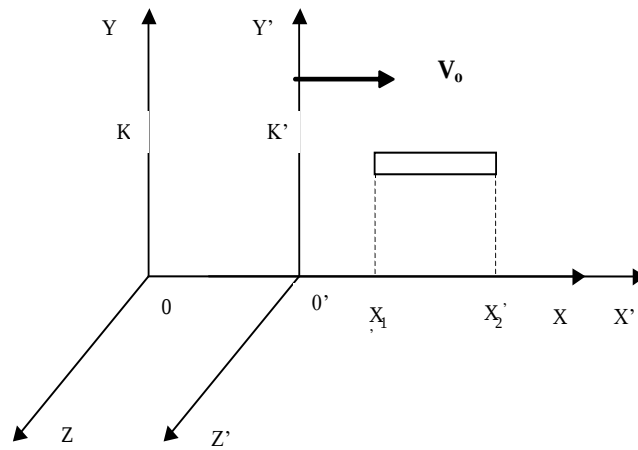
Bu munosabatlar yordamida K' sanoq sistemasidagi koordinatalar (x' , y' , z') va vaqt (t') dan K sanoq sistemasidagi koordinatalar (x , y , z) va vaqt (t) ga o‘tiladi. K sistemadan K' sistemaga o‘tish uchun (8.12) ni quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$\left. \begin{aligned} x' &= \frac{x - V_0 t}{\sqrt{1 - \beta^2}} \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= \frac{t - \frac{V_0}{c^2} x}{\sqrt{1 - \beta^2}} \end{aligned} \right\}. \quad (8.13)$$

Bu ifodalardagi V_0 - bir inersial sanoq sistemasi (K) ga nisbatan OX o‘q “yo‘nalish”da to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilayotgan ikkinchi inersial sanoq sistemasining tezligi, s esa yorug‘likning vakuumda tarqalish tezligi.

Yuqoridagi (8.12), (8.13) tenglamalar gollandiyalik olim N.Lorens (1853-1908) tomonidan (daniyalik olim Lorens (1829-1891) emas) 1904 yilda o‘sha zamon tasavvurlariga unchalik to‘g‘ri kelmaydigan mulohazalar asosida keltirib chiqarilgan.

Klassik mexanikada Galiliy almashtirishlaridan, nisbiylik nazariyasida esa Lorens almashtirishlaridan ba’zi natijalar kelib chiqadiki, ular klassik tasavvurlarga o‘rganib qolgan talabada ajablanish tuyg‘usini vujudga keltiradi.



8.3-rasm

Uzunlik tushunchasi. K' sistemasida biror jism (masalan O1X1 o'qqa parallel ravishda joylashtirilgan sterjen) tinch turgan bo'lsin (10.1 - rasm). Ixtiyoriy t_1 vaqtda sterjen uchlarining koordinatalari mos ravishda x_1^1 va x_2^1 bo'lsin. U holda sterjen uzunligi $\ell_0 = x_2^1 - x_1^1$ ifoda bilan aniqlanadi. K sistemadagi kuzatuvchi uchun shu sterjen uzunligi ($\ell = x_2 - x_1$) qanday bo'ladiq

a) Klassik mexanikada, Galiley almashtirishlari ga asosan, jism uzunligi barcha inersial sanoq sistemalarida aynan bir xil bo'ladi ((8.4) ifodaga qarang).

b) Sterjen K1 sistema bilan birgalikda OX o'q yo'nalishida harakatlanayotganligi uchun K sistemadagi kuzatuvchi sterjen uchlari koordinatalarini aynan bir vaqtda o'lchashi lozim.

Kuzatuvchi K sistemadagi soatning t paytida sterjen uchlarining koordinatalari mos ravishda x_1 va x_2 ekanligini aniqladi. Lorens almashtirishlariga asosan (8.13) x_1 va x_2 sterjenning K1 dagi koordinatalari x_1^1 va x_2^1 bilan quyidagicha bog'langan:

$$x_1^1 = \frac{x_1 - v_0 t}{\sqrt{1 - \beta^2}}; \quad x_2^1 = \frac{x_2 - v_0 t}{\sqrt{1 - \beta^2}}; \quad \left(\beta = \frac{v_0}{c} \right)$$

Bundan

$$x_2^1 - x_1^1 = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

yoki

$$\ell_0 = \frac{\ell}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

Demak,

$$\ell = \ell_0 \sqrt{1 - \beta^2} \quad (8.14)$$

Ya'ni K sistemada sterjen uzunligi K1 sistemadagiga nisbatan qisqaroq bo'ladi. Buni uzunlikning Lorens qisqarishi deb atash odat bo'lib qolgan. Lekin mazkur terminda uzunlikning qisqarishi emas, balki uzunlikning nisbiyligi qayd qilish to'g'riroq bo'lardi. Binobarin, jism uzunligining hech qanday qisqarishi ro'y bermaydi. Jismning uzunligi aslida nimaga teng, degan savol ham maonoga ega emas, chunki har bir sanoq sistemasida jismning o'z uzunligi bo'ladi. Boshqacha

qilib aytganda, nisbiylik nazariyasida jism uzunligining miqdoriy o'lchovi nisbiydir va u sanoq sistemasiga bog'liq bo'ladi.

Shunday qilib, nisbiylik nazariyasida sterjen uzunligi turli inersial sanoq sistemalarida turlicha. Sterjen qaysi sistemada tinch turgan bo'lsa, shu sistemada u eng katta uzunlikka ega bo'ladi.

Vaqt tushunchasi. K1 sanoq sistemasining qo'zg'almas x_1^1 nuqtasida biror voqea t_1^1 paytda boshlanib t_2^1 paytda tugallansin. Mazkur voqea $t_2^1 - t_1^1 = \Delta t_0$ vaqt davom etgan bo'ladi. K sistemadagi kuzatuvchi uchun shu voqeaning davom etish vaqti (Δt) qanday bo'ladiq.

a) Nyuton mexanikasi nuqtai nazariga asosan, vaqtning o'tishi sanoq sistemalarining nisbiy harakatiga bog'liq emas, ya'ni bir-biriga nisbatan to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotgan barcha sanoq sistemalarida vaqt aynan bir xil. Shuning uchun K sistemasida ham voqea $\Delta t = t_2 - t_1 = \Delta t_0$ vaqt davom etadi.

b) K sanoq sistemasidagi kuzatuvchi shu sistemadagi soat bo'yicha voqeaning boshlanishi t_1 paytda, tugallanishi esa t_2 paytda sodir bo'lganligini qayd qiladi. Lorens almashtirishlariga asosan t_1 va t_2 paytlar K1 sanoq sistemasidagi soat bo'yicha qayd qilinadigan t_1' va t_2' paytlar bilan quyidagicha bog'langan:

$$t_1 = \frac{t_1' + \frac{v_0}{C^2} x_1^1}{\sqrt{1 - \beta^2}}; \quad t_2 = \frac{t_2' + \frac{v_0}{C^2} x_1^1}{\sqrt{1 - \beta^2}}.$$

Bundan:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{t_2' - t_1'}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad (8.15)$$

Demak, nisbiylik nazariyasida aynan bir voqea turli inersial sanoq sistemalarida turlicha vaqt davom etadi. Bu effektni harakatlanuvchi sanoq sistemalarida vaqt o'tishining sekinlashishi deb ataladi. Mazkur effektning mohiyati turli sanoq sistemalardagi soatlarning yurish tezliklari turlicha ekanligidan iborat, deb tushunish mutlaqo noto'g'ri bo'ladi. Barcha sanoq sistemalardagi soatlar bir xilda yuradi. Lekin ular o'zaro solishtirilganda harakalanuvchi sanoq sistemi K1da K sistemadagiga nisbatan vaqt sekinroq o'tkanligi aniqlanadi. Bu xulosa nisbiylik nazariya prinsiplarining natijasidir.

1. Nima uchun impuls va energiyani saqlanish qonunlari Galiley almashtirishlariga nisbatan kovariant deyiladi?

Tezliklarni qo'shishning relyativistik qonuni. Hodisalar orasidagi interval

Lorens almashtirishlariga asoslangan mexanikani Nyuton mexanikasidan farq qilish maqsadida relyativistik mexanika deb yuritiladi. Relyativistik mexanika qoidalari klassik mexanika qoidalaridan farqlanadi. Xususan, K inersial sanoq sistemasiga nisbatan 90 tezlik bilan OX o'q yo'nalishida to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotgan K1 sanoq sistemasidagi moddiy nuqtaning OX o'qi yo'nalishidagi harakat tezligi 9' bo'lsin. Mazkur moddiy nuqtaning K sanoq sistemasidagi tezligi (v) ning qiymati, klassik mexanikadagi tezliklarni qo'shish

qoidasiga asosan ((9.6) ifodaga q.) $\vartheta = \vartheta_0 + \vartheta'$ shaklda aniqlanar edi. Relyativistik mexanikadachi Bu savolga javob berish uchun ϑ va ϑ' orasidagi munosabatni aniqlaylik. Moddiy nuqtaning K sanoq sistemasidagi tezligini

$$\vartheta = \frac{dx}{dt} \quad (9.1)$$

K1 sanoq sistemasidagi tezligini esa

$$\vartheta = \frac{dx'}{dt} \quad (9.1')$$

shaklda yoza olamiz. Lekin $\frac{dx}{dt}$ ni dx va dt differentsiallarning nisbati deb qarash va bu differentsiallarni Lorens almashtirishlarini xarakterlovchi (9.2) dan foydalanib topishimiz mumkin:

$$dx = \frac{dx' + \vartheta_0 dt'}{\sqrt{1 - \beta^2}}; \quad dt = \frac{dt' + \frac{\vartheta_0}{c^2} dx'}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

Buni hisobga olgan holda (9.5) ni quyidagicha yozamiz.

$$V = \frac{dx}{dt} = \frac{dx' + \vartheta_0 dt'}{dt' + \frac{\vartheta_0}{c^2} dx'} = \frac{\frac{dx'}{dt'} + \vartheta_0}{1 + \frac{\vartheta_0}{c^2} \frac{dx'}{dt'}} = \frac{V' + \vartheta_0}{1 + \frac{\vartheta_0 V'}{c^2}}. \quad (9.2)$$

Demak, klassik mexanikadagi $\vartheta = \vartheta_0 + \vartheta'$ qoidani relyativistik mexanikada qo'llab bo'lmaydi. Binobarin, (9.2) ifodada yorug'likning vakuumdagi tezligi (c) dan katta tezliklarni inkor etuvchi nisbiylik nazariyasining prinsipi o'z aksini topgan. (9.2) ifoda relyativistik mexanikada tezliklarni qo'shish qonunini ifodalaydi.

Masalan, $\vartheta_0 = 200000 \text{ km/s}$, $\vartheta' = 150000 \text{ km/s}$ bo'lsa, klassik mexanikadagi tezliklarning qo'shish qoidasiga asosan $\vartheta = \vartheta_0 + \vartheta' = 350000 \text{ km/s}$, ya'ni $\vartheta > c$ ($c \approx 300000 \text{ km/s}$) bo'lishi lozim edi. Bu natija nisbiylik nazariyasiga ziddir. Relyativistik mexanikadagi tezliklarni qo'shish qoidasiga asosan,

$$V = \frac{V' + V_0}{1 + \frac{V_0 V'}{c^2}} \approx 262500 \text{ km/s}$$

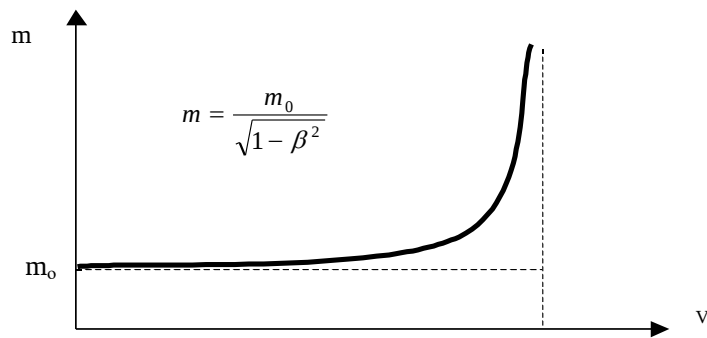
hatto $\vartheta_0 = \vartheta' = c$ bo'lgan holda ham

$$V = \frac{V' + V_0}{1 + \frac{V_0 V'}{c^2}} = \frac{c + c}{1 + \frac{c \cdot c}{c^2}} = c$$

bo'ladi xalos.

Nisbiylik nazariyasining zaminida yotuvchi ikki prinsipning birinchisiga asosan, fizika qonunlari barcha inersial sanoq sistemalarida bir xil ko'rinishga ega bo'lishi, ya'ni Lorens almashtirishlariga nisbatan kovariant bo'lishi lozim. Eynshteynning ko'rsatishicha, moddiy nuqta dinamikasining asosiy qonuni

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F} \quad (9.3)$$



9.1-rasm

Lorens almashtirishlariga nisbatan kovariant bo'lishi uchun, moddiy nuqta impulsi

$$\vec{p} = \frac{m_0 \vec{V}}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad (9.4)$$

ifoda bilan xarakterlanishi lozim. Bu ifodadagi

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad (9.5)$$

kattalikni (ya'ni V tezlik bilan harakatlanayotgan jism massasini) relyativistik massa deb, m_0 ni esa tinch holatdagi jism massasi deb ataladi. Ba'zan, qisqaroq qilib, m_0 ni jismning tinchlikdagi massasi deb xam ataladi. Jism relyativistik massasining uning harakat tezligiga bog'liqligi 9.1- rasmدا tasvirlangan.

Harakat tezligi (V) yorug'lik tezligi (S) ga yaqinlashganda relyativistik effekt keskinroq namoyon bo'ladi, jismning massasi nihoyat tez ortib boradi, $V = C$ da esa massaning qiymati cheksiz katta bo'ladi. Shuni ham qayd qilaylikki harakat tezligiga monand ravishda jism massasining relyativistik ortishi zamonaviy tezlatkichlarda juda katta tezliklargacha tezlatilgan zarralar misolida tekshirilgan va tasdiqlangan.

Energiya bilan massa orasidagi bog'lanish. Bog'lanish energiyasi. Klassik mexanikaning qo'llanilish chegarasi

Jismning energiyasi va impulsi shu jism relyativistik massasi $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ bilan mos ravishda $W = mc^2$, $p = mv$ ifodalar yordamida

bog'langan. Energiya va impuls orasidagi bog'lanishni ifodalovchi munosabatni xosil qilaylik. Buning uchun yuqoridagi munosabatlarning ikkinchisini s ga ko'paytiraylik, so'ng ikkala ifodani kvadratga ko'taraylik:

$$\begin{aligned} w^2 &= m^2 \cdot c^4; \\ p^2 \cdot c^2 &= m^2 \cdot v^2 \cdot c^2 \end{aligned}$$

Birinchi ifodadan ikkinchisini ayrib,

$$w^2 - p^2 \cdot c^2 = m^2 \cdot c^4 \left[1 - \frac{v^2}{c^2} \right]$$

ni hosil qilamiz.

Bundagi m o'rniga uning m_0 orqali ifodalangan qiymatini qo'yib, quyidagi munosabatni xosil qilamiz:

$$w^2 - p^2 c^2 = \frac{m_0^2 \cdot c^4 \left(1 - \frac{g^2}{c^2}\right)}{1 - \frac{g^2}{c^2}} = m_0^2 \cdot c^4$$

bundan $w = \sqrt{p^2 \cdot c^2 + m_0^2 \cdot c^4}$ (9.6)

Bu munosabat relyativistik energiya va impuls orasidagi munosabatni ifodalaydi. (9.5) dan kelib chiqadigan xulosalardan biri shundan iboratki, tinch holatda massaga ega bo'lmaydigan zarralar ham (neytrino, foton) relyativistik energiyaga ega bo'laveradi. Agar, (9.6) da $m_0 = 0$ deb hisoblasak,

$$w = p \cdot c \quad (9.7)$$

ifoda xosil bo'ladi.

Avvalo, Lorens almashtirishlari haqida yana bir oz fikr yuritaylik. K' inersial sanoq sistemasining K sanoq sistemasiga nisbatan harakat tezligi (V_0) yorug'likning vakuumdagi tezligi (S) dan ancha kichik, ya'ni

$$\frac{v_0}{c} \ll 1$$

bo'lgan hollarda Lorens almashtirishlarini ifodalovchi tenglamalar [(9.12) va (9.13)] maxrajidagi $\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}} = \sqrt{1 - \beta^2}$ ifodada qatnashayotgan β^2 ning qiymati juda

kichik bo'ladi. Misol tariqasida tovush tezligi ($v_0 \approx 300$ m/s) da uchayotgan reaktiv samolyot harakati uchun mazkur ifodaning qiymatini hisoblaylik:

$$\beta^2 = \left(\frac{v_0}{c}\right)^2 \approx \left(\frac{3 \cdot 10^2}{3 \cdot 10^8}\right)^2 \approx 10^{-12}$$

Xatto, kosmik tezliklar bilan harakatlanayotgan kemalar uchun $\beta^2 \sim 10^{-9}$ dan katta bo'lmaydi. Natijada $\sqrt{1 - \beta^2}$ ning qiymati 1 dan deyarli farqlanmaydi.

Shuning uchun $v_0 \ll S$ bo'lgan xollarda Lorens almashtirishlari Galiley almashtirishlariga o'tadi. Boshqacha qilib aytganda, Galiley almashtirishlari Lorens almashtirishlarining xususiy xoli hisoblanadi. Binobarin, Galiley almashtirishlari o'rinli bo'lgan Nyuton mexanikasi ham yorug'likning vakuumdagi tezligidan ko'p marta kichik tezliklar bilan harakatlanuvchi jismlar va sanoq sistemalari uchun qo'llanilishi lozim, degan xulosaga kelamiz. Mazkur xulosada zamonaviy fizikaning asosiy prinsiplaridan biri - moslik prinsipi o'z aksini topgan. Moslik prinsipi 1923 yilda Nils Bor tomonidan aniqlangan. Bu prinsipga asosan, klassik nazariyani rivojlantirish va umumlashtirish tufayli vujudga kelgan yangi nazariya chegaraviy hollarda eski nazariyaga o'tish lozim.

Nisbiylik nazariyasining asosiy ifodalaridan biri energiya va massaning o'zaro bog'lanish qonuni $W = mc^2$ ustida mulohaza yuritib moslik prinsipining bajarilishini ko'rsataylik. Masalan, Oy tomon ikkinchi kosmik tezlik (11,2 km/s) bilan haraktlanayotgan 1500 kg massali raketaning energiyasi

$$\Delta W = \frac{m g^2}{2} = \frac{1500 \cdot (11200)^2}{2} = 9,4 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

ga ortadi.

$$\text{Raketa massasi esa } \Delta m = \frac{9,4 \cdot 10^{10} \text{ J}}{\left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{M}}{\text{c}}\right)^2} \approx 1,05 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$$

ga ortadi.

Demak, ikkinchi kosmik tezlik bilan harakatlanayotgan raketa massasi shu raketaning tinch holatidagi massasining

$$\frac{\Delta m}{m_0} = \frac{10^{-6} \kappa\mathcal{Z}}{1500 \kappa\mathcal{Z}} \approx 6,96 \cdot 10^{-10}$$

ulushi qadar ortar ekan, xolos.

Shuning uchun klassik mexanika tekshiradigan $v \ll c$ bo'lgan hodisalarda jism masasini o'zgarish kattalik deb hisoblash mumkin.

Shunday qilib, nisbiylik nazariyasi Galiley, Nyuton va boshqa olimlar tomonidan asoslangan klassik mexanikaning qonun va tasavvurlarini bekor qilmaydi, aksincha, ularni rivojlantiradi va umumlashtiradi, hamda klassik mexanikaning qo'llanish chegaralarini belgilab beradi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Uzunlik, vaqt oraligi va massaning nisbiyligi kandy ifodalanadi?
2. Massa va energiya o'zaro qanday bog'langan.
3. Tinchlikdagi energiya nima?
4. Klassik mexanikaning qo'llanilish chegarasining mohiyatini tushuntiring.
5. Relyativistik dinamikaning asosiy qonuni qanday ifodalanadi?
6. Massani tezlikga bog'lanib o'zgarish tenglamasini yozing va tushuntiring.
7. Energiya va impuls o'zaro qanday bog'langan?
8. Qanday hollatda jismning massasini relyativistik massa deyiladi?
9. Relyativistik mexanikani klassik mexanikadan farqi nimada?
10. Hodisalar orasidagi interval deganda nimani tushunasiz?

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 gacha
Mashg'ulot shakli	Kirish-axborotli ma'ruza
Ma'ruza rejasi	1.Suyuqlik va gazlarning umumiy xossalari. Suyuqlik harakatini kinematik tavsiflash. 2.Suyuqlikning muvozanatlik va harakat tenglamasi. Ideal va yopishqoq suyuqlik. 3.Siqilmaydigan suyuqlik gidrostatikasi. Ideal suyuqlikning stasionar harakati. Bernulli tenglamasi. 4.Yopishqoq suyuqlik gidrodinamikasi. Yopishqoqlik koeffisienti. 5.Suyuqlikning quvur ichidagi oqimi. Puazeyl formulasi. Uxshashlik qonuni. Stoks formulasi. 6. Gidrodinamik beqarorlik. Laminar va turbulent oqim. Reynolde soni. Puazeyl qonuni. 7.O'ta oquvchanlik hodisasi. O'ta oquvchanlik nazariyasi to'g'risida tushuncha. .
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Suyuqliklarning umumiy xossalarini o'rganish.	
Pedagogik vazifalari: Suyuqlik va gazlar uchun Paskal qonuni. Atmosfera bosimi. Arximed kuchi. Ideal suyuqlikning harakati va uzluksizlik sharti. Bernulli tenglamasi va uning tatbiqi.	O'quv faoliyatining natijalari: Qanday moddalarga suyuqlik va gazlar deb ataladi Suyuqlik va gaz ustunining bosimini ifodalovchi formulani yozing. Suyuqlik va gazlar uchun Arximed qonunini ta'riflang va formulasini yozing. Bernulli formulasini yozing va uning hadlari qanday fizik ma'noga ega? Suyuqlikning qovushqoqlik koeffitsiyenti deb nimaga aytiladi? Qovushqoq suyuqlikning trubadagi oqimini ifodolovchi Puazeyl formulasini yozing.
Ta'lim berish usullari	Ko'rgazmali ma'ruza suhbat
Ta'lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy
Ta'lim berish vositalari	O'quv qullanma proektor slaydlar
Ta'lim berish sharoiti	O`TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og`zaki nazorat,savol-javob

Ma'ruza holatining texnologik kartasi

Bosqichlar, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O'qituvchi	talaba
1-bosqich. Kirish (5 min.)	1.1. Mavzu, maqsad va rejalashtirilgan o'quv natijalarini e'lon qiladi. 1.2. Reja va muammoli holatlarni ifodalovchi savollarni ekranga chiqaradi.	1.1.Eshitadilar,yozib oladilar. 1.2.E'tabor beradilar.
2-bosqich. .Bilimlarni faollashtirish (10 min).	2.1. Asosiy kategoriya va tushunchalarni va ma'ruza oxirida yechiladigan masalalarni namoyish qiladi. 2.2.O'quv faoliyatini baxolash mezonlari malum qilinadi.	
3bosqich. Asosiy (55 min.)	3.1. Ma'ruza davomida asosiy tushunchalarni qayd etish lozimligini uqtiradi.Talabalar yozib olishlarini takidlaydilar 3.2. Qanday moddalarga suyuqlik va gazlar Suyuqlik va gaz ustunining bosimini ifodalovchi formulani yozish 3.3. Suyuqlik va gazlar uchun Arximed qonunini ta'riflang va formulasini yozish. 3.4. Bernulli formulasini yozing va uning hadlari qanday fizik ma'noga ega, Suyuqlikning qovushqoqlik koeffitsiyenti 3.5. Qovushqoq suyuqlikning trubadagi oqimini ifodolovchi Puazeyl formulasini yozish va tushintirish. 3.6. Laminar va turbulent oqim	3.1.Asosiykattaliklar , ifodalarni yozadilar 3.2. Yozadilar. 3.3. berilgan chizmalarni chizib oladilar.
4- bosqich. Yakuniy (10 min.)	4.1.Mavzuga xulosa yasaydi.O'quv jarayonida faol ishtirok etgan talabalarbi rag'batlantiradi. 4.2. Mustaqil ishlash va nazariy bilimlarni mustaxkamlash. Mustaxkamlash uchun savvolarni beradi:	4.1.eshitadi. 4.2.topshiriqni yozib oladilar.

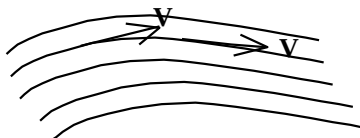
7– ma’ruza. YAXLIT MUHIT MEXANIKASI

Reja

1. Suyuqlik va gazlarning umumiy xossalari. Suyuqlik harakatini kinematik tavsiflash.
2. Suyuqlikning muvozanatlik va harakat tenglamasi. Ideal va yopishqoq suyuqlik.
3. Siqilmaydigan suyuqlik gidrostatikasi. Ideal suyuqlikning stasionar harakati. Bernulli tenglamasi.
4. Yopishqoq suyuqlik gidrodinamikasi. Yopishqoqlik koeffisienti.
5. Suyuqlikning quvur ichidagi oqimi. Puazeyl formulasi. Uxshashlik qonuni. Stoks formulasi.
6. Gidrodinamik beqarorlik. Laminar va turbulent oqim. Reynolde soni. Puazeyl qonuni.
7. O'ta oquvchanlik hodisasi. O'ta oquvchanlik nazariyasi to'g'risida tushuncha.

Tayanch so'zlar va iboralar: Suyuqlik xossalari, gaz xossalari, oqish, oqim, oqim chiziqlari, barqaror oqish, oqim nayi, harakat tenglamasi, uzulmaslik tenglamasi, ideal suyuqlik tenglamasi, Bernulli qonuni. Ichki ishqalanish kuchi, yopishqoqlik koeffitsienti. Nyuton formulasi, tezlik gradienti, laminar oqim, turbulent oqim, ro'baro' qarshilik kuchi, ko'taruvchi kuch, kinematik yopishqoqlik, Stoks qonuni, Reynolds soni.

Suyuqlik va gazlarning umumiy xossalari.



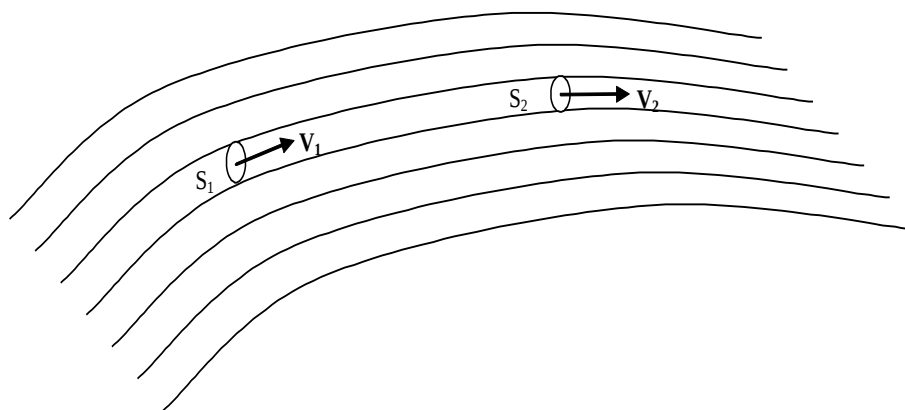
10.1-rasm

Suyuqlikning harakatlanishi haqida fikr yuritish uchun qattiq jismlarga xos bo'lmagan yangi tushuncha va kattaliklardan foydalanamiz. Xususan, suyuqlikning harakatlanishi oqish deyiladi va harakatlanayotgan suyuqlik zarralarning to'plamini oqim deb yuritiladi. Oqimdagi har bir zarra muayyan paytda aniq ϑ tezlikka ega. Lekin suyuqlikning har bir individual zarrasi harakatini kuzatishdan ko'ra boshqacharoq yo'l tutgan ma'qul. Buning uchun oqim chiziqlari tushunchasidan foydalaniladi. Oqim chizig'i suyuqlik ichidagi shunday hayoliy chiziqki, uning har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinma chiziq urinish nuqtasi orqali o'tayotgan suyuqlik zarrasi oniy tezligining yo'nalishiga mos bo'ladi (10.1-rasm). Oqim chiziqlari yordamida tezlik vektorining yo'nalishinigina emas, balki tezlik qiymatini ham tasvirlash mumkin. Buning uchun suyuqlik harakati yo'nalishiga perpendikulyar ravishda muayyan sohaga joylashtirilgan birlik yuzani kesib o'tuvchi oqim chiziqlarning soni shu sohadagi suyuqlik zarralari tezligining

qiymatiga proporsional qilib o'tkazilishi lozim. Demak, tezligi kattaroq bo'lgan sohalarda oqim chiziqlari zichroq bo'ladi.

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

Suyuqlik harakatini kinematik tavsiflash



10.2 - rasm

Suyuqlik oqimining statsonar harakatini tekshirish uchun uni hayolan oqim naylariga ajratiladi va har bir oqim nayidagi harakat o'rganiladi. Oqim nayi deganda suyuqlik oqimining shunday hayoliy qismi tushuniladiki, uning yon sirtlari oqim chiziqlaridan tashkil topgan bo'lishi kerak (rasm – 10.2). Bunday nay ichidagi suyuqlik zarrachalari undan tashqariga chiqa olmaydi va nay tashqarisidagi zarralar uning ichiga kira olmaydi. Odatda, oqim nayining ko'ndalang kesimi etarlicha kichik qilib olinadiki, natijada mazkur kesimning barcha nuqtalaridan o'tayotgan suyuqlik zarralarining tezliklarini birday deb hisoblash mumkin. Oqim nayi ichidagi suyuqlik sharra deb ataladi. 10.2 - rasmda tasvirlangan oqim nayining S_1 va S_2 kesimlaridagi suyuqlik oqimining tezliklari mos ravishda V_1 va V_2 , suyuqlikning zichliklari esa ρ_1 va ρ_2 bo'lsin.

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

$$\text{Shuning uchun} \quad \rho_1 V_1 S_1 = \rho_2 V_2 S_2 \quad (10.1)$$

munosabat o'rinli. Siqilmas suyuqliklar uchun $\rho_1 = \rho_2$ bo'ladi. Natijada (10.1) quyidagi ko'rinishga keladi:

$$V_1 S_1 = V_2 S_2 \quad (10.2)$$

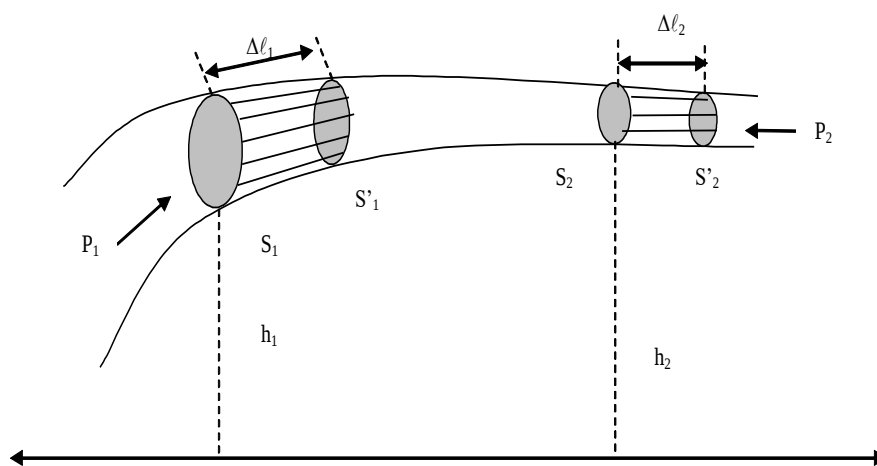
(10.1) ifoda siqiluvchan suyuqliklar uchun, (10.2) esa siqilmas suyuqliklar uchun uzilmaslik tenglamasidir. (10.2) ga asosan, oqim nayi ensizroq bo'lgan sohalarda suyuqlikning oqim tezligi ortib boradi.

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

$$S \cdot v = \text{const} \quad (10.2')$$

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

Bernulli tenglamasi va uni qo'llanilishi.



10.3-rasm

Ideal suyuqlikning oqim tezligi va bosimi orasidagi bog'lanishni aniqlaylik. Buning uchun ideal suyuqlik barqaror oqim ichida ko'ndalang kesimi etarlicha kichik bo'lgan oqim nayini hayolan ajrataylik (10.3-rasm). Oqim nayining S_1 kesimidagi suyuqlik tezligi va bosimini mos ravishda V_1 va P_1 bilan, S_2 kesimidagilarni esa V_2 va P_2 harflari bilan belgilaylik.

S_1 va S_2 kesimlar markazlarining biror gorizontaal satxidan balandliklari mos ravishda h_1 va h_2 bo'lsin. S_1 va S_2 kesimlar bilan chegaralangan oqim nayi ichidagi suyuqlik massasining Δt vaqt davomidagi to'liq energiyasining o'zgarishini aniqlaylik. SHu vaqt davomida suyuqlikning tekshirilayotgan massasi oqim nayi bo'ylab o'ng tomonga siljib qoladi va Δt vaqtning oxirida S_1' va S_2' kesimlar bilan chegaralangan hajmni egallaydi. 10.3-rasmdan ko'rinishicha, tekshirilayotgan suyuqlik massasining S_1 va S_1' kesimlar orasidagi m massali suyuqlik

$$W_1 = \frac{mv_1^2}{2} + mgh_1$$

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

$$W_2 = \frac{m g_2^2}{2} + m g h_2$$

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

$$\Delta W = W_2 - W_1 = \left(\frac{m g_2^2}{2} + m g h_2 \right) - \left(\frac{m g_1^2}{2} + m g h_1 \right) \quad (10.3)$$

miqdoriga o'zgaradi. Energiyaning bu o'zgarishini mexanik energiyaning saqlanish qonuniga asosan, tashqi kuchlarning bajargan ishiga teng bo'lishi lozim. Mazkur holda ish bajaradigan tashqi kuchlar - oqim nayining tekshirilayotgan qismiga suyuqlik tomonidan ta'sir etuvchi bosim kuchidir. Oqim nayining yon devorlariga ta'sir etuvchi bosim kuchlari suyuqlik zarralarining harakati yo'nalishiga tik bo'lganligi uchun ular xech qanday ish bajarmaydi. Shuning uchun S_1 va S_2 kesimlar orqali ta'sir etuvchi $F_1 = P_1 S_1$ va $F_2 = P_2 S_2$ kuchlarga ish bajaradi. Δt vaqt davomida S_1 - kesimdagi suyuqlik zarralari $\Delta \ell_1 = g_1 \cdot \Delta t$ masofaga siljiganligi tufayli F_1 kuch bajargan ishning qiymati

$$\Delta A_1 = F_1 \Delta \ell_1 = P_1 S_1 g_1 \Delta t$$

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

$$\Delta A_2 = -F_2 \Delta \ell_2 = -P_2 S_2 g_2 \Delta t$$

bo'ladi.

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

$$\Delta A = \Delta A_1 + \Delta A_2 = P_1 S_1 g_1 \Delta t - P_2 S_2 g_2 \Delta t \quad (10.4)$$

10.3-rasmdan ko'rinadiki, $S_1 g_1 \Delta t$ - oqim nayiga Δt vaqt davomida S_1 kesim orqali kirayotgan suyuqlik hajmi, $S_2 g_2 \Delta t$ esa S_2 kesimdan chiqayotgan suyuqlikning hajmi. Ikkinchi tomondan, uzilmaslik tenglamasiga asosan, $S_1 g_1 = S_2 g_2$. Shuning uchun

$$S_2 g_2 \Delta t = S_1 g_1 \Delta t = \Delta V$$

Natijada (10.4) ni quyidagicha yoza olamiz

$$\Delta A = P_1 \Delta V - P_2 \Delta V \quad (10.5)$$

Yuqorida qayd qilganimizdek, ideal suyuqlikning statsionar oqimida $\Delta W = \Delta A$ shart bajarilishi lozim. Shunga asosan (10.3) va (10.5) ifodalarni birlashtirib quyidagi tenglamani hosil qilamiz.

$$\frac{m g_1^2}{2} + m g h_1 + P_1 \Delta V = \frac{m g_2^2}{2} + m g h_2 + P_2 \Delta V$$

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

$$\frac{\rho g_1^2}{2} + \rho g h_1 + P_1 = \frac{\rho g_2^2}{2} + \rho g h_2 + P_2 \quad (10.6)$$

munosabat vujudga keladi. Hisoblashlarda S_1 va S_2 kesimlarni ixtiyoriy ravishda tanlagan edik. Shuning uchun (10.6) munosabat oqim nayining ixtiyoriy kesimlariga ham talluqlidir.

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

$$\frac{\rho g^2}{2} + \rho g h + p = \text{const} \quad (10.7)$$

shart bajariladi. Bu ifodani Bernulli tenglamasi deb ataladi.

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

1. p -harakatlanuvchi suyuqlik ichidagi bosim, statik bosim deb ataladi. (10.7) ga asosan statik bosim

$$p = \text{const} - \frac{\rho g^2}{2} - \rho g h \quad (10.8)$$

munosabat bilan aniqlanadi. Agar mazkur ifodada $g = 0$, $h = 0$ deb olsak, $p = p_0 = \text{const}$ bo'ladi. Bundan Bernulli tenglamasidagi o'zgarmasning ma'nosi kelib chiqadi: u tinch turgan suyuqlikning sanoq boshi tarzida qabul qilingan sathdagi (nolinchi sath) bosimdir. U holda (10.8) ga asosan, oqim tezligi ortsa yoki oqim nayini nolinchi sathga nisbatan balandroq ko'tarilsa, statik bosimning qiymati kamayadi, degan xulosaga kelamiz.

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

3. $\rho g h$ - gidravlik bosim. U oqim nayi h balandlikka ko'tarilgan taqdirda statik bosimning qanchagacha kamayishini ifodalaydi.

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

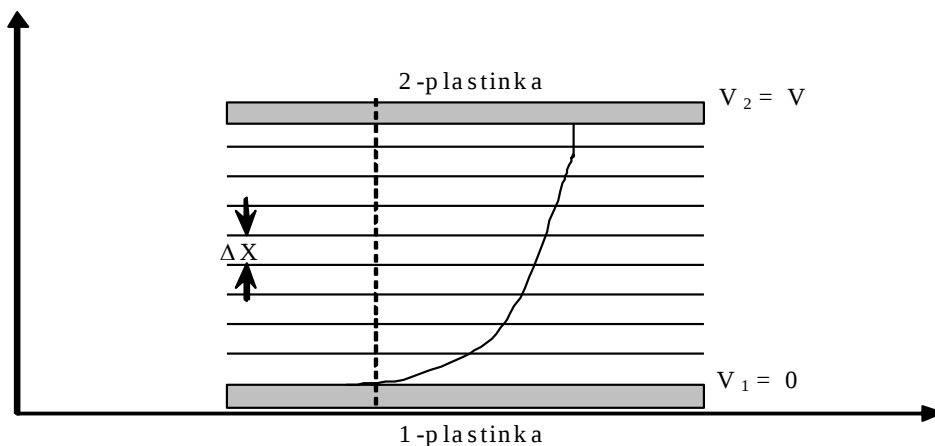
Bosimni xalqaro birliklar tizimi "SI" dagi o'lchov birligi sifatida 1 m² yuzaga tik ravishda ta'sir etayotgan 1 N kuchning bosimi qabul qilinib, unga Paskal (Pa) deb nom berilgan

$$[P] = \left[\frac{F}{S} \right] = \left[\frac{H}{M^2} \right] = \text{Па}$$

Yopishqoqlik koeffitsienti. Suyuqlikni quvrtdagi oqimi. Puazeyl formulasi, o'xshashlik qonuni.

Suyuqlik (gaz) qatlamlarining bir-biriga nisbatan harakatlanishi jarayonida ichki ishqalanish kuchlari vujudga keladi. Bunga quyidagi tajribada ishonch hosil qilish mumkin. Ikki o'zaro paralel gorizontal plastinkalarning biri ikkinchisining tepasida joylashgan bo'lib, ular oralig'ida biror suyuqlik, masalan, suv qatlami mavjud (10.4-rasm). Pastdagi plastinka harakatlanmaydi, ya'ni $v_1 = 0$. Yuqoridagi plastinkani $v_2 = v$ tezlik bilan harakatlantiraylik. Bu plastinkaga bevosita tegib turgan suyuqlik qatlami molekulyar tutinish kuchi tufayli plastinkaga yopishgan bo'ladi va u bilan birga v tezlik bilan harakatlanadi. Pastdagi plastinkaga bevosita tegib turgan suyuqlik qatlami esa shu ko'zg'almas plastinkaga yopishganligi

tufayli harakatlanmaydi. Oraliq qatlamlarning tezliklari esa 10.4-rasmda tasvirlangan.



10.4-rasm

Suyuqlik har bir qatlamning o'ziga qo'shni quyi qatlamga nisbatan tezligi harakatlanayotgan plastinka yo'nalishida, qo'shni yuqori qatlamga nisbatan tezligi esa plastinka harakatiga teskari yo'nalgan bo'ladi. Bundan quyidagi hulosaga kelamiz: suyuqlikning ikki qo'shni qatlamlariga oid molekular orasidagi o'zaro tutinish tufayli quyi qatlam yuqori qatlam tezligini kamaytiradi va aksincha, yuqori qatlam quyi qatlam tezligini oshiradi. Suyuqlikning bir-biriga nisbatan harakatlanayotgan qatlamlari orasida vujudga kelayotgan bu kuchni ichki ishqalanish kuchi deb yuritiladi, ichki ishqalanish kuchi bilan bog'liq bo'lgan suyuqlik hossasi esa yopishqoqlik deb ataladi.

Tajribalarning ko'rsatishicha, suyuqlikning ikki qatlami orasidagi ichki ishqalanish kuchi (F) ning qiymati qatlamlarning bir-biriga tegish sohasining yuzi (S) ga va tezlik gradienti deb ataladigan $\frac{\Delta v}{\Delta x}$ kattalikka to'g'ri proporsional :

$$F = \eta S \frac{\Delta v}{\Delta x} \quad (10.9)$$

Bu ifoda Nyuton formulasi deb ataladi. Undagi tezlik gradienti suyuqlik qatlamlari tezliklarining bir qatlamdan ikkinchi qatlamga o'tganda (Δv yo'nalishida) o'zgarish jadalligini harakterlaydi. (10.9) dagi η - suyuqlikning tabiatiga bog'liq bo'lib, u suyuqlikning (dinamik) yopishqoqlik koeffitsienti deb yuritiladi.

Yopishqoqlik koeffitsientining o'lchov birligini

$$\eta = \frac{F}{S \frac{\Delta v}{\Delta x}} \quad (10.10)$$

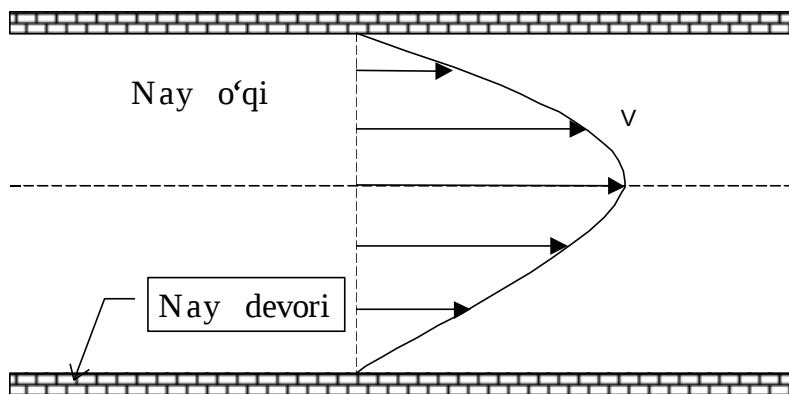
munosabatdan foydalanib aniqlaymiz: yopishqoqlikning xalqaro birliklar tizimi «SI» dagi birligi sifatida shunday suyuqlikning yopishqoqligi qabul qilinishi kerakki, tezlik gradienti $\frac{\Delta v}{\Delta x} = 1 \text{ c}^{-1}$ bo'lgan holda mazkur suyuqlikning ikki bir-biriga tegib turgan qatlami orasidagi $S = 1 \text{ m}^2$ sirtida 1 N ga teng ichki ishqalanish kuchi vujudga keladi. Bu birlik paskal - sekund ($\text{Pa} \cdot \text{s}$) deb ataladi. Haqiqatan,

(10.10) da F , S , $\frac{\Delta g}{\Delta x}$ larning o‘rniga ularning xalqaro birliklar tizimi «SI» dagi birliklarini qo‘yib $[\eta] = \frac{H}{M^2 C^{-1}} = \frac{H}{M^2} \cdot c = \Pi a * c$ ni hosil qilamiz.

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

Suyuqliklarning yopishqoqligi temperaturaga teskari proporsional ravishda o‘zgaradi. Buning sababi - temperatura ortishi bilan suyuqlik molekulalari orasidagi o‘zaro ta’sirning susayishidir.

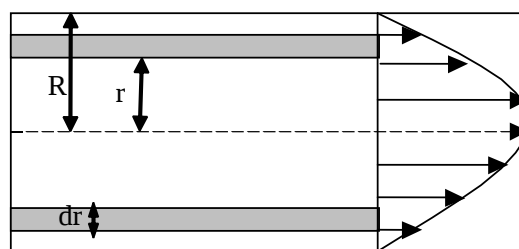
Stoks formulasi. Hidrodinamik betayinlik. Turbulentlik.



10.5-rasm

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

Molekulyar tutinish tufayli suyuqlikning qattiq jismga bevosita tegib turgan yuqqagina qatlami shu qattiq jismga “yopishgan” bo‘ladi. Qattiq jism harakatlangan xolda, 10.2- rasmda tasvirlangan tajribadagi yuqori plastinka harakatlanganda unga “yopishgan” suyuqlik qatlami ham harakatlanadi. Ichki ishqalanish kuchlari tufayli bu qatlam qo‘shni qatlamni ilashtiradi, u esa o‘ziga qo‘shni bo‘lgan yana bir qatlamni ilashtiradi va hokazo. Qattiq jism sirtidan unga perpendikulyar yo‘nalishda uzoqlashgan sari suyuqlik qatlamlarining tezliklari kamayib boradi.



10.6-rasm

Suyuqlikning qatlamsimon oqishini kuzatish maqsadida shaffof shishadan yasalgan qo'zg'almas nayni gorizontaal ravishda joylashtirib, uning ichidan biror suyuqlikni (suv) tashqaridan bosim berish usuli bilan oqizaylik. Tashqaridan berilayotgan bosimga monand ravishda suvning oqish tezligini o'zgartirish mumkin. Suv oqishning manzarasini kuzatish uchun suv oqimi ichiga biror rangli suyuqlik sharrasini kirgizamiz. Kuzatishlardan aniqlanishicha, suv oqimining unchalik katta bo'lmagan tezliklarda rangli sharraning shakli nayning barcha qismlarida saqlanadi. Demak, suyuqlik zarralarining bir qatlamdan boshqa qatlamga o'tishlari sezilarli darajada kuzatilmaydi. Boshqacha qilib aytganda, suyuqlik qatlamlari bir-biri bilan aralashmasdan bir-biriga nisbatan siljiydi, ya'ni qatlamsimon oqish sodir bo'ladi. Suyuqlikning bunday harakatlanishi laminar oqish deb ataladi. Tajribalarning ko'rsatishicha, laminar oqish sodir bo'layotgan suyuqlik qatlamlarining tezliklari nay o'qidan uzoqlashgan sari parabolik qonun asosida o'zgarib boradi.

Ingichka kapilyar quvrlardagi suyuqlikning laminar oqishini fransuz fizik va fiziolog olimi J. Puazeyl (1799- 1869) tekshirgan R - radiusli va ℓ uzunlikdagi kapilyar kuvrni olamiz. Suyuqlik ichida qalinligi dr va r radius bilan chegaralangan qatlamni fikran ajratib olamiz 10.3-rasm. Bu qatlamga ichki tomondan ichki ishqalanish kuchi ta'sir etadi.

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

Berilgan suyuqlikning oqimi uchun ichki ishqalanish kuchi tsilindirning chekkalaridagi bosimlar farqiga proporsional bo'ladi:

$$-\eta 2\pi r \ell \frac{d\mathcal{G}}{dr} = \Delta p \pi r^2$$

bundan

$$d\mathcal{G} = \frac{-\Delta p}{2\eta \ell} r dr$$

Silindr o'qidan R masofada suyuqlikning tezligi $\mathcal{G} = 0$ deb hisoblab, oxirgi tenglamani integrallash orqali quyidagini hosil qilamiz.

$$\mathcal{G} = \frac{\Delta p}{4\eta \ell} (R^2 - r^2) \quad (10.11)$$

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

t vaqt ichida trubadan oqib chiqayotgan suyuqlikning hajmi:

$$V = \int_0^R \mathcal{G} t 2\pi r dz = \frac{2\pi \Delta p t}{4\eta \ell} \int_0^R r (R^2 - r^2) dr = \frac{\pi \Delta p t}{2\eta \ell} \left[\frac{r^2 R^2}{2} - \frac{r^4}{4} \right]_0^R = \frac{\pi R^4 \Delta p t}{8\eta \ell} \quad (10.12)$$

Bundan suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsienti

$$\eta = \frac{\pi R^4 \Delta p t}{8 \mathcal{G} \ell} \quad (10.13)$$

ifoda bilan xarakterlanadi.

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

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

$$Re = \frac{\rho g \ell}{\eta} \quad (10.14)$$

o'lchamsiz kattalikka bog'liqligi aniqlangan. (10.14) dagi: ρ - suyuqlik zichligi, g - nay kesimi bo'yicha suyuqlik oqishining o'rtacha tezligi, η - suyuqlikning yopishqoqligi, ℓ - nay kesimining o'lchami.

(10.14) dagi η va ρ larning nisbatini kinematik yopishqoqlik deb ataldigan $\nu = \eta / \rho$ kattalik bilan almashtirsak, quyidagi ko'rinishga keladi:

$$Re = g \cdot \ell / \nu \quad (10.15)$$

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

Qattiq jism va suyuqlikning o'zaro ta'sirlashishida vujudga keluvchi kuchlar qo'zg'almas suyuqlik ichida qattiq jism harakatlanganda ham yoki suyuqlik harakatlanib qattiq jism esa qo'zg'almas bo'lganda ham, bir hil bo'ladi.

Qattiq jism suyuqlikda harakatlanish jarayonida qarshilikka uchraydi. Suyuqlik tomonidan jismga ta'sir etuvchi kuch, umumiy holda, harakat yo'nalishi bilan biror burchak hosil qiladi. Tajribalarning ko'rsatishicha, bu kuch ikki kuchning yig'indisidan iborat (10.4-rasm):

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

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

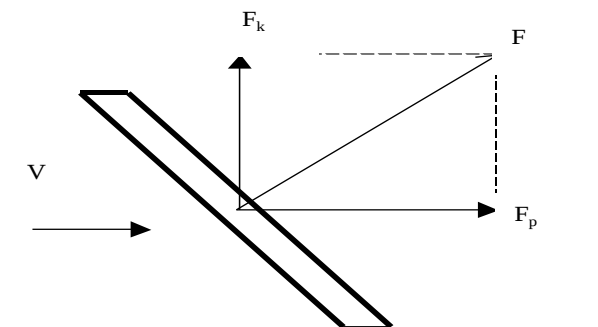
Bu kuchlarning vujudga kelishi va tabiati bilan tanishaylik. Tekshirishlardan aniqlanishicha, mazkur kuchlar qattiq jismga tegib turgan suyuqlik qatlami (chegaraviy qatlam) da yuzaga keladi. Chegaraviy qatlam deganda suyuqlikning shunday qatlami tushuniladiki, undagi suyuqlik zarralarining tezligi noldan

suyuqlik oqish tezligiga teng bo'lgan qiymatigacha o'zgaradi. Binobarin, chegaraviy qatlamda suyuqlikning yopishqoqligi tufayli tezlik gradienti mavjud. Chegaraviy qatlam qalinligi taqriban

$$\delta = \frac{\ell}{\sqrt{Re}} \quad (10.16)$$

ifoda yordamida aniqlanishi mumkin.

(10.16) dagi: ℓ - jismning harakterli o'lchami, Re - Reynolds soni.



10.7-rasm

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

$$F_{ishq} = S_x \cdot g \quad (10.17)$$

munosabat o'rinli bo'ladi.

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

$$F_{ishq} = 6\pi\eta gr \quad (10.18)$$

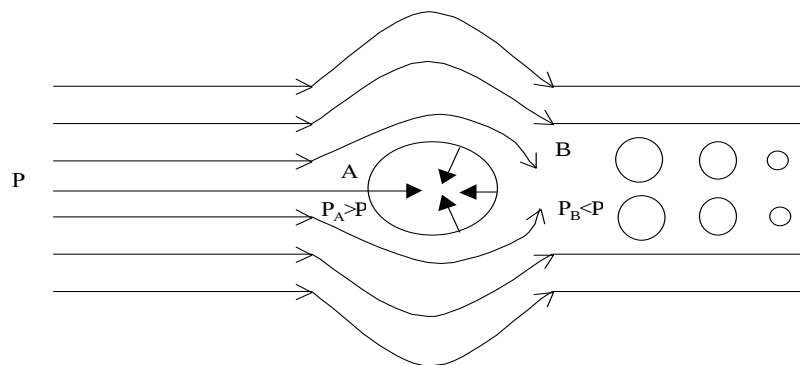
ifoda bilan aniqlanadi. (10.11) ni Stoks ((1819 - 1903) ingliz fizik olimi) formulasi deb ataladi.

Oqish tezligining ancha katta qiymatlarida, masalan, $Re \geq 104$ bo'lganda, chegaraviy qatlamning qalinligi (δ) jism o'lchamining 0,01 ulushidan ham kichik bo'ladi. Mazkur holda jismni o'rab turgan yupqa chegaraviy qatlam suyuqlikning umumiy oqimidan keskin ajralib turadi. Tajribalarning ko'rsatishicha, suyuqlik va jismning bir-biriga nisbatan harakat tezligini orttirib borsak, biror paytda manzara o'zgaradi (10.5-rasm). Jismning orqa tomonida uyurmalar vujudga kelib, ular vaqt-vaqti bilan uziladi. Oqim bu uyurmalarini olib ketishi tufayli uyurmalaridan iborat yo'l hosil bo'ladi. Jismdan ancha uzoqlikda uyurmalar yo'qolib, yana oqish qatlamsimon shaklini tiklaydi.

G'alayonlanmagan suyuqlikni bosimini R deb belgilasak, jismning orqa tomonida vujudga kelayotgan uyurmalar sohasidagi bosim $RV < R$.

Jismning old qismidagi bosim esa, Bernulli tenglamasiga asosan, $R_A > R$. Shuning uchun suyuqlik tomonidan jismga ko'rsatiladigan natijaviy bosim kuchi (FV) oqish yo'nalishida ta'sir etadi. Uning qiymati oqish tezligi (ϑ) ga, suyuqlik zichligi (ρ) ga va jism orqasida hosil bo'ladigan uyurmalar sohasining kattaligiga bog'liq bo'lib,

$$F_B = C_x S \frac{\rho \vartheta^2}{2} \quad (10.19)$$



10.8-rasm

ifoda bilan aniqlanishi mumkin. Bunda S - jismning oqishga tik yo'nalishga proeksiyasining yuzi. SHuni alohida qayd qilmoq lozimki, jism shaklining bosim qarshiligiga xissasi juda sezilarli bo'ladi.

Samolyot qanotining ko'tariluvchanlik xislati ham ko'taruvchi kuchdan foydalanishga asoslangan. Ko'taruvchi kuch (10.19) ga o'xshash quyidagi ifoda bilan aniqlanishi mumkin:

$$F_k = C_u \cdot \frac{\rho \vartheta^2}{2} \cdot S \quad (10.20)$$

Samolyot qanoti uchun ko'tarish kuchi juda katta bo'lishi, bosim kuchi esa (peshona qarshilik kuchi) juda kichik bo'lishi lozim. Qanotning sifati $K = S_u/S_x$ ifoda bilan aniqlanadi.

Ko'taruvchi kuch koeffitsientiga jismlar geometrik shaklining ta'sirlarini "rus aviatsiyasining otasi" N.E.Jukovskiy chuqur tekshirgan.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Qanday suyuqlikka ideal suyuqlik deyiladi?
2. Siqilmas suyuqlik uchun uzulmaslik tenglamasini yozing va izohlang.
3. Bernulli tenglamasini yozing va tenglamani tashkil etuvchi qismlarini tushuntirib bering
4. Yopishqoqlik kuchi qanday sodir bo'ladi?
5. Yopishqoqlik koeffitsientiga ta'rif bering.
6. Nyuton formulasini tushuntirib bering.
7. Kinematik yopishqoqlik nimani ifodalaydi?
8. Reaktsiya kuchlari qanday hosil bo'ladi?

9. Samolyot nima sababdan havoga ko'tariladi?

8-mavzu

STATISTIK FIZIKA ASOSLARI.

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 gacha
Mashg'ulot shakli	Kirish-axborotli ma'ruza
Ma'ruza rejasi	1.Tadqiqotning statistik va termodinamik uslublari. Makroskopik holatlar. 2.Issiqlik harakati. Makroskopik parametrlar. 3. Ideal gazlar holat tenglamasi. 4.Ichki energiya. Intensiv va ekstensiv parametrlar. Bosim uchun ideal gazning holat tenglamasi. 5. Gaz bosimini molekulyar-kinetik nazariya
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Gazlar molekulyar – kinetik nazariyasining asoslarini o'rganish.	
Pedagogik vazifalari: Fizik hodisalarni tekshirishdagi ikki usul haqida. Muvozanatli holatlar va jarayonlar. Sistema parametrlari. 4.Diffuziya. Gazlar, suyuqliklar va qattiq jismlar molekulalarining harakati	O'quv faoliyatining natijalari: Molekulyar kinetik nazariyaning asoslari nimalardan tashkil topishi Broun harakatini tushuntirish Gazlar molekulyar – kinetik nazariyasining asosiy formulasini yozish va tushuntirish Diffuziya hodisasi Diffuziya hodisasi suyuqlikda, gazda va qattiq jismlarda qanday ro'y berishi. Temperatura nima Selsiy shqalasining kil`vin shkalasidan farqi nima Qaysi shkala amaldagi halqaro temperatura shkalasi bo'lib hisoblanishi
Ta'lim berish usullari	Ko'rgazmali ma'ruza suhbatlari
Ta'lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy
Ta'lim berish vositalari	O'quv qullanma proektor slaydlar
Ta'lim berish sharoiti	O`TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og`zaki nazorat,savol-javob

Ma'ruza holatining texnologik kartasi

Bosqichlar, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O'qituvchi	talaba
1-bosqich. Kirish(5 min.)	1.1. Mavzu, maqsad va rejalashtirilgan o'quv natijalarini e'lon qiladi. 1.2. Reja va muammoli holatlarni ifodalovchi savollarni ekranga chiqaradi.	1.1.Eshitadilar, yozib oladilar. 1.2.E'tabor beradilar.
2-bosqich. .Bilimlarni faollashtirish (10 min).	2.1. Asosiy kategoriya va tushunchalarni va ma'ruza oxirida yechiladigan masalalarni namoyish qiladi. 2.2.O'quv faoliyatini baxolash mezonlari malum qilinadi.	
3bosqich. Asosiy (55 min.)	3.1 Ma'ruza davomida asosiy tushunchalarni qayd etish lozimligini uqtiradi.Talabalar yozib olishlarini takidlaydilar 3.2Molekulyar kinetik (statistik) va termodinamik usul. 2.Muvozanatli jarayonlar va ularni termodinamik diagrammada tasvirlash. 3.Molekulyar -kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi keltirib chiqarish va tushintirish	3.1.Asosiykattaliklar, ifodalarni yozadilar 3.2. Yozadilar. 3.3. berilgan chizmalarni chizib oladilar.
4- bosqich. Yakuniy (10 min.)	4.1.Mavzuga xulosa yasaydi. O'quv jarayonida faol ishtirok etgan talabalarbi rag'batlantiradi. 4.2. Mustaqil ishlash va nazariy bilimlarni mustaxkamlash. Mustaxkamlash uchun savvolarni beradi:	4.1.eshitadi. 4.2.topshiriqni yozib oladilar.

8- ma'ruza: STATISTIK FIZIKA ASOSLARI

Reja

1. Tadqiqotning statistik va termodinamik uslublari. Makroskopik holatlar.
2. Issiqlik harakati. Makroskopik parametrlar.
3. Ideal gazlar holat tenglamasi.
4. Ichki energiya. Intensiv va ekstensiv parametrlar. Bosim uchun ideal gazning holat tenglamasi.
5. Gaz bosimini molekulyar-kinetik nazariya asosida tushuntirish.

Tayanch so'zlar va iboralar: Molekula, molekulyar kinetik nazariya va uning qoidalari, Broun harakati, moddaning gaz, suyuq va qattiq holatlari, modda holatining parametrlari, tadqiqotning statistik va termodinamik usullari, temperatura shkalalari, zichlik, bosim, ideal gaz, ideal gazlardagi izojarayonlar va ularning formula va grafiklari, gaz holati tenglamalari, universal gaz doimiysi, molyar massa, Avogadro va Dalton qonunlari, massaning atom birligi, molekulyar kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi, o'rtacha kvadratik tezlik, o'rtacha kinetik energiya, Boltsman doimiysi.

Molekulyar - kinetik nazariya asoslari va uni tajribalarda tasdiqlanishi

Jismlarni mayda zarrachalardan - atomlardan tashkil topganligi haqidagi tushuncha qadim zamonlarda paydo bo'lgan bo'lib, bu haqida grek faylasufi Demokrit (eramizdan oldingi V asr) aniq fikrlarni aytib o'tgan. Keyinchalik jismlarni atomlardan tuzilganligi haqidagi bunday ta'limot unutilib ketdi. Lekin u XVI asrda Gassendi, XVII asrda Boyle, XVIII va XIX asrlarda Lomonosov, Dalton, Klauzius, Boltsman, Maksvell va boshqa olimlar tomonidan klassik molekulyar - kinetik nazariya deb nom olgan ilmiy nazariya sifatida yaratildi.

Energiyaning saqlanish qonunini kashf etilishi molekulyar-kinetik nazariyaning yanada rivojlanishiga olib keladi. 1856 yilda Krenigning "Gazlar nazariyasi asoslari" kitobi bosilib chiqdi. 1857 yilda Klauzius (1822-1888) o'z risolasida gazlar kinetik nazariyasining ko'p masalalarini echilishini va bu nazariyaning asosiy tenglamasini kelib chiqishini ko'rsatib berdi. 1860 yilda Maksvellning "Gazlar dinamik nazariyasini tushuntirish" deb nomlangan klassik ishi bosilib chiqdi. U bu asarida birinchi marta statistik usul orqali molekulalarning tezliklari haqidagi masalani ochib berdi. Molekulyar kinetik nazariya uchta muhim qoidani o'z ichiga oladi.

Hamma moddalar molekula deb ataluvchi mayda zarrachalardan tashkil topgan. Ma'lum bir modda bir xil molekulalar to'plamidan iborat. Tabiatda turli - tuman moddalar uchragani uchun ularning molekulalari ham har xil bo'ladi. Molekulalar o'z navbatida atom deb ataluvchi mayda zarrachalardan tashkil topgan. Tabiatdagi atomlar turi sanoqli, u Mendeleev elementlar davriy sistemasidagi elementlar va ularning izotoplari soniga teng.

Atom ham murakkab tuzilishga ega bo'lib, musbat zaryadli yadrodan va uni o'rab olgan manfiy zaryadli elektron qobiqlardan tashkil topgan. Ammo,

molekulyar - kinetik nazariyada atomni qanday tuzilganiga e'tibor bermay, uni qattiq elastik shar deb qaraladi.

Atom va molekulalarning diametri 10^{-8} - 10^{-7} sm atrofida bo'lib, 10 million molekulani yonma-yon qo'yib chiqilsa, 1-10 mm.li zanjir xosil bo'ladi. Lekin bir tomchi suvdagi molekulalardan shunday zanjir tuzilsa, 300 mln.km.li zanjir xosil bo'ladi. Bunday zanjir bilan Er va Quyoshni o'rab olsa bo'ladi.

Molekulalar orasida bir vaqtning o'zida o'zaro tortishish va itarishish kuchlari mavjud. O'zaro ta'sir kuchlari molekulalar orasidagi masofaga kuchli darajada bog'liq bo'ladi. Molekulalar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari elektr tabiatga egadir. O'zaro itarishish kuchlarini musbat, o'zaro tortishish kuchlarini manfiy deb hisoblanadi. Molekulalar o'zaro ta'sirlashgani uchun kinetik energiyadan tashqari potensial energiyaga ham ega bo'ladi.

Moddani tashkil qilgan molekulalar to'xtovsiz betartib harakatda bo'ladi. Ular bir-biri bilan to'qnashish natijasida tezligi va o'z yo'nalishlarini doimo o'zgartirib turadi. Temperatura ortishi bilan molekulalarning tartibsiz harakat tezligi ham ortadi. Molekulalarning harakat tezligi moddaning ichki energiyasini belgilaydi. Molekulalarning tartibsiz harakatini issiqlik harakati deb ataladi. Moddaning ichki energiyasi deganda molekulalarning kinetik va potensial energiyalarini yig'indisi tushuniladi.

Moddani temperaturasi ortishi bilan molekulalarning issiqlik harakati kuchayishi va molekulalar orasidagi masofa ortishi natijasida molekulalar orasidagi tortishish kuchi kamayib, modda suyuq holatga o'tadi. Temperatura yana ortirilsa, molekulalar orasidagi masofa ortib ($r > 1,5 \cdot 10^{-7}$ sm), molekulalar orasidagi o'zaro tortishish kuchlari juda kamayib ketadi, natijada modda suyuq holatdan gaz holatga o'tadi. Shunday qilib moddani qattiq, suyuq yoki gaz holatda bo'lishi modda molekulalarini issiqlik harakat tezligiga va tashqi sharoitga bog'liq.

Moddalarni molekulalardan tashkil topganligi, molekulyar-kinetik nazariyaning biz yuqorida ko'rib o'tgan uch qoidasi to'g'riligi ko'p tajribalarda uzil - kesil isbotlandi. Moddalarning molekulalardan tuzilganligini oddiy ko'z yoki mikroskop bilan ko'rib bo'lmaydi. Elektron mikroskoplar bilan ulkan molekulalarni, masalan, oqsil molekulasini ko'rish mumkin. Lekin keyingi vaqtda elektron mikroskoplarni takomillashtirish natijasida ayrim atomlarni ham ko'rishga muvaffaq bo'lindi.

Gazlarni siqilishi natijasida ularning hajmini kamayishi molekulalar orasida ma'lum masofa borligini ko'rsatadi. Gaz siqilganda molekulalar orasidagi masofa kichrayadi. Molekulalar orasida tortishish va itarishish kuchlari borligi qattiq jismning o'z shaklini saqlashga intilishida ko'rinadi. Qattiq jismni ozgina deformatsiyalash uchun ham katta mexanik kuchlanish kerak. Ularning cho'zilishiga molekulalar orasidagi tortishish kuchlari, siqilishga esa molekulalar orasidagi itarishish kuchlari qarshilik qiladi. Qattiq jismni sindirib bo'laklarga bo'lish uchun ham katta kuchlanish kerak. Ma'lumki, bu katta kuchlanish molekulalar orasidagi o'zaro tortishish kuchini engish uchun sarflanadi. singan qattiq jismni qayta butun qilib bo'lmaydi, chunki qattiq jismni singan parchalari bir-biriga jips yopishmaydi, bunga uni sirtidagi g'adur-budurliklar to'sqinlik qiladi. Agar bir-biriga biriktirilayotgan qattiq jismlarning sirti juda silliq qilinsa, qattiq

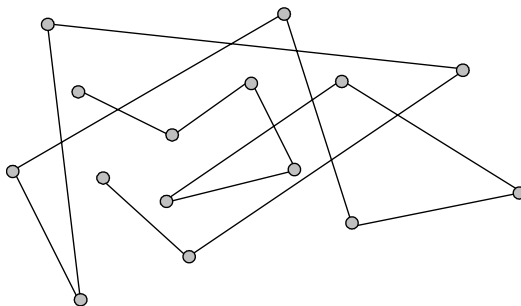
jism sirtidagi ko'pchilik molekulalar bir-biriga juda yaqin kelishi natijasida molekulalar orasida o'zaro tortishish kuchi hosil bo'lib, qattiq jism bo'laklari yopishib qolishi mumkin. Masalan, sirti silliqqlanib yopishtirilgan ikkita shisha plastinkani bir-biridan ajratish uchun 5.105 Pa chamasida kuchlanish kerak bo'ladi. Qattiq jismlarni bir-biriga elimlab biriktirish, payvandlash, molekulalar orasida o'zaro tortishish kuchlari borligiga asoslangan.

Molekulalarning tartibsiz harakatini diffuziya hodisasida va Broun harakatida ko'rishimiz mumkin. Agar shisha idish tubiga bir tomchi brom tomizilsa, bir necha sekunddan so'ng idish tubida to'q jigarrang brom bug'lari xosil bo'ladi. Bu bug' tepaga ko'tarilib, havo bilan aralasha boshlaydi, ya'ni diffuziya jarayoni kuzatiladi. Havo va brom molekulalarini diffuziyasi ularning molekulalarining betartib issiqlik harakati tufayli yuz beradi.

1827 yilda ingliz tabiatshunosi Broun molekulyar-kinetik nazariyani tasdiqlovchi muhim kashfiyot qildi. U tajribada suyuqlik ichida muallaq turgan gul changi zarrachalari doimo betartib harakat qilishi natijasida ularning ma'lum vaqt davomidagi vaziyatlari murakkab siniq chiziqlar shaklida bo'lishini kuzatdi.

11.1-rasmda Broun zarrachasini 30 s davomidagi vaziyatlari ko'rsatilgan. Suyuqlik ichidagi zarrachalarni bunday harakat qilishiga ularga suyuqlik molekulalarini turli tomonlardan kelib urilishi sabab bo'ladi.

Bir vaqtning o'zida zarrachaga suyuqlik molekulalarining bir nechta urilishi mumkin. Lekin unga qaysi tomondan ko'proq molekulalar urilsa, zarracha o'sha molekulalar yo'nalishida siljiydi, keyin boshqa tomondan ko'proq molekulalar urilishi natijasida yana harakat yo'nalishi o'zgaradi va bu jarayon uzluksiz davom etadi. Suyuqlik ichidagi zarrachaning bunday murakkab harakati broun harakati deb ataladi.



11.1-rasm

Broun harakatini gazlarda ham kuzatish mumkin. Agar Quyosh nurlari deraza oynasidan tushayotgan bo'lsa, siz havodagi chang zarrachalarida broun harakatini kuzatishingiz mumkin. Broun harakatini kuzatib gaz va suyuqlik molekulalarining ham betartib harakat qilishi haqida xulosa chiqarish mumkin.

Molekulyar-kinetik nazariya bilan jismlarning ko'p xossalari va ularda yuz beradigan ko'p hodisalarning fizik mohiyatini tushunish mumkin. Masalan, bunday hodisalar qatoriga issiqlik o'tkazuvchanlik, ichki ishqalanish, diffuziya, modda holatlarini o'zgarishi va boshqalarni olish mumkin.

Molekulyar-kinetik nazariyani gazlarga juda yaxshi qo'llash mumkin. Lekin qattiq va suyuq holatdagi moddalarga qo'llash bilan ham juda ko'p muhim qonuniyatlar aniqlangan. Biz quyida shu nazariyani oldin gazlarga qo'llanishini ko'rib chiqamiz.

Molekulyar fizikada tadqiqotning statistik va termodinamik usullari. Makroskopik holatlar va parametrlar.

Biz oldin molekulyar fizika nimani o'rganishiga to'htalib o'taylik. Molekulyar fizika makroskopik jismlarning (qattiq, suyuq va gaz holatdagi) fizik xossalarini va ularni tashkil qilgan mikrozarrachalarning (atomlar, molekulalar, ionlar) issiqlik harakati va o'zaro ta'siri tufayli sodir bo'luvchi fizik jarayonlarni o'rganadi.

Makroskopik jismlarning (sistemalarining) xossalari ularni tashkil qilgan mikrozarrachalarning betartib harakati natijasida sodir bo'luvchi mikrojarayonlar bilan aniqlangani uchun shu mikrojarayonlarni ko'rib o'tish asosida ularning xossalarini tushuntirish va miqdoriy ifodalash mumkin. Masalan, jism (sistema) holatining makroskopik parametrlaridan biri bo'lgan temperatura - shu jismni tashkil qilgan molekulalarning betartib harakati jadalligi bilan belgilangani uchun molekulalar tezligi orqali miqdoriy ifodalash mumkin. Lekin sistemani tashkil qilgan molekulalarning yagona harakat tezligi yo'q, ularning tezligi har xil bo'lib, vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadi. Shuning uchun jism temperaturasini molekulalarning o'rtacha tezligi orqali ifodalash mumkin. Bosim ham sistemaning makroskopik parametrlaridan biridir. U ham sistemani tashkil qilgan molekulalar massasi, kontsentratsiyasi, o'rtacha tezligi orqali aniqlanadi. Makroskopik sistema xossalarini, uni tashkil qilgan molekulalarning harakatini aniqlovchi kattaliklarning o'rtacha qiymatlari orqali tavsiflashga, molekulyar-kinetik yoki statistik usul deyiladi.

Ammo, makrosistemaning (jism) xossalarini uni ichki tuzilishiga va ichida sodir bo'luvchi jarayonlarga e'tibor bermasdan ham o'rganish mumkin. Chunki, sistemaning ko'p xossalari energiyaning bir turdan boshqa turga o'tish jarayonlariga bog'liq. Energiyaning bir turdan boshqa turga o'tish qonunlarini molekulyar fizikaning termodinamika bo'limi o'rganadi. Makroskopik sistema xossalarini sistemada sodir bo'ladigan energiyaning o'zgarish qonunlari orqali tasviflashga termodinamik usul deyiladi. Bu usulda sistemaning xossalari uning ichida sodir bo'luvchi molekulyar hodisalarni hisobga olmay o'rganiladi. Ko'p kuzatishlar natijalarini umumlashtirish tufayli sistemadagi energiya o'zgarishlarini ifodalovchi asosiy qonunlar aniqlanib, termodinamika asoslari yaratildi.

Molekulyar fizikaga oid tadqiqotlarda statistik (molekulyar - kinetik) va termodinamik usullarning har ikkisidan ham foydalaniladi. Ko'p hollarda bu usullar bir-birini to'ldiradi. Masalan, entropiyani o'rganishda har ikki usul ham qo'llaniladi.

Endi sistema holatini belgilovchi parametrlarga to'xtalib o'taylik. Sistema xossalari tekshirish uchun tajribalarda bevosita o'lchanadigan kattaliklardan foydalanish lozim. Sistema holatini belgilaydigan bu kattaliklarni sistema parametrlari deb ataladi. Bu parametrlarga hajm, temperatura, bosim, modda miqdori kiradi.

Hajm. Suyuq holatdagi moddani tashkil qilgan molekulalar orasidagi tortishish kuchlari ancha katta bo'lgani uchun ular o'zlarini hajmini, qattiq

jismlarda bu kuchlar yanada katta bo'lgani uchun o'z shaklini ham saqlaydi. Gazsimon holatdagi modda molekulalari orasida tortishish kuchlari zaif bo'lgani uchun gaz o'z hajmiga ega bo'lmay, o'zi qamalgan idishni to'liq egallaydi. Shuning uchun gazning hajmi sifatida doimo idishning hajmini olinadi.

Hajm xalqaro birliklar tizimi (SI) da metr kub (m^3) larda o'lchanadi. Hajmni o'lchashda litr deb ataluvchi birlik ham ishlatiladi.

$$1l = 10^{-3} m^3$$

Hajmning o'lchami – L^3 .

Jismni (sistemani) zichligini topish uchun uning massasini hajmga nisbatini olish kerak:

$$\rho = m/V, \text{ kg}/m^3.$$

Temperatura. Sistema temperaturasini miqdor jihatdan baholash uchun bir nechta temperatura shkalalaridan foydalaniladi. Xalqaro birliklar tizimi (SI)da temperaturaning absolyut termodinamik (Kelvin) shkalasi ishlatiladi. Bu shkalada suvning uchlanma nuqtasini (uchlanma nuqta deganda ayni bir moddaning qattiq, suyuq, gazsimon fazalari o'zaro muvozanatda bo'ladigan temperatura tushuniladi) xarakterlovchi termodinamik temperaturaning $1/273,16$ ulushi 1 Kelvin (K) deb qabul qilingan. Odatda shved fizigi nomi bilan ataluvchi selsiy shkalasi ham qo'llaniladi, normal bosim ostidagi muzning erish temperaturasi va normal bosim ostidagi suvning qaynash temperaturasining farqini teng 100 qismga bo'lingan va uni 0,01 qismiga 10C deb nom berilgan. Selsiy gradusi miqdor jihatdan Kelvin gradusiga teng. Suvning uchlanma nuqtasining temperaturasi Kelvin shkalasida 273,16 K ga teng deb olindi va uni absolyut shkalaning etalon nuqtasi sifatida qabul qilindi. Mazkur shkalada muzning erish va suvning qaynash temperaturalari mos holda 273,16 K va 373,16K ga teng. Kelvin shkalasi bilan selsiy shkalasi orasida quyidagicha bog'lanish bor:

$$T = t + 273,16 \qquad t = T - 273,16$$

Odatda T absolyut temperatura, t ni esa Selsiy tempearturasi deyiladi.

Shuni aytib o'tish kerakki, ayrim mamlakatlarda boshqa temperatura shkalalaridan ham foydalaniladi. Masalan, Angliya va AQShda Farengeyt shkalasi (unda muzning erish temperaturasi 320G°, suvning qaynash temperaturasi esa 212 G° deb olinadi), Frantsiyada Reomer shkalasi (unda suvning muzlash va qaynash temperaturalari mos holda 00R va 800R deb olinadi) qo'llaniladi.

Bosim. Bosim deb, yuza birligiga ta'sir etuvchi kuch bilan aniqlanuvchi kattalikka aytiladi va SI da Paskal (Pa) bilan o'lchanadi.

$$P = F/S, \qquad 1Pa = 1N/1m^2.$$

Bosimni Paskaldan tashqari millimetr simob ustini (mm sim. ust.) va atmosfera (atm.) deb ataluvchi birliklari ham ishlatiladi. Ular orasida quyidagicha bog'lanish bor:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm sim. ust.} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Modda miqdoriga ideal gaz qonunlarini ko'rib o'tganimizdan keyin to'xtalib o'tamiz.

Ideal gaz qonunlari.

Oldin ideal gaz deganda qanday gaz ko'zda tutilishiga to'xtalib o'taylik. Ideal gaz deb, molekulari o'zaro elastik sharlardek to'qnashadigan, molekularining o'lchamlari juda ham kichik va molekular orasida o'zaro ta'sir kuchlari hisobga olinmaydigan gazga aytiladi. Yuqori temperaturada siyrak gazlarni ham ideal gaz deb qarash mumkin. Odatdagi sharoitda ham geliy, vodorod va ularga o'xshash gazlar ideal gaz uchun qo'yilgan talablarga javob beradi.

Ma'lum massali gazni holati bosim P , hajm V va temperatura T orqali ifodalanadi. Gaz holatini belgilovchi bu kattaliklarning o'zgarishiga gaz jarayonlari deyiladi. Temperatura o'zgarmas bo'lganda gaz bosimini hajmga bog'liq holda o'zgarishiga izotermik, bosim o'zgarmas bo'lganda gaz hajmini temperaturaga bog'liq holda o'zgarishiga izobarik va gaz hajmi o'zgarmas bo'lganda uning bosimini temperaturaga bog'liq holda o'zgarishiga izoxorik jarayon deyiladi.

Gaz hossalari modda tuzilishining molekulyar-kinetik nazariyasi asosida o'rganishdan oldin tajriba yo'li bilan yaratilgan gaz qonunlariga (Boyl-Mariott, Gey-Lyussak, Dalton, Avogadro) qonunlariga to'xtalib o'tamiz. Bu qonunlar odatdagi atmosfera sharoitidan unchalik farq qilmaydigan sharoitda tajriba o'tkazish yo'li bilan kashf etilgan.

Boyl-Mariott qonuni. Bir-biridan mustaqil holda 1662 yilda ingliz olimi Boyl va 1667 yilda fransuz olimi Mariott izotermik jarayon uchun quyidagi qonunni kashf etdilar: o'zgarmas temperaturada ($t = \text{const}$) ma'lum massali gazning bosimi hajmga teskari proporsional holda o'zgaradi:

$$PV = \text{const} \quad (11.1)$$

Turli temperaturalar uchun (11.1) formulaning grafigi giperbolalardan iborat bo'ladi (11.2-rasm).

Bu giperbolalarga izotermalar deyiladi.

Gey-Lyussak qonuni. 1802 yilda fransuz fizigi Gey-Lyussak izobarik va izoxorik gaz jarayonlarini o'rganib quyidagi ikkita qonunni yaratdi.

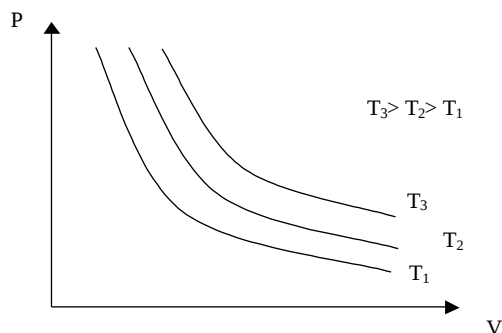
1. Ma'lum massali gazning bosimi o'zgarmas bo'lganda ($P = \text{const}$) uning hajmi temperaturaga to'g'ri proporsional holda o'zgaradi:

$$V = V_0 (1 + \alpha t) \quad (11.2)$$

P_0 - gazning 0°C temperaturadagi hajmi,

P - gazning t °C temperaturadagi hajmi,

α - gazning hajm kengayish koeffitsienti.



11.2-rasm

2. Ma'lum massali gazning hajmi o'zgarmas bo'lganda ($V = \text{const}$) uning bosimi temperaturaga to'g'ri proporsional holda o'zgaradi:

$$P = P_0 (1 + \gamma t) \quad (11.3)$$

P_0 - gazni 0°C temperaturadagi bosimi,

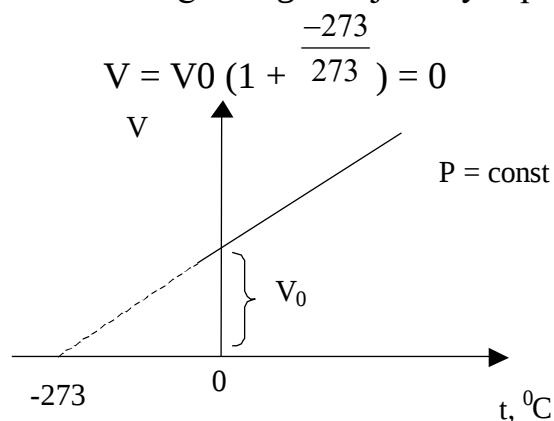
P - gazni $t^\circ\text{C}$ temperaturadagi bosimi,

γ - gaz bosimining termik koeffitsienti.

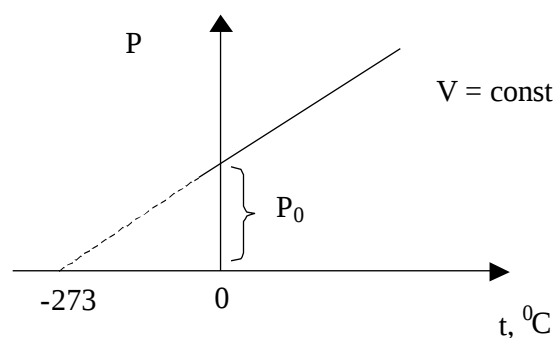
Hamma gazlar uchun $\alpha = \gamma = 1/273,16 \approx 1/273 \text{ K}^{-1}$ ekanligi aniqlangan. (11.2) va (11.3) formulalarni grafiklari temperatura o'qini $t = -273,16 \approx -2730 \text{ C}$ nuqtada kesuvchi to'g'ri chiziqlardan (izobara va izoxora) iborat bo'ladi (11.3 va 11.4-rasmlar).

Ko'pincha izoxorik jarayonni Sharl qonuni ifodalaydi deb ham yuritiladi. Chunki, bu qonun Gey-Lyussakdan oldin fransuz olimi Sharl tomonidan taxminiy holda bayon etilgan.

(11.2) formuladan absolyut nol temperaturada, ya'ni temperatura $t = -2730\text{C}$ bo'lganda gaz hajmini yo'qolishi kelib chiqadi:



11.3-rasm



11.4-rasm

Lekin biz oldin aytganimizdek, ideal gaz qonunlarini juda past temperaturalarga qo'llash mumkin emas. Bunday past temperaturada gaz ham o'z holatini o'zgartiradi, u suyuq, hatto qattiq holatga o'tishi mumkin.

1852 yilda Kelvin absolyut nol temperaturaning fizik ma'nosini ochib berdi. Absolyut nol shunday temperaturaki, bu temperaturada har qanday molekulalarning betartib issiqlik harakati to'xtaydi. Ammo, absolyut nol temperaturada har qanday harakat butunlay to'xtaydi deyish noto'g'ri, chunki atomdagi elektronlar yadro atrofida aylanishda davom etadi. Hozirgi vaqtda juda kichik hajmda absolyut nol temperaturaga juda yaqin temperatura olishga ham muvaffaq bo'lindi. Lekin bunday past temperaturada ham molekulalar harakatini to'xtash ehtimolligi sezilgani yo'q. Bunday hol suyuq geliyda kuzatilgan.

Absolyut temperatura shkalasiga o'tilganda (11.2) formula boshqacha ko'rinishni oladi:

$$V = V_0 (1 + \alpha t) = V_0 \left(1 + \frac{1}{273} t\right) = V_0 \frac{273+t}{273} = V_0 \frac{T}{T_0}$$

0°C ga Kelvin shkalasida $T_0 = 273 \text{ K}$ mos kelishini hisobga olsak,

$$\frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0} \quad (11.4)$$

formula xosil bo'ladi. (11.4) formuladan Gey-Lyussak qonunini boshqa ta'rifi kelib chiqadi: gaz bosimi o'zgarmas bo'lganda uning hajmi absolyut temperaturaga to'g'ri proporsional. Huddi shunday o'zgarish qilsak (11.3) formula ham

$$\frac{m}{m_0} = \frac{T}{T_0} \quad (11.5)$$

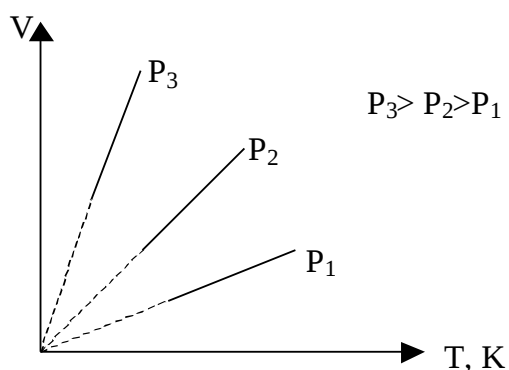
ko'rinishni oladi. Demak, (11.5) formulaga ko'ra gazning hajmi o'zgarmas bo'lganda uning bosimi absolyut temperaturaga to'g'ri proporsional dir. (11.4) va (11.5) formulalar ham Gey-Lyussak qonunlarini ifodalaydi.

(11.4) va (11.5) formulalar ixtiyoriy T_1 va T_2 temperaturalar uchun,

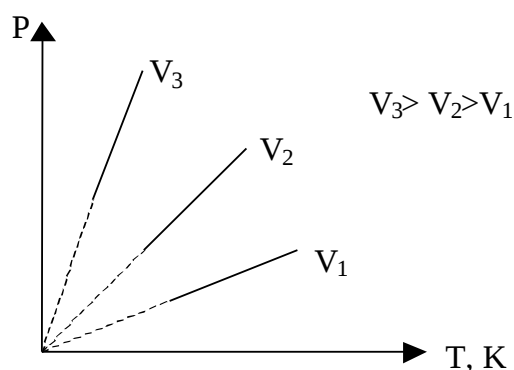
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{va} \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

ko'rinishda yoziladi.

11.5-rasmlarda ideal gaz hajmini, 11.6-rasmda ideal gaz bosimini T absolyut temperaturaga bog'lanishini ifodalovchi turli izobaralar va izoxoralar tasvirlangan.



11.5-rasm



11.6-rasm

Dalton qonuni. Aytaylik qandaydir hajmli idishda P bosimga ega bo'lgan gazlar aralashmasi berilgan bo'lsin (masalan havo). Havoni tarkibidagi azotdan boshqa hamma gazlarni chiqarib yuborsak, qolgan azot butun idish hajmini egallab partsial bosim deb ataluvchi P_1 bosim hosil qiladi.

Partsial bosim deb, gazlar aralashmasidagi bir gazning o'zi beradigan bosimiga aytiladi. Gaz aralashmasidagi ikkinchi gazni partsial bosimini aniqlash uchun idishni yana havo bilan to'ldiramiz va idishda faqat kislorodni qoldirib boshqa gazlarni chiqarib tashlaymiz. Qolgan gaz yana idishni butun hajmini egallab P_2 partsial bosimni hosil qiladi. Xuddi shunday usulda uchinchi va qolgan gazlarning hosil qilgan partsial bosimlarini ham aniqlash mumkin. 1801 yilda ingliz fizik va ximigi Dalton gaz aralashmalari bosimi bilan aralashma tarkibiga kirgan gazlarning partsial bosimlari orasidagi bog'lanishni aniqladi. Bu bog'lanish Dalton qonuni deb ataladi: gaz aralashmalarini bosimi ayrim gazlarning partsial bosimlarining yig'indisiga teng:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n \quad (11.6)$$

Molekulyar massa. Avogadro qonuni.

Molekulalar massasi $10^{-27} \div 10^{-26}$ kg oralig'ida bo'ladi. Fizikada atom yoki molekulani massasi massaning atom birligida (m.a.b) o'lchanadi. M.a.b. sifatida miqdor jihatdan uglerod 12 atomi massasining 1/12 ulushi olinib, (kg) larda ifodalanadi:

$$m_b = 1 \text{ m.a.b.} = 1/12 m_c = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ kg.}$$

Atom va molekulalarning massasi shu 1 m.a.b. ga nisbatan solishtiriladi va uni atomning nisbiy massasi va nisbiy molekulyar massa deb yuritiladi.

Moddaning nisbiy molekulyar massasi M deb, shu modda molekulasi massasini (m) uglerod 12 atom massasining 1/12 qismiga nisbatiga aytiladi:

$$M = \frac{m_{..}}{\frac{1}{12} m_{-}} \quad (11.7)$$

Nisbiy molekulyar massa (nisbiy atom massasi) M o'lchamsiz kattalikdir. Shunday usul bilan hisoblanganda kislorod va vodorod nisbiy atom massalari uchun 15,9946 va 1,0080 sonlarini olamiz. D.I.Mendeleev elementlar davriy sistemasida atomlarning nisbiy massalari ko'rsatiladi. 1-jadvalda ayrim atom va molekulalarning kg larda hisoblangan massalari va nisbiy massalari keltirilgan. Molekula yoki atomning massasini (kg) larda hisoblash uchun ularning nisbiy massalarini 1 m.a.b. (m_b) ga ko'paytirish kerak:

$$m_m = m_b \cdot M = M \cdot 1,66057 \cdot 10^{-26} \text{ kg.}$$

$$m_a = m_b \cdot A = A \cdot 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ kg.}$$

Misol uchun azot molekulasi massasini aniqlaylik. Azot atomining davriy sistemasidagi nisbiy atom massasi 14,01, azot molekulasi ikkita azot atomidan tashkil topgani uchun uni nisbiy molekulyar massasi 28,02 ga teng bo'ladi. Azot molekulasi massasini kg larda olish uchun 28,02 ni 1 m.a.b. ga ko'paytiramiz:

$$m_m = m_b \cdot 28,02 = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 28,02 = 4,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg.}$$

Halqaro birliklar tizimi (SI)da modda miqdorini o'lchash uchun asosiy birlik sifatida mol qabul qilingan. 1 mol deb, moddaning nisbiy molekulyar massasiga teng kg larda olingan modda miqdoriga aytiladi. Masalan, kislorod gazidan 1 mol miqdorda olish uchun 32 g yoki 0,032 kg olish kerak, chunki kislorodning nisbiy molekulyar massasi 32 ga teng. Xuddi shunga o'hshash 1 mol azot 0,028 kg ni tashkil qiladi. Shuning uchun azotning molekulyar massasi $M = 0,028 \text{ kg/mol}$ ko'rinishda yoziladi. Moldan tashqari kmollar ham ishlatiladi. 1 kmol=1000 mol ekanini hisobga olsak, azot uchun $M = 28 \text{ kg/kmol}$ deb yozish mumkin. Ma'lum massali modda necha moldan iborat ekanini topish uchun uning massasini molekulyar massasiga nisbatini olish kerak: $v = m/M$. Bu yerda v mollar soni yoki modda miqdori deb ataladi.

Italyan olimi Avogadro 1811 yilda 1mol gaz uchun quyidagi qonunni yaratdi: normal sharoitda har qanday 1 mol gaz 22,4 l hajmni egallaydi va unda 6,02.10²³ 1/mol dona molekula bo'ladi.

1 mol moddadagi molekulalar soni Avogadro soni deb ataladi:

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

1-jadval

Atom, molekula	mm, 10^{-27} kg	M
Vodorod (N)	1,67	1,008
Vodorod (N ₂)	3,34	2,016
Kislород (O ₂)	53,2	31,98
Azot (N ₂)	46,4	28,02
Uglerod (S)	19,9	12,00
Temir (Fe)	92,8	55,9
Qo'rg'oshin (Pb)	344	207,2

Avogadro qonunidan har qanday massali moddadaagi molekular sonini aniqlash mumkin. Buning uchun Avogadro sonini mollar soniga ko'paytirish kerak:

$$N = \frac{m}{M} N_A \quad (11.8)$$

Agar bitta gaz molekulasini massasini Avogadro soniga ko'paytirsak, moddaning molekulyar massasi kelib chiqadi:

$$M = m \cdot N_A \quad (\text{kg/mol})$$

Avogadro qonunidan foydalanib, molekular o'lchamlarini taxminan hisoblash mumkin. Misol uchun suv molekulasining hajmini topish uchun 1 kmol (18 kg) suvni hajmini ($0,018 \text{ m}^3$) avogadro soniga bo'lish kerak.

$$V_m = 0,018 / 6 \cdot 10^{26} = 30 \cdot 10^{-30} \text{ m}^3$$

Bundan suv molekulasining chiziqli o'lchami taxminan quyidagiga teng ekanligi kelib chiqadi:

$$d = \sqrt[3]{30 \cdot 10^{-30}} \approx 3 \cdot 10^{-10} = 3 \text{ \AA}$$

Boshqa molekular o'lchamlari ham bir necha angstrom tartibida bo'ladi.

Klapeyron - Mendeleev tenglamasi. Universal gaz doimiysi.

Biz yuqorida ideal gaz holatini belgilovchi parametrlardan biri o'zgarmas bo'lgan izojarayonlarni ko'rib o'tdik. Endi gaz holatini aniqlovchi uchala parametr (hajm, bosim va temperatura) ham bir vaqtda o'zgaradigan jarayonni ko'rib o'tamiz. Bunday jarayonni ifodalovchi qonunni 1834 yilda fransuz olimi Klapeyron aniqladi. Klapeyron 1830 yildan boshlab Peterburgda ishlagan. Klapeyron, Boyle-Mariott va Gey-Lyussak qonunlarini birlashtirib gaz holat tenglamasini yaratdi.

Qandaydir m massali gazning holati V_1 , P_1 va T_1 parametrlar bilan ifodalansin. Bu gazni V_2 , P_2 va T_2 parametrlar bilan aniqlanuvchi boshqa holatga o'tkazaylik. Gazni ikkinchi holatga izotermik ($T_1 = \text{const}$) va izoxorik ($V_2 = \text{const}$) jarayonlar orqali o'tkazish mumkin.

1) Izotermik jarayon vaqtida gazning hajmi V_2 ga o'zgarib bosim P_1' bo'lib qoladi. Boyle - Mariot qonuniga asosan

$$V_1 P_1 = V_1 P_1'$$

bo'ladi, bundan $P_1' = V_1 P_1 / V_2$ ekanini topamiz.

2) Izoxorik jarayon Gey-Lyussak qonuni bilan ifodalandi:

$$P_1' / P_2 = T_1 / T_2$$

Keyingi formulaga yuqoridagi P_1' ning ifodasini qo'yib quyidagini hosil qilamiz.

$$V_1 P_1 / V_2 P_2 = T_1 / T_2$$

bundan

$$V_1 P_1 / T_1 = V_2 P_2 / T_2$$

Yuqoridagi ifodadan ko'rinadiki, ma'lum massali gaz uchun VP/T nisbat doimo o'zgarmasdan qoladi.

$$PV/T = C = \text{const} \quad (11.9)$$

(11.9) formula Klapeyron tenglamasi (qonuni) deb ataladi. Klapeyron tenglamasidagi C doimiylik turli gazlar uchun turli qiymatlarni olib, noqulaylik tug'diradi. 1875 yilda Mendeleev, Klapeyron tenglamasini Avogadro qonuni bilan birlashtirib, uning kamchiligini tuzatdi.

Avogadro qonuniga ko'ra har qanday 1 mol gaz normal bosim va temperaturada bir xil V_m hajmni egallaydi. Natijada C doimiylik hamma gazlar uchun bir xil bo'ladi va uni R bilan belgilasak.

$$PV_m/T = R \quad (11.10)$$

R doimiylik universal gaz domiysi deb ataladi. (11.10) formula ko'pincha

$$PV_m = RT$$

ko'rinishda yoziladi. Bu ifoda 1 mol gaz uchun Klapeyron-Mendeleev tenglamasi (qonuni) deyiladi. Ma'lum bosim va temperaturada gaz hajmi uni massasiga proporsional bo'lgani uchun

$$V_m/V = \frac{M}{m}$$

bo'ladi. M - gazni molyar massasi, V - m massali gazni egallagan hajmi. Yuqoridagi ifodadan

$$V_m = V \frac{M}{m}$$

kelib chiqadi. V_m ning bu ifodasini (11.10) formulaga qo'yib quyidagi tenglamani xosil qilamiz

$$PV \frac{M}{m} = RT$$

yoki

$$PV = \frac{m}{M} RT \quad (11.11)$$

(11.11) formula ixtiyoriy massali gaz uchun Klapeyron - Mendeleev tenglamasi (qonuni) deyiladi. (11.11) formuladan gazni zichligi ρ ni aniqlash mumkin:

$$P = \frac{m}{MV} RT$$

$$\frac{m}{V} = \rho \text{ bo'lgani uchun } P = \frac{\rho}{M} RT \text{ bo'ladi, bundan}$$

$$\rho = \frac{Mm}{RT} \quad (11.12)$$

Universal gaz doimiysi son qiymatini (11.10) formuladan aniqlaylik. Buning uchun 1 mol gaz normal sharoitda $P = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bosim, $V_m = 0,02241 \text{ m}^3/\text{mol}$ hajm, $T = 273 \text{ K}$ temperaturaga ega bo'lishini hisobga olamiz:

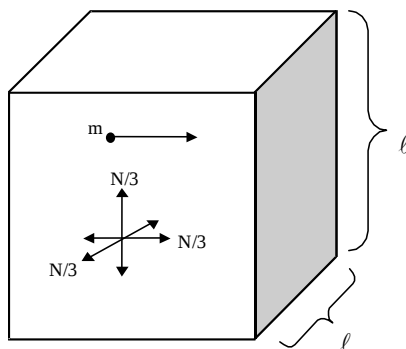
$$R = \frac{PV_m}{T} = \frac{1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,02241 \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}}{273 \text{ K}} = 8,31 \text{ J / K mol}$$

Klapeyron-Mendeleev tenglamasi tajriba asosida topilgan gaz qonunlarini birlashtirgani uchun u ham amaliy qonun deb ataladi. Quyida molekulyar-kinetik nazariya asosida ideal gazlarni nazariy o'rganamiz.

Gazlar molekulyar-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi.

Molekulyar-kinetik nazariyaga ko'ra idishdagi gaz doimo tartibsiz harakat qiluvchi ko'plab molekulalardan iborat deb qaraladi. Molekulalar o'z harakati vaqtida idish devorlariga to'xtovsiz urilib turadi. Molekulaning idishga har bir urilishidagi kuch nisbatan kichik. Lekin molekulalar juda ko'p bo'lgani uchun idish devorlariga ta'sir etayotgan umumiy kuch ancha katta bo'ladi.

Idish devorining yuza birligiga to'g'ri keluvchi molekulalarining ta'sir kuchi gaz bosimini ifodalaydi. Molekulani idish devoriga urilish kuchi uni harakat tezligiga, qolaversa molekulalarning ilgarilanma harakat kinetik energiyasiga bog'liq.



11.7-rasm

Asosiy tenglamani biz gaz kub shaklidagi idishda joylashgan hol uchun chiqaraylik. Tomonlari l bo'lgan kub shaklidagi idishda massalari m bo'lgan N ta molekula bo'lsin. Molekulalarning tartibsiz harakatini hisobga olib, ularning $1/3$ qismi kubning oldingi va orqa devori yo'nalishida, yana $1/3$ qismi kubning chap va o'ng devorlari yo'nalishida, va qolgan $1/3$ qismi kubning tepa va pastki devorlari yo'nalishida to'g'ri chiziqli harakatlanadi deyish mumkin (11.7-rasm). Har uch yo'nalishda harakatlanayotgan molekular umumiy molekulalarning $N' = N/3$ qismini tashkil qiladi. Biz fikran bitta molekulani idishning o'ng tomondagi devoriga 9 tezlik bilan harakatlanayotganini kuzataylik (11.7-rasm). Molekula devorga urilib, undan qaytadi va chap devorga tomon harakatlanadi. Molekulaning urilish kuchini ΔF bilan, urilish vaqtini Δt bilan belgilasak, molekulaning devorga

bergan impulsi $\Delta F \cdot \Delta t$ bo'ladi. Impulsning saqlanish qonuniga ko'ra kuch impulsi harakat impulsini o'zgarishiga teng:

$$\Delta F \cdot \Delta t = m_0 v - (-m_0 v) = 2m_0 v.$$

Bu ifodadagi minus ishora molekula idish devoriga urilgandan keyin o'z yo'nalishini o'zgartirib orqaga qaytishini ko'rsatadi. Gazning o'rtacha bosim kuchini topish uchun molekulalarning bir sekund davomidagi urilishlarda berilgan impulslar yig'indisini hisoblash kerak.

Har bir molekula bir urilishdan keyingi urilishgacha v tezlik bilan 2ℓ masofani bosib o'tgani uchun ikkita ketma-ket urilishlar orasidagi vaqt $\Delta t = 2\ell/v$ bo'ladi. Vaqtning bu ifodasini hisobga olib, yuqoridagi ifodadan o'rtacha urilish kuchini topamiz.

$$\Delta F = m_0 v^2 / \ell \quad (11.13)$$

Idishning o'ng va chap tomonlariga umumiy molekulalarning $N/3$ qismi turli $v_1, v_2, \dots, v_n$ tezliklar bilan harakatlanishlarini hisobga olib, urilishlarning yig'indi kuchini topamiz:

$$F = \frac{1}{3} \left(\frac{m_0 v_1^2}{\ell} + \frac{m_0 v_2^2}{\ell} + \dots + \frac{m_0 v_n^2}{\ell} \right)$$

$$\text{yoki } F = \frac{1}{3} \frac{m_0 N}{\ell} \frac{(v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2)}{N}$$

Bu ifoda $\langle v^2 \rangle = \frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}{N}$ kattalik gaz molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligini bildiradi. U holda yuqoridagi formula

$$F = \frac{1}{3} \frac{m_0 N}{\ell} \langle v^2 \rangle$$

ko'rinishni oladi. Molekulalarning bosimini topish uchun yuqoridagi ifodani har ikki tomonini idish tomonining yuzasiga ($S = \ell^2$) bo'lamiz:

$$\frac{F}{\ell^2} = \frac{1}{3} \frac{N}{\ell^3} m_0 \langle v^2 \rangle.$$

Bunda $\frac{F}{\ell^2}$ gaz bosimini, N/ℓ^3 gaz konsentratsiyasi n_0 ni bildiradi. Demak gaz bosimi uchun

$$P = \frac{1}{3} n_0 m_0 \langle v^2 \rangle \quad (11.14)$$

formula xosil bo'ladi. (11.14) formula gazlar uchun molekulyar-kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi deb ataladi. (11.14) formulani surat va mahrajini 2 ga ko'paytiramiz: $m = \frac{2}{3} n_0 \frac{m_0 \langle v^2 \rangle}{2}$ va $m_0 \langle v^2 \rangle / 2$ molekulalarning o'rtacha kinetik energiyasi $\langle E_k \rangle$ ekanini hisobga olsak, molekulyar-kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi

$$P = \frac{2}{3} n_0 \langle E_k \rangle \quad (13.15)$$

ko‘rinishni oladi. Demak, gazning bosimi hajm birligidagi molekular ilgarilanma harakat o‘rtacha kinetik energiyasining $2/3$ qismiga teng. (11.15) formula Klauzius tenglamasi deb ham ataladi.

Agar bir mol gazning hajmini V desak, gazni kontsnetratsiyasi

$$n_0 = NA/V$$

bo‘lib, (12,15) formula quyidagi ko‘rinishni oladi.

$$P = \frac{2}{3} \frac{N_A}{V} \langle E_h \rangle$$

Ma‘lumki, 1 mol uchun gaz holat tenglamasi

$$PV = RT$$

ekanini hisobga olib, temperatura uchun

$$T = \frac{2}{3} \frac{N_A}{R} \langle E_h \rangle \quad (11.16)$$

formulani hosil qilamiz. (11.16) formuladan ko‘rinadiki, gazning absolyut temperaturasi molekular ilgarilanma harakatining o‘rtacha kinetik energiyasiga proporsional ekan. (11.16) formuladan molekularning o‘rtacha kinetik energiyasi uchun

$$\langle Ek \rangle = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} T$$

ifodani hosil qilamiz. Bu ifodada $k = R/NA$ nisbat - Boltsman doimiysi deb ataladi

$$\text{va u} \quad k = \frac{R}{N_A} = \frac{8,32 \frac{J}{mol K}}{6,023 \cdot 10^{23} \frac{1}{mol}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$$

tarzida aniqlanadi. Boltsman doimiysi fizikaning ko‘p formulalari tarkibiga kiradi. Demak, gaz molekulasi o‘rtacha kinetik energiyasi

$$\langle Ek \rangle = \frac{3}{2} kT \quad (11.17)$$

formula bilan ifodalanadi. (11.17) formuladan absolyut nol temperaturada molekularning ilgarilanma harakatdan to‘htashi kelib chiqadi. Lekin harakatning boshqa turlari, masalan atom ichidagi harakatlar saqlanib qoladi.

Agar (13.15) formuladagi $\langle Ek \rangle$ o‘rniga uni (11.17) ifodasini qo‘ysak, gazni bosimi uchun

$$P = n kT \quad (11.18)$$

formula kelib chiqadi. (11.18) formuladan normal bosim va temperatura sharoitida 1m3 gazdagi molekular sonini (kontsnetratsiyasini) hisoblash mumkin.

$$n = \frac{P}{kT} = \frac{1,013 \cdot 10^5 Pa}{1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} \cdot 273 K} = 2,69 \cdot 10^{25} m^{-3}$$

Bu n soni fizikada Loshmidt soni deb ataladi.

(12,17) formuladan normal sharoit uchun gaz molekularining ilgarilanma harakatdagi o‘rtacha kinetik energiyasini hisoblaymiz:

$$\langle E_K \rangle = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 273 = 5,7 \cdot 10^{-21} J$$

Yuqoridagi (11.17) formulada $\langle E_k \rangle = m \langle v^2 \rangle / 2$ ekanligini hisobga olib, molekulalarni o'rtacha kvadratik tezligi $\langle v^2 \rangle$ ni topamiz:

$$\frac{m_0 \langle v_{kv}^2 \rangle}{2} = \frac{3kT}{2}$$

bundan

$$\langle v_{kv} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} \quad (11.19)$$

kelib chiqadi. Agar (11.19) formulada

$$k / m_0 = R / m_0 N_A = R / M$$

ekanligini hisobga olsak, u boshqacha ko'rinishni oladi:

$$\langle v_{kv} \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad (11.19a)$$

Molekulalarni $\langle v_{kv} \rangle$ tezligini (11.19a) formula bilan hisoblash qulayroqdir.

Agar yuqoridagi (11.14) ifodada $n_0 = N/V$ va $PV = RT$ ekanini hisobga olsak, molekulyar - kinetik nazariyaning asosiy tenglamasini boshqacha ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$p = \frac{m_0 N \langle v_{kv}^2 \rangle}{3V}$$

Agar $m_0 N$ idishdagi gazni massasiga teng ekanini hisobga olsak

$$pV = \frac{m \langle v_{kv}^2 \rangle}{3} \quad (11.20)$$

formula xosil bo'ladi. (11.20) formuladan Boyle-Mariot qonuni kelib chiqishini ko'rsatish mumkin. Izotermik jarayonda $T = \text{const}$ bo'lgani uchun (11.20) formuladan $\langle v_{kv} \rangle = \text{const}$ bo'lishi, (11.20) formuladan o'zgarmas massali gaz uchun

$$pV = \frac{m \langle v_{kv}^2 \rangle}{3} = \text{const}$$

ekanligi kelib chiqadi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Modda tuzilishini molekulyar kinetik nazariyasining asosiy uch qoidasini tushuntiring.
2. Brown harakati nimani isbotlaydi?
3. Ideal gaz qonunlarini tushuntiring.
4. Klayperon-Mendeleev, Avogadro va Dalton qonunlari qanday tushunasiz?
5. Gazlar molekulyar-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi va undan kelib chiqadigan formulalarni tushuntiring.
6. Taqiqotning statistik usuli nimadan iborat?
7. Taqiqotning termodinamik usuli deganda nimani tushunasiz.
8. "Molyar massa" deb nimaga aytiladi?
9. Absolyut nol temperatura deganda nimani tushunasiz?
10. Ixtiyoriy massali moddada atom yoki molekular soni qanday topiladi?

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 gacha
Mashg'ulot shakli	Kirish-axborotli ma'ruza
Ma'ruza rejasi	1.Temperaturaning molekulyar-kinetik talqini. Molekulalarning o'rtacha kinetik energiyasi. 2.Energiyaning erkinlik darajalari buyicha tekis taqsimlanish qonuni. Molekulalarning harakati. 3.. Klassik statistikaning asosiy qonun-qoidalari. 4.Tashqi kuchlar ta'siri bo'lmaganda gaz molekulalarining hajm buyicha taqsimlanishi. 5.Maksvell taqsimoti. Zarralarning tezlik va energiyalarning absolyut qiymatlari buyicha taqsimoti. 6.. Bolsman taqsimoti.
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Ideal gaz qonunlarini o'rganish.	
Pedagogik vazifalari: Izotermik proses. Izobarik proses. Izoxorik proses. Boyl – Mariott, Gey – Lyussak va Sharl qonunlari	O'quv faoliyatining natijalari: Ideal gaz Izotermik proses u qaysi qonunga bo'ysunishi. Izotermik prosesda bosimning hajmga bog'lanishi Qanday protsessga izobarik protsess a u qanday qonunga bo'ysunishi Izobarik protsessda hajmning temperaturaga bog'lanishi Qanday protsessga izoxorik protsess i va u qanday qonunga bo'ysunishi Izoxorik protsessda bosimning temperaturaga bog'lanishi Mendeleyev – Klapayron tenglamasini va undagi kattaliklarni tushuntirish. SI sistemasida Universal gaz doimiysining son qiymati nima
Ta'lim berish usullari	Ko'rgazmali ma'ruza suhbat
Ta'lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy
Ta'lim berish vositalari	O'quv qullanma proektor slaydlar
Ta'lim berish sharoiti	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og'zaki nazorat, savol-javob

Ma'ruza holatining texnologik kartasi

Bosqichlar, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O'qituvchi	talaba
1-bosqich. Kirish(5 min.)	1.1. Mavzu, maqsad va rejalashtirilgan o'quv natijalarini e'lon qiladi. 1.2. Reja va muammoli holatlatlarni ifodalovchi savollarni ekranga chiqaradi.	1.1.Eshitadilar, yozib oladilar. 1.2.E'tabor beradilar.
2-bosqich. .Bilimlarni faollashtirish (10 min).	2.1. Asosiy kategoriya va tushunchalarni va ma'ruza oxirida yechiladigan masalalarni namoyish qiladi. 2.2.O'quv faoliyatini baxolash mezonlari malum qilinadi.	
3bosqich. Asosiy (55 min.)	3.1. Ma'ruza davomida asosiy tushunchalarni qayd etish lozimligini uqtiradi.Talabalar yozib olishlarini takidlaydilar 3.2 Molekulalarning o'rtacha kinetik energiyasi. 3.3 Haroratni molekulyar-kinetik izoxi. 3.4 Energiyani erkinlik darajasi bo'yicha tekis taqsimlanishi. 3.5 Ideal gaz qonunlari. Gaz molekulalarining tezliklari bo'yicha taqsimlanishi. Maksvell taqsimoti.	3.1.Asosiykattaliklar, ifodalarni yozadilar 3.2. Yozadilar. 3.3. berilgan chizmalarni chizib oladilar.
4- bosqich. Yakuniy (10 min.)	4.1.Mavzuga xulosa yasaydi.O'quv jarayonida faol ishtirok etgan talabalarbi rag'batlantiradi. 4.2. Mustaqil ishlash va nazariy bilimlarni mustaxkamlash. Mustaxkamlash uchun savvolarni beradi:	4.1.eshitadi. 4.2.topshiriqni yozib oladilar.

9-ma'ruza. STATISTIK TAQSIMOTLAR

Reja

1. Temperaturaning molekulyar-kinetik talqini. Molekulalarning o'rtacha kinetik energiyasi.
2. Energiyaning erkinlik darajalari buyicha tekis taqsimlanish qonuni. Molekulalarning harakati.
3. Klassik statistikaning asosiy qonun-qoidolari.
4. Tashqi kuchlar ta'siri bo'lmaganda gaz molekulalarining hajm buyicha taqsimlanishi.
5. Maksvell taqsimoti. Zarralarning tezlik va energiyalarning absolyut qiymatlari buyicha taqsimoti.
6. Bolsman taqsimoti.

Tayanch so'zlar va iboralar: Gaz molekulalarining tezliklari, ehtimolliklar nazariyasi va Maksvell taqsimot funktsiyasi, molekulalarni tezliklar bo'yicha taqsimlanishi, ehtimol tezlik, o'rtacha arifmetik va o'rtacha kvadratik tezlik, taqsimot egri chizig'iga temperaturaning ta'siri, molekulalarning o'rtacha kinetik energiyalar bo'yicha taqsimlanishi, molekulalarning tezliklarini o'lchash, Shtern tajribasi, atmosfera bosimi, barometrik formula, Boltsman taqsimot qonuni, ultra siyrak gazlar, gazlarda effuziya, effuziyaning qo'lanilishi.

Molekulalarning tezliklar va energiyalari bo'yicha taqsimlanishiga oid Maksvell qonuni

Biz yuqorida ma'lum bir temperatura uchun molekulyar kinetik nazariya asosida gaz molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligini hisoblash formulasini ko'rib o'tdik. Aslida esa gazdagi har bir molekulaning tezligi bir-biridan farq qiladi. Ular doimo tartibsiz harakat qilganliklari uchun bir-birlari bilan to'xtovsiz to'qnashib turadilar. Bir sekundda bir molekula boshqa molekulalar bilan 109 marta to'qnashar ekan. Har bir to'qnashishdan keyin molekulani tezligi miqdor va yo'nalish jihatdan o'zgaradi. Lekin bu o'zgarish ma'lum chekli miqdor oralig'ida bo'ladi. Molekulaning tezligi cheksiz katta yoki cheksiz kichik bo'lib qolmaydi. Bunga ehtimollik harakterda bo'lgan tasodifiy to'qnashishlar yo'l qo'ymaydi. Ma'lum vaqt momentida aniq bir ϑ tezlik bilan harakterlanuvchi molekulalar sonini topish mumkin emas. Lekin muvozanatli sistemada tezliklari ma'lum oralig'ida bo'lgan molekulalar sonini hisoblash mumkin. Tezligi ϑ , $\vartheta + d\vartheta$ oralig'ida bo'lgan molekulalar sonini $dN(\vartheta)$ deb belgilasak, mulohazalar asosida uni sistemadagi umumiy molekulalar soni N ga va tezlik oralig'i $d\vartheta$ ga proporsional ekaniga ishonch hosil qilish mumkin, ya'ni

$$dN(\vartheta) \sim Nd\vartheta \quad (12.1)$$

Bizga ma'lumki, o'zgarmas kattalik kiritish bilan proporsional likdan tenglikka o'tish mumkin. Lekin bunday usul (12.1) ifodada o'rinli bo'lmaydi.

Faqat kiritilgan kattalik tezlik funktsiyasi bo'lsa, (12.1) ni tenglik ko'rinishida yozish mumkin:

$$dN(\vartheta) = f(\vartheta)Nd\vartheta \quad (12.2)$$

(12.2) ifodadagi $f(\vartheta)$ funktsiyasini taqsimot funktsiyasi deb ataladi. Uning ma'nosini tushunib olish uchun quyidagi misolni ko'rib o'taylik. Toshkent shahar aholisining umumiy soni N ta, ular ichida yoshi 20-21 oralikda bo'lganlarining soni dN ta bo'lsin. Agar yosh oralig'i $d\vartheta$ ni oshirsak, ya'ni 20-22 yosh oralig'ini olsak, yoshi shu oralikdagi fuqarolar soni dN ham mos holda ortadi. Statistik ma'lumotni jumhuriyat miqyosida olsak, dN yanada ortadi. Lekin statistik ma'lumotlar yosh oralig'i bir xil bo'lgan 20-21 va 80-81 yosh oraliqlari uchun olinsa, yoshi bu oraliqdagi fuqarolar soni har xil bo'lib chiqadi. Bundan yosh oralig'i ma'lum qiymatga ega bo'lgan fuqarolar soni, qaysi yoshga nisbatan olinishiga bog'liq ekanligini ko'rish mumkin. Keltirilgan misolni molekulalar tezligiga ko'chirsak, tezligi $d\vartheta$ oraliqda bo'lgan molekulalar soni tezlikni qaysi qiymatlari orasidan olinishiga, ya'ni $f(\vartheta)$ taqsimot funktsiyasiga bog'liq bo'ladi. Yuqoridagi (12.2.) ifodani quyidagi

$$\frac{dN(\vartheta)}{N} = f(\vartheta)d\vartheta$$

ko'rinishga keltiraylik. Bunda $f(\vartheta)d\vartheta$ ifoda tezliklari ϑ , $\vartheta + d\vartheta$ oraliqda bo'lgan molekulalar, hamma molekulalarning qanday qismini tashkil etish ehtimoligini ko'rsatadi.

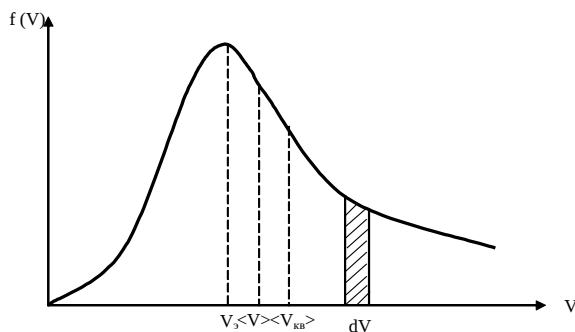
1860 yilda ingliz olimi K.Maksvell (1831-1879) ma'lum bir temperaturali gaz molekulalari tezliklariga ehtimolliklar nazariyasini qo'llab, molekulalarning tezliklar bo'yicha taqsimot funktsiyasining matematik ifodasini aniqladi:

$$f(\vartheta) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{m_0}{2kT} \right)^{3/2} \cdot e^{-\frac{m_0 \vartheta^2}{2kT}} \vartheta^2 \quad (12.3).$$

Bunda m_0 -molekula massasi, T -gazning absolyut temperaturasi. Maksvell taqsimot funktsiyasini grafigi 12.1-rasmda ko'rsatilgan.

Tezliklari ϑ dan $\vartheta + d\vartheta$ orliqda bo'lgan molekulalarning nisbiy soni

$$\frac{dN}{N} = f(\vartheta)d\vartheta = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{m_0}{2\hbar T} \right)^{3/2} \cdot H^{-\frac{m_0 \vartheta^2}{2kT}} \vartheta^2 d\vartheta \quad (12.4)$$



12.1-rasm

munosabatdan topiladi va u Maksvell egri chizig'i ostidagi shtrixlangan yuzachaga teng. Maksvell egri chizig'i bilan chegaralangan yuza idishdagi molekulalar soniga teng. (12.4) munosabat gaz molekulalari issiqlik harakat tezligining absolyut

qiymatlari bo'yicha Maksvell taqsimot qonunining ifodasidir. Bir xil $d\vartheta$ tezlik oralig'idagi molekulalar nisbiy soni faqat $d\vartheta$ ga bog'liq bo'lmasdan, balki tezlik ϑ

ga ham bog'liq. Xaqiqatdan ham $\frac{dN}{N}$ ning eng katta qiymati $f(\vartheta)$ funktsiya maksimumga erishadigan tezlikka mos keladi. Tezlikning bu qiymati eng katta ehtimol tezlik yoki qisqacha ehtimol tezlik deb ataladi va ϑ_e deb belgilanadi. Ehtimol tezlik shunday tezlikki, tezlikning bir birlik $d\vartheta$ oralig'iga eng ko'p sonidagi molekula to'g'ri keladigan tezlikdir. Ehtimol tezlik qiymati hisoblanadigan ifodani topish uchun (12.3) funktsiyadan ϑ bo'yicha birinchi tartibli hosila olib, uni nolga tenglaymiz.

$$f'(\vartheta) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{m_0}{2kT} \right)^{3/2} \left[e^{-\frac{m_0 \vartheta^2}{2kT}} 2\vartheta - \vartheta^2 e^{-\frac{m_0 \vartheta^2}{2kT}} \frac{2m_0 \vartheta}{2kT} \right] = 0$$

Bu tenglik qavs ichidagi ifoda nolga teng bo'lganda o'rinli bo'ladi. Shuning uchun qavs ichidagi ifodani nolga tenglab, ehtimol tezlik ifodasini topamiz:

$$\vartheta_e^2 = \frac{2kT}{m_0}$$

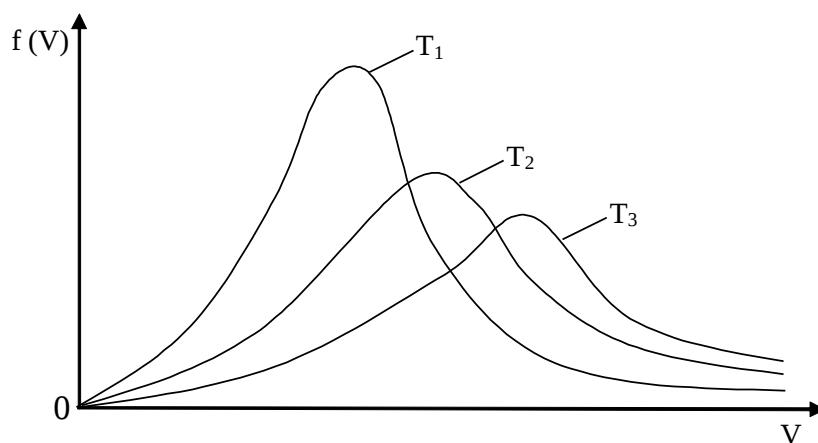
Bundan

$$\vartheta_e = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}} \quad (12.5)$$

kelib chiqadi. $k/m_0 = R/M$ ekanini hisobga olsak

$$\vartheta_e = \sqrt{\frac{2RT}{M}} \quad (12.5,a)$$

hosil bo'ladi.



12.2-rasm

Maksvell taqsimot qonuni grafigidan ko'rinadiki, kichik va katta tezlik bilan harakatlanuvchi molekulalar soni nisbatan oz. Ko'pchilik molekulalar ehtimol tezlikka yaqin tezlik bilan harakatlanadilar. Maksvell egri chizig'i assimetrik, uning maksimumining o'ng tomoni chap tomoniga nisbatan sekinroq kamayib, uzoqroqqa cho'zilgan. Shuning uchun grafikda $\vartheta > \vartheta_e$ bo'lgan o'ng tomondagi

yuza, $\vartheta < \vartheta_e$ bo'lgan chap tomondagi yuzadan katta bo'lishi, ehtimol tezlikdan katta tezlikda harakat qiluvchi molekulalarning soni, ehtimol tezlikda kichik tezlikda harakatlanuvchi molekulalar sonidan ko'p ekanini ko'rsatadi.

Molekulalarning tezliklar bo'yicha taqsimotini bilgan holda tezlikning o'rtacha arifmetik va o'rtacha kvadratik qiymatlarini ifodalovchi formulalarni ham keltirib chiqarish mumkin. Lekin biz bu tezlik ifodalarini keltirib chiqarish ko'p matematik amallarni bajarishni talab qilgani uchun ularni tayyor holda yozamiz.

$$\langle \vartheta \rangle = \sqrt{\frac{8\hbar T}{\pi m_0}} \quad (12.6)$$

$$\langle \vartheta \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \quad (12.6,a)$$

$$\langle \vartheta_{kv} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} \quad (12.7)$$

$$\langle \vartheta_{kv} \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad (12.7a)$$

(12.7) formulani biz yuqorida molekulyar-kinetik nazariya asosida keltirib chiqargan edik.

Agar (12.5), (12.6) va (12.7) formulalarni taqqoslasak, molekula tezliklari molekula massasi va temperaturasiga bir xilda bog'liq ekanini ko'ramiz, ular bir-biridan faqat sonli ko'paytiruvchilari bilan farq qiladi. Ularni solishtirsak, miqdori $\langle \vartheta_{kv} \rangle > \langle \vartheta \rangle > \vartheta_e$ ekanini ko'ramiz. Agar $\langle \vartheta_{kv} \rangle$ va $\langle \vartheta \rangle$ tezliklarni ϑ_e ga nisbatan solishtirsak, $\langle \vartheta \rangle = 1,13 \vartheta_e$ va $\langle \vartheta_{kv} \rangle = 1,22 \vartheta_e$ ekanligi kelib chiqadi.

Molekulalarning o'rtacha arifmetik va o'rtacha kvadratik tezliklari miqdor jihatdan ehtimol tezlikdan katta bo'lgani bilan bunday tezliklarda harakatlanuvchi molekulalar soni nisbatan kam. O'rtacha arifmetik tezlik bilan harakatlanuvchi molekulalar sonidan, o'rtacha kvadratik tezlikda harakatlanuvchi molekulalar soni ham nisbatan oz.

Ehtimol tezlik ma'nosini va molekulalarning tezliklar bo'yicha taqsimlanishini yaxshi tushunib olish uchun aniq bir misolni ko'rib chiqaylik. Qandaydir sig'imli idishda 00C temperaturada $\Delta\vartheta = 100 \text{ m/s}$ tezlik oralig'iga mos kelgan molekulalar sonini taqsimot qonuni asosida hisoblab topilgan natijalari 2-jadvalda keltirilgan. Jadval juda katta bo'lib ketmasligi uchun $\Delta\vartheta$ tezlik oralig'i katta qilib olindi.

Jadvaldan ko'rinadiki, ko'pchilik molekulalar tezligi 200 dan 600 m/s gacha bo'lgan oralig'da haraktlanadi. Tezlig 300 m/s dan 400 m/s gacha bo'lgan oraliqqa eng ko'p molekulalar to'g'ri keladi. Chunki molekulalarni ehtimol tezligi shu oraliqqa to'g'ri keladi va (12.5) formula bilan hisoblanadi:

$$\vartheta_s = \sqrt{\frac{2RT}{M}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8,32 \cdot 273}{0,032}} \approx 377 \text{ —}$$

(13,6) va (13,7) formulalardan $\langle \vartheta \rangle$ va $\langle \vartheta_{kv} \rangle$ tezliklarni ham topamiz:

$$\langle \vartheta \rangle = 423 \text{ m/s}, \quad \langle \vartheta_{kv} \rangle = 460 \text{ m/s}.$$

Temperatura ortishi bilan taqsimot egri chizig'i maksimumi o'ng tomonga, ya'ni tezliklar katta tomonga siljiydi. Lekin taqsimot egri chizig'i bilan

chegaralangan yuza kattaligi o'zgarmasdan qoladi. Shuning uchun temperatura ortishi bilan taqsimot egri chzig'i pasayib, tezlik o'qi bo'yicha cho'ziladi (12.2-rasm). Temperatura pasayganda buning aksi bo'ladi.

2-jadval

$\Delta g, \text{ m/s}$	$\Delta N, 10^3$	$\Delta N/N, \%$
0-100	14	1,4
100-200	81	8,1
200-300	165	16,5
300-400	214	21,4
400-500	206	20,6
500-600	151	15,1
600-700	92	9,2
700-800	48	4,8
800-900	20	2,0
900-1000	6	0,6
>1000	3	0,3
jami	106	100

Maksvell taqsimot qonuni molekulalar kinetik energiyalari bo'yicha taqsimot qonuni sifatida ham yozish mumkin. Buning uchun

$$E_k = m_0 g^2 / 2 \quad (12.8)$$

formuladan

$$g = \sqrt{\frac{2E_k}{m_0}} \quad (12.9)$$

ekanini topamiz. So'ngra (13,8) ifodani differensiyalaymiz:

$$dE_k = m_0 g dg$$

Bundan:

$$g dg = dE_k / m_0 \quad (13,10)$$

munosabatni hosil qilamiz. (12.9) va (12.10) munosabatlarini hisobga olsak, (12.1) ifodadagi $g^2 dg$ ko'paytma quyidagi ko'rinishni oladi.

$$g^2 dg = g dg = \sqrt{\frac{2E_k}{m_0}} \frac{dE_k}{m_0} = \frac{\sqrt{2}}{m_0^{3/2}} \sqrt{E_k} dE_k$$

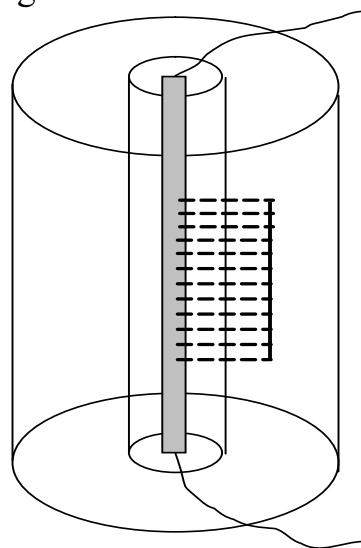
Buni hisobga olsak, Maksvell taqsimot qonunini quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\frac{dN}{N} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} (\hbar T)^{-3/2} H^{-\frac{E_k}{KT}} \sqrt{E_k} dE_k \quad (13,11)$$

Bu munosabat, gaz molekulalarining issiqlik harakat energiyalarini absolyut qiymatlar bo'yicha Maksvell taqsimot qonunini ifodalaydi.

Maksvell taqsimot qonunining Shtern tajribasida tasdiqlanishi.

Molekulalarning tezliklar bo'yicha Maksvell taqsimot qonunini 1920 yilda nemis olimi Shtern tajribada tekshirib ko'rdi. Molekulalar tezligini o'lchashga moslashtirilgan Shtern qurilmasi o'qlari ustma-ust tushadigan qilib, biri ikkinchisining ichiga joylashtirilgan ikki silindrdan iborat (12.3-rasm).

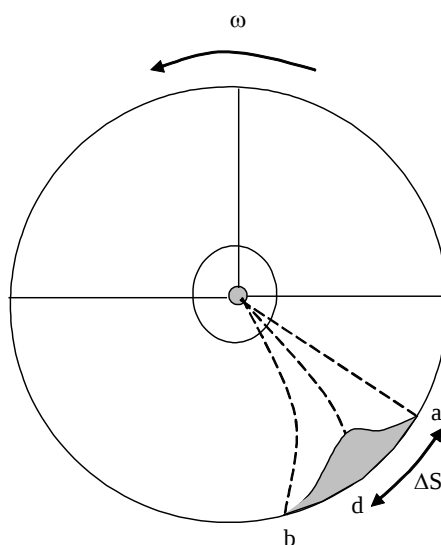


12.3-rasm.

Silindrning o'qlari bo'ylab, kumush bilan qoplangan platina sim o'tkazilgan. Platinadan elektr toki o'tkazilsa, u qizib sirtidan kumush atomlari bug'lanib chiqadi.

Ichki silindrda bo'ylanmasiga ketgan ensiz tirqishdan kumush atomlari dastasi chiqib, tashqi silindrni ichki devoriga yopishib, unda ensiz vertikal tasma shaklida qatlam hosil qiladi.

Qurilma vakuumda joylashgani uchun kumush atomlari havo molekulalari bilan to'qnashmaydi. Agar qurilma umumiy o'q atrofida ω burchakli tezlik bilan aylanma harakatga keltirilsa, kumush atomlari tirqishdan chiqib, tashqi silindr devoriga etib kelguncha, devor ΔS masofaga siljib qoladi. Natijada kumush atomlari undan qandaydir masofaga siljib yopishadi.



12.4-rasm

Shuning uchun ingichka tasma shaklidagi kumush oʻrnida ancha enli ab kumush qatlami hosil boʻladi (12.4-rasm). Kumush qatlamining qalinligi ham turlicha boʻlib, oʻrtasi qalinroq, ikki chekkasi yupqalashib boradi. Rasmda bu qatlamning kesimi koʻrsatilgan. Qurilma aylanganda unga oʻtirgan kumush qatlamini eniga ikki tomonlama kengayishiga atomlar tezliklarining har xil boʻlishi sabab boʻladi. Tezligi kattaroq atomlar qatlamning a chetiga yaqinroq nuqtalarga, kichikroq tezlikda harakatlanuvchi atomlar qatlamning b chetiga yaqinroq boʻlgan nuqtalarga oʻtiradi. Qatlam qalinligini har xilligi turlicha tezlik bilan harakatlanuvchi atomlar soni bir xil emasligini koʻrsatadi. Qatlamning yupqa ikki cheti tezligi katta yoki kichik boʻlgan atomlar sonining kamligini koʻrsatadi. Qatlamdagi har bir nuqta (masalan d nuqta) atomning aniq bir tezligiga mos keladi. Demak, qatlam kesimining shakli atomlarning tezliklar boʻyicha taqsimlanishiga mos keladi. Shuning uchun ham qatlam kesimining shakli Maksvell funktsiyasi grafiga oʻxshaydi. Bu esa Maksvell taqsimot qonunini Shtern tajribasida sifat jixatdan tasdiqlanganligini koʻrsatadi.

Qurilmaning burchak teziligini ω , tashqi slindr radiusini R , atomni uchib oʻtish vaqtini Δt deb belgilasak, ΔS masofa quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta S = \omega R \Delta t$$

Ichki slindrning radiusi tashqi slindr radiusi R ga nisbatan juda kichik boʻlgani uchun kumush atomlarini uchib borib oʻtirish vaqti

$$\Delta t = R/v$$

boʻladi. Bu ifodani hisobga olib, yuqoridagi ifodadan kumush atomlarining tezligini topamiz:

$$v = \omega R^2 / \Delta S \quad (12.12)$$

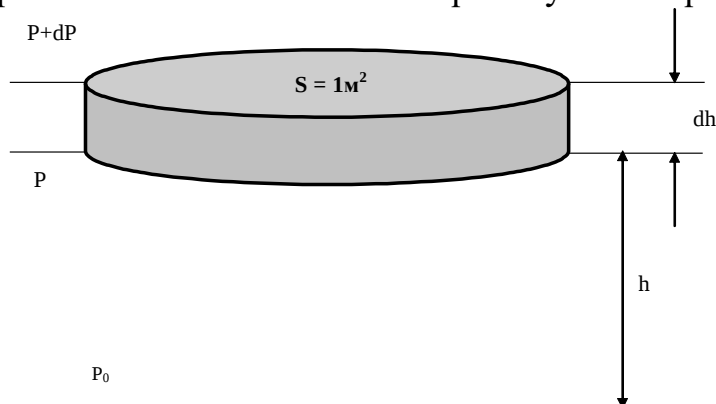
Shtern kumush atomlarini tezliklar boʻyicha taqsimlanishini baholash uchun ularning tezligini qatlamning qator nuqtalari uchun aniqlab, $\Delta N / \Delta v$ kattalikni ham hisoblab topdi.

Taqsimot qonuni boshqa olimlarning tajribalarida yanada aniqroq tekshirib koʻriladi. Masalan, bunday tajribani 1929 yilda Lammert va keyinchalik Eldrij oʻtkazdi. Ularning tajribasida ham Maksvell taqsimot qonunining toʻgʻriligi tasdiqlangan.

Potensial maydondagi zarrachalar uchun Boltsman taqsimot qonuni va barometrik formula

Maʼlumki, tashqi taʼsirlar boʻlmasa biror idishdagi gaz muvozanat holatiga keladi. Uning hamma nuqtalaridagi temperatura va bosim bir xil boʻladi. Idishda bir necha xil gaz aralashmasi (masalan, havo) boʻlsa ham idishning hamma nuqtalarida uning tarkibi bir xil boʻladi. Lekin gazga tashqi potensial maydon taʼsir etayotgan boʻlsa, manzara oʻzgaradi. Masalan, Erning atrofidagi havo qatlami (atmosfera) Erning tortish kuchi taʼsirida boʻladi. Agar Erning tortish kuchi taʼsir etmaganda havo molekulalarining issiqlik harakati tufayli ular olam fazosiga tarqab ketgan boʻladi. Agar tortish kuchi boʻlsa-yu, molekulalarning issiqlik

harakati bo'lmasa, barcha molekulalar Er sirtida yupqa qatlam xosil qilib to'planib qolar edi. Erning tortish kuchi va molekulalarning issiqlik harakati borligi uchun Er atmosferasi (havo qatlami) hozirgi ko'rinishda mavjud. Havo molekulalarining balandlik bo'yicha taqsimlanishiga shu ikki sabab ta'sir ko'rsatadi. Molekulalarning taqsimotini ifodalovchi statistik qonuniyatni aniqlaylik.



12.5-rasm

Yer sirtining dengiz sathidan h_0 balandlikdagi sohasida atmosfera bosimi p_0 , birlik hajmdagi molekulalar soni n_0 bo'lsin. Yer sirtidan h balandlikda birlik hajmda n molekula bor deb hisoblaylik. Atmosferaning h balandlikdagi sohada qalinligi dh , asos yuzi $S = 1\text{m}^2$ bo'lgan silindrsimon elementar qatlamni hayolan ajratamiz.(12.5-rasm). Bu qatlamning quyi va yuqori asoslariga ta'sir etadigan atmosfera bosimining qiymatlarini mos ravishda p va $p+dp$ deb belgilaylik.

Atmosferaning h balandlikdagi bosimi p yuqoridagi qatlamlarning og'irligi tufayli vujudga keladi. Shuning uchun $h + dh$ balandlikdagi atmosfera bosimining qiymati ($p + dp$), undan dh qadar pastroq sohadagi bosimdan dp miqdorga kichikroq bo'ladi. Bundan dp manfiy ekanligi kelib chiqadi. dp bosim dh qalinlikdagi havo qatlamida mavjud bo'lgan barcha molekulalarning og'irligiga teng:

$$dp = -\rho g dh = -nm_0 g dh \quad (12.13)$$

Ikkinchi tomondan normal sharoitlarga yaqin bo'lgan hollarda atmosfera tarkibidagi gazlarga ham ideal gaz qonunlarini tadbiq etish mumkin. Shuning uchun h balandlikdagi bosim p bilan, molekulalar konsentratsiyasi n orasida quyidagicha bog'lanish bor:

$$r = nkT \quad (12.14)$$

(12.13) ni (12.14)ga nisbatini olamiz.

$$dp/r = (m_0 g/kT) dh$$

munosabatni hosil qilamiz va uni mos holda h_0 dan h gacha, p_0 dan p gacha bo'lgan chegarada integrallaymiz, bunda g va T ni o'zgarmas deb hisoblaymiz, ya'ni:

$$\int_{p_0}^p \frac{dp}{p} = -\frac{m_0 g}{kT} \int_{h_0}^h dh$$

$$\ln p - \ln p_0 = -\frac{m_0 g}{kT} (h - h_0)$$

bundan tenglamani xosil qilamiz. Boshlang'ich balandlik dengiz sathidan boshlanganligi uchun $u_{h=0}$ ga teng ekanligini hisobga olsak, yuqoridagi ifoda quyidagi ko'rinishni oladi.

$$p = p_0 e^{-\frac{m_0 g h}{kT}} \quad (12.15)$$

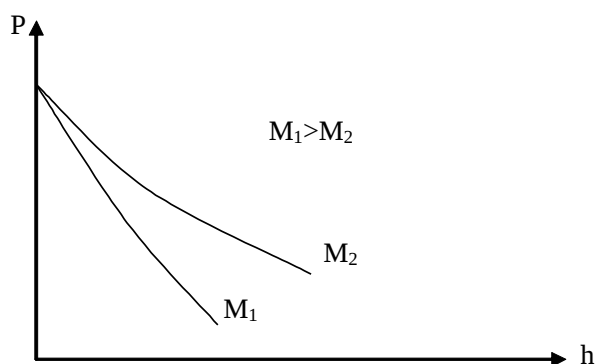
Bu ifodada

$$m_0/k = M/R$$

ekanini hisobga olsak,

$$p = p_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}} \quad (12.15,a)$$

formula xosil bo'ladi. (12.15) yoki (12.15a) tenglama barometrik formula deb ataladi.



12.6-rasm

Bu formuladan ko'rinadiki, balandlik ortgan sari atmosfera bosimi eksponentsial qonun bo'yicha kamayib boradi. Atmosfera havosi turli gazlardan tarkib topgani uchun bu formulani har bir gazning partsial bosimi uchun qo'llash mumkin. (12.15) formulaga asosan balandlik ortgan sari molyar massasi kattaroq gazlarni bosimi, molyar massasi kichikroq gazlarnikiga qaraganda tezroq kamayib boradi (12.6-rasm).

Bosim molekular kontsentratsiyasiga to'g'ri proporsional ekanini hisobga olib barometrik formulada molekular kontsentratsiyasini balandlik bo'yicha taqsimlanish qonunini yozish mumkin, ya'ni

$$p/p_0 = n/n_0$$

bo'lgani uchun

$$n = n_0 e^{-\frac{m_0 g h}{kT}} \quad (12.16)$$

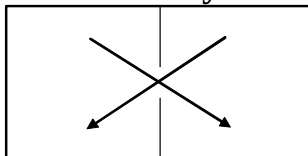
bo'ladi. (12.16) formulada $m_0 g h$ molekulani h balandlikdagi potensial energiyasi ekanini hisobga olsak,

$$n = n_0 e^{-\frac{E_p}{kT}} \quad (12.16a)$$

bo'ladi. (12.16) yoki (14.16a) formulalar og'irlik kuchi maydonidagi gaz molekularini potensial energiyalari bo'yicha Boltsman taqsimot qonunini

ifodalaydi. Boltsman taqsimot qonuni faqat og'irlik kuchi maydonidagi gaz molekulalari uchun taaluqli bo'lmay, balki har qanday potensial maydondagi zarrachalar uchun ham to'g'ridir. Masalan, suyuqlik ichidagi Broun zarrachalari ham shu taqsimot qonuniga bo'ysunadi. 1909 yilda Perren, Broun zarrachalariga Boltsman taqsimot qonunini qo'llab, Avogadro sonini tajribada aniqlashga muvaffaq bo'lgan.

Gazlarda deffuziya hodisasi.



12.7-rasm

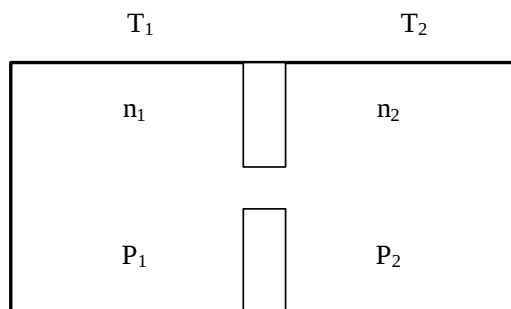
Effuziya hodisasi ultrasiyraklashgan gazlarda kuzatiladi. Ultrasiyraklashgan gazlarda molekulalar erkin chopish yo'lining uzunligi idishning chiziqli o'lchamlaridan katta bo'ladi. Bunday hol yuqori vakuum sharoitida kuzatiladi. Masalan, bosim 10^{-4} Pa bo'lganda 1m^3 hajmda taxminan 10^{16} dona molekula bo'ladi va molekulalar bir-biri bilan to'qnashmasdan idish devorlariga borib uriladi.

Ichida ultrasiyrak gazi bor idishni ko'rib o'taylik. Bu idish teshikli to'siq bilan ikki qismga ajratilgan bo'lsin (12.7-rasm).

Agar teshikning o'lchamlari molekulalarining erkin chopish yo'lining uzunligidan kichik bo'lsa, molekulalar teshikdan bir-biri bilan to'qnashmasdan yakka-yakka uchib o'tadi. Ultrasiyrak gazlarda gaz molekulalarini teshik orqali oqishi effuziya deb ataladi. Effuziya vaqtida o'ziga hos hodisalar yuz beradi. Biz shulardan ikkitasini ko'rib o'taylik.

1) Issiqlik deffuziya. Idish ikkala qismining temperaturalarini har-xil bo'lsin (12.8-rasm). Agar molekulalar erkin chopish yo'lining uzunligi teshik kengligidan kichik bo'lsa ($\lambda \ll d$), idishning ikkala tomonidagi p_1 va p_2 bosimlar tenglashganda issiqlik muvozanati o'rnatiladi. T_1 va T_2 temperaturalar uchun $p_1 = n_1 k T_1$ va $p_2 = n_2 k T_2$ ekanligidan va muvozanat vaqtida $p_1 = p_2$ bo'lgani uchun idishning ikkala qismidagi molekulalar soni va zichligi, temperaturaga teskari munosabatda ekanligi kelib chiqadi:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{T_2}{T_1} \quad (12.17)$$



12.8-rasm

Ultrasiyarak gazda ($\lambda \ll d$), esa muvozanat sharti boshqacha bo'ladi. Agar teshikdan idishning bir qismidan ikkinchi qismiga o'tayotgan molekulalar soni, ikkinchi qismidan birinchi qismiga o'tayotgan molekulalar soniga teng bo'lsa, vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan turg'un holat qaror topadi. Bunda teshik orqali o'tayotgan molekulalar soni tezlikka proporsional bo'lgani uchun muvozanat sharti

$$n_1 \langle v_1 \rangle = n_2 \langle v_2 \rangle$$

ko'rinishda bo'ladi. $\langle v \rangle \sim \sqrt{T}$ ekanligidan quyidagi munosabatni yozish mumkin.

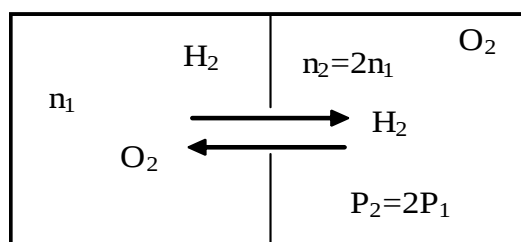
$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{n_1}{n_2} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \quad (12.18)$$

Buni hisobga olsak, bosim bosim bilan temperatura orasidagi munosabat quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\frac{m_1}{m_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \quad (12.19)$$

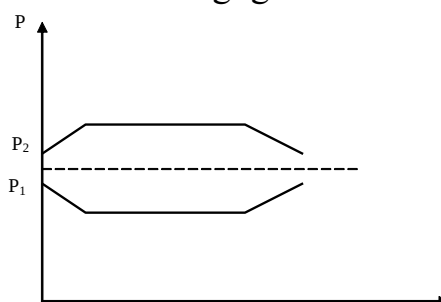
Bundan ko'rinadiki, ($\lambda \ll d$), bo'lganda odatdagi sharoitdan farqli ravishda bosim, idishni temperaturasi yuqori bo'lgan qismida katta bo'lar ekan.

Ikki gazning uchrashma izotermik deffuziya.



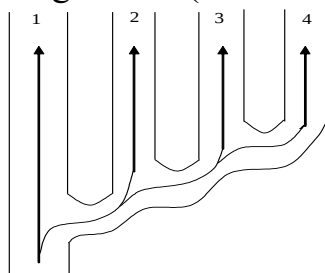
12.9-rasm

Teshikli to'siqqa ega bo'lgan idishni ikki tomonida molekulalarining massasi katta farq qiladigan ikki xil gaz bor bo'lsin. Idishning hamma nuqtalaridagi temperatura bir xil va teshikli to'siq bo'lsin. Aniqlik uchun idishning chap tomonida vodorod, o'ng tomonida kislorod bor deb olamiz. Vodorodning bosimi kislorodning bosimidan 2 marta kichik bo'lsin, ya'ni, kislorod molekulalarini konsentratsiyasi vodorod molekulalari konsentratsiyasidan 2 marta katta: $n_2 = 2n_1$. Idishning har ikki tomonidagi gaz ham ultrasiyarak, ya'ni $\lambda \gg d$.



12.10-rasm

Agar to'siqdagi teshik ochilsa, bu teshik orqali kislorod va vodorodning uchrashma deffuziya yuzaga keladi (12.9-rasm). Bunda vodorod molekulalarini oqimi $n_1 < \vartheta_1 >$ ga kislorod molekulalariniki esa $n_2 < \vartheta_2 >$ ga proporsional bo'ladi. Molekulalarning tezligi $\vartheta \sim \frac{1}{\sqrt{m}}$ bo'lgani uchun vodorod molekulalarining o'rtacha tezligi, kislorod molekulalarining o'rtacha tezligidan 4 marta katta bo'ladi: $< \vartheta_1 > = 4 < \vartheta_2 >$. Vodorodning bosimi kislorodning bosimidan 2 marta kichik bo'lsa ham vodorodning oqimi kislorodning oqimidan ikki marta ortiq bo'ladi. Effuziya oqimi idishni ikki tomonidagi bosimlarni tenglashtirish o'rniga ularni farqini oshiradi. Ammo, vaqt o'tishi bilan idishning ikkala qismida vodorod va kislorodning kontsentratsiyasi, ya'ni bosimlari tenglashadi (12.10-rasm).



12.11-rasm

Izotoplarni ajratishida effuziya hodisasidan foydalaniladi. Izotoplarning ximiyaviy xossalari aynan bir xil bo'lgani uchun ularni kimyoviy usullar bilan ajratib bo'lmaydi.

Izotoplarni ajratishning effuziya usuli sxemasi 12.11-rasmda ko'rsatilgan. Gaz oqimi ikkiga tarmoqlanadi, uni bir qismi mayda teshikchalari ($\lambda > d$) bor to'siqdan o'tadi. Massalari kichik bo'lgan izotoplar oqim tezligi katta bo'lgani uchun, to'siqdan o'tgan oqim boshlang'ich oqimga qaraganda engil izotoplarga bir oz boyiydi. Boyitilgan bu oqim (1') yana ikki qismga ajraladi, ulardan yana biri ikkinchi g'ovak to'siqdan o'tib engilroq izotoplarga yanada boyiydi. Bu jarayon bir necha marta takrorlanishi natijasida tegishli elementning engilroq izotoplariga boy gaz olish mumkin.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Ehtimol tezlik deganda nimani tushunasiz?
2. Molekulalarning tezliklari bo'yicha taqsimlanishini Maksvell taqsimot funksiyasi orqali tushuntiring.
3. Molekulalarning tezliklari bo'yicha taqsimlanishiga temperatura qanday ta'sir ko'rsatadi?
4. Molekulalarning o'rtacha kinetik energiyalari bo'yicha taqsimlanishini tushuntiring.
5. Barometrik formula nimani ifodalaydi?
6. Molekulalarning og'irlik kuchi maydonida taqsimlanishini tushuntiring.
7. Effuziya hodisasini qanday tushuntirasiz?
8. Shtern tajribasini tushuntiring.

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 gacha
Mashg'ulot shakli	Kirish-axborotli ma'ruza
Ma'ruza rejasi	1.Qaytar va qaytmas issiqlik jarayonlari. 2.Termodynamikaning birinchi qonuni. Ichki energiya. 3.Issiqlik. Ish. Gazning issiqlik sig'imi va uning jarayonlar turiga bog'liqligi. 4.Termodynamikaning birinchi qonunining gaz izojarayonlariga tadbiqu. 5.Ko'p atomli gazlarning issiqlik sig'imi. Issiqlik sig'imining klassik nazariyasining kamchiliklari.
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Termodynamikaning birinchi qonunini izojarayonlarga tatbiqini o'rganish.	
Pedagogik vazifalari: Gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan ish. Issiqlik miqdori. Termodynamikaning birinchi bosh qonunini ideal gazdagi izoprotsesslarga tatbiq qilish	O'quv faoliyatining natijalari: Termodynamikaning birinchi bosh qonunini qanday ta'riflanishi Tashqaridan issiqlik olinmasa, issiqlik mashina nima hisobiga ish bajarishi Issiqlik miqdori Moddaning solishtirma issiqlik sig'imi Qanday protsess adiabatik protsess Termodynamikaning birinchi qonuni ifodasi adiabatik protsess uchun ko'rinisi Termodynamika birinchi qonuni izobarik, izoxorik, izotermik protsesslar ko'rinisi
Ta'lim berish usullari	Ko'rgazmali ma'ruza suhbatlari
Ta'lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy
Ta'lim berish vositalari	O'quv qullanma proektor slaydlar
Ta'lim berish sharoiti	O`TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og`zaki nazorat, savol-javob

Ma'ruza holatining texnologik kartasi

Bosqichlar, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchi	talaba
1-bosqich. Kirish(5 min.)	1.1. Mavzu, maqsad va rejalashtirilgan o`quv natijalarini e`lon qiladi. 1.2. Reja va muammoli holatlatlarni ifodalovchi savollarni ekranga chiqaradi.	1.1.Eshitadilar, yozib oladilar. 1.2.E`tabor beradilar.
2-bosqich. .Bilimlarni faollashtirish (10 min).	2.1. Asosiy kategoriya va tushunchalarni va ma'ruza oxirida yechiladigan masalalarni namoyish qiladi. 2.2.O`quv faoliyatini baxolash mezonlari malum qilinadi.	
3bosqich. Asosiy (55 min.)	3.1. Ma`ruza davomida asosiy tushunchalarni qayd etish lozimligini uqtiradi.Talabalar yozib olishlarini takidlaydilar 3.2. Ideal gazning ichki energiyasi. Energiyaning erkinlik daralari bo'yicha tekis taqsimlanishi. 3.3. Gazning hajmini o'zgarishida bajarilgan ish. 3.4. Termodinamikaning 1-qonuni va uning izojarayonlarga tadbiqu. 3.5. Ideal gazning issiqlik sig'imi. 3.6. Adiabatik jarayon.	3.1.Asosiykatt aliklar, ifodalarni yozadilar 3.2. Yozadilar. 3.3. berilgan chizmalarni chizib oladilar.
4- bosqich. Yakuniy (10 min.)	4.1.Mavzuga xulosa yasaydi.O`quv jarayonida faol ishtirok etgan talabalarbi rag`batlantiradi. 4.2. Mustaqil ishlash va nazariy bilimlarni mustaxkamlash. Mustaxkamlash uchun savvolarni beradi:	4.1.eshitadi. 4.2.topshiriqni yozib oladilar.

10-ma'ruza. TERMODINAMIKA ASOSLARI

Reja

1. Qaytar va qaytmas issiqlik jarayonlari.
2. Termodinamikaning birinchi qonuni. Ichki energiya.
3. Issiqlik. Ish. Gazning issiqlik sig'imi va uning jarayonlar turiga bog'liqligi.
4. Termodinamikaning birinchi qonunining gaz izojaroyonlariga tadbiqu.
5. Ko'p atomli gazlarning issiqlik sig'imi. Issiqlik sig'imining klassik nazariyasining kamchiliklari.

Tayanch so'zlar va iboralar: Ideal gaz ichki energiyasi, molekulalarning o'rtacha kinetik energiyasi, molekulalarning erkinlik daraja soni, energiyani erkinlik darajasi bo'yicha tekis taqsimlanishi, gaz hajmini o'zgarishida bajarilgan ish, termodinamikaning birinchi qonuni, termodinamikaning birinchi qonunini izojaroyonlarga tadbiqu, ideal gazni o'zgarmas hajm va o'zgarmas bosim sharoitidagi issiqlik sig'imi, molyar issiqlik sig'imi, issiqlik sig'imining klassik nazariyasi va uning kamchiliklari, adiabatik jarayon, adiabata tenglamasi, adiabata ko'rsatgichi, adiabatik jarayonda bajarilgan ish.

Termodinamika turli jarayonlarda (issiqlik, mexanik, elektr, magnit va boshqalar) molekulalarning issiqlik harakati bilan aniqlanuvchi energiyaning miqdoriy o'zgarish qonunlarini o'rganadi.

XIX asrning birinchi yarimida issiqlik mashinalarining foydali ish ko'effisientini o'ttirish maqsadida issiqlik energiyasini mexanik energiyaga, mexanik energiyani, aksincha, issiqlik energiyasiga aylanishini o'rganishga katta e'tibor berila boshladi. Natijada fizikaning issiqlik jarayonlarini o'rganiuvchi termodinamika sohasi tez rivojlandi.

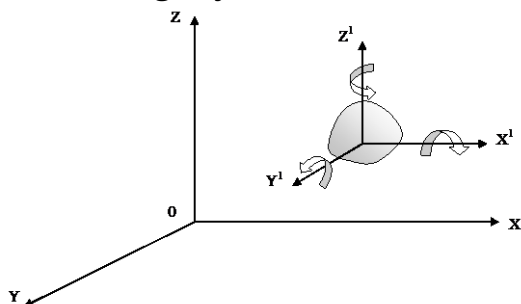
Termodinamika insonlarning ko'p yillik tajribasi natijasida yaratilgan ikkita qonunga asoslangan. Termodinamikaning 1-bosh qonuni energiyaning miqdoriy va sifat o'zgarishlarini ifodalaydi. Uning 2-bosh qonuni esa jarayonlarning sodir bo'lish yo'nalishi haqidadir.

Ideal gaz ichki energiyasi. Energiyani erkinlik darajasi bo'yicha tekis taqsimlanishi.

Moddaning ichki energiyasi deganda uni tashkil qilgan molekulalarning potensial va kinetik energiyalarning yig'indisi tushuniladi. Ideal gaz molekulalari o'zaro ta'sirlashmagani uchun molekulalarning potensial energiyasi nolga teng. Ideal gazni ichki energiyasi molekulalarining ilgarilanma va aylanma harakat o'rtacha kinetik energiyalarining yig'indisiga teng bo'ladi.

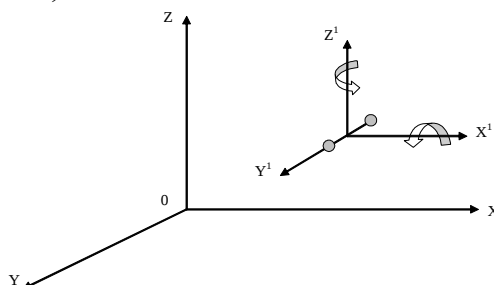
Molekulalar ilgarilanma harakat o'rtacha kinetik energiyasini oldingi ma'ruzamizda ko'rib o'tgan edik. Molekulalarning aylanma harakatidagi o'rtacha kinetik energiyasini hisobga olish uchun jismning erkinlik darajasi tushunchasini ko'rib o'tamiz.

Jismning erkinlik darajasi deb, uni fazodagi holatini belgilovchi, bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan koordinatalar soniga aytiladi.



13.1-rasm

Masalan, jism fazoda erkin siljiyotgan bo‘lsa, uning bu siljishi bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan oltita tashkil etuvchidan, ya’ni uchta ilgarilanma (fazodagi Dekart koordinata sistemasining X, Y, Z o‘qiga nisbatan) va uchta burchakli (jismni massa markazidan o‘tuvchi o‘zaro tik uch o‘q atrofida) tashkil etuvchidan iborat deb qarash mumkin (13.1-rasm).



13.2-rasm

Agar jismning harakat erkinligi chegaralansa erkinlik darajasi ham 6 tadan kam bo‘ladi. Masalan, yerda dumalab ketayotgan to‘pni olsak, uning erkinlik darajasi ikkita ilgarilanma va uchta o‘q atrofida aylanishini ifodalovchi 3 ta erkinlik darajasidan iborat bo‘ladi. Yoki temir yo‘l vagonini olsak, u faqat bitta yo‘nalishda ilgarilanma harakat qilgani uchun erkinlik darajasi birga teng. Agar vagon g‘ildiragini olsak, u bitta ilgarilanma va bitta aylanma (gorizontal o‘q atrofida) harakatga mos keluvchi ikkita erkinlik darajasiga ega. Gaz atomlarining erkinlik daraja sonini ko‘rib o‘taylik. Bir atomli gaz molekularining (Masalan; Ne) erkinlik darajasi uchga teng, chunki atomning fazodagi vaziyati x, y, z koordinatalar bilan to‘liq aniqlanadi. Atom aylangani bilan uning fazodagi o‘rni o‘zgarmaydi. Shuning uchun aylanma harakatini belgilovchi uchta erkinlik darajasi nolga teng.

Ikki atomli gaz molekulasini erkinlik darajasi beshga teng. Molekulalar orasidagi masofani o‘zgarmas deb hisoblasak, molekulaning ilgarilanma harakati molekula massa markazining vaziyatini aniqlovchi x, y, z koordinatalarning o‘zgarishlari bilan bog‘liq bo‘lgan uchta erkinlik darajasiga ega. Ikki atomli molekula aylanma harakat qilishi ham mumkin. Uni aylanma harakatini aniqlash uchun qo‘zg‘aluvchi koordinata sistemasining koordinata boshini O' nuqtaga shunday joylashtiramizki, $O' Y'$ o‘q, molekula o‘qi bilan ustma -ust tushsin. Molekula $O' Y'$ o‘q atrofida aylangani bilan uning fazodagi vaziyati o‘zgarmaydi. Shuning uchun bu o‘qqa nisbatan aylanma erkinlik darajasi nolga teng. Ikki atomli

molekula O'Z' va O'X' o'qlar atrofida aylanishini ifodalovchi ikkita aylanma erkinlik darajasiga ega bo'ladi. Demak, ikki atomli molekulaning erkinlik darajasi uchta ilgarilanma va ikkita aylanma harakatni ifodalovchi beshta erkinlik darajasiga ega (13.2-rasm).

Uch atomli molekulaning erkinlik darajasi 6 ga teng. Chunki, bunday molekulani massa markazi fazoda uch yo'nalishda ilgarilanma harakat qilishdan tashqari massa markazidan o'tgan uchta o'q atrofida aylanma harakat qilishi ham mumkin. Shuni alohida qayd qilish ham kerakki, molekula nechta erkinlik darajasiga ega bo'lishidan qat'iy nazar, ularning uchasi uning ilgarilanma harakatini ifodalaydi.

Bir qator fiziklar, xususan Boltsman va Maksvell molekulani har bir erkinlik darajasiga bir xil kinetik energiya to'g'ri kelishini aniqladilar. Bir erkinlik darajasiga $\kappa T/2$ kinetik energiya mos keladi. Biz yuqorida molekulani ilgarilanma harakat o'rtacha kinetik energiyasi $3\kappa T/2$ ga teng ekanini topgan edik. Bu ifodadagi 3 soni molekulani fazodagi uch yo'nalishda ilgarilanma harakat qilishini ko'rsatadi. Demak, har bir erkinlik darajasiga $\kappa T/2$ energiya mos keladi. Umumiy holda molekulaning erkinlik daraja sonini i deb belgilasak, bitta molekulani o'rtacha kinetik energiyasi

$$\langle E_k \rangle = \frac{i}{2} kT \quad (13.1)$$

bo'ladi. Ikki atomli molekula uchun $i = 5$ bo'lgani uchun

$$\langle E_k \rangle = \frac{5}{2} kT,$$

uch atomli molekula uchun

$$\langle E_k \rangle = \frac{6}{2} kT = 3kT$$

bo'ladi.

Agar (13.1) formulani N_A Avogadro soniga ko'paytirsak, 1 mol gaz molekulalarining yig'indi kinetik energiyasini topamiz:

$$U_M = N_A \langle E_k \rangle = N_A \frac{i}{2} RT = \frac{i}{2} RT \quad (13.2)$$

Ixtiyoriy gaz massasi uchun (13.2) ifoda quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

$$U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT \quad (13.3)$$

Ideal gaz molekulalari o'zaro ta'sirlashmagani uchun ularning potentsial energiyasi nolga teng. Ideal gazning ichki energiyasi molekulalarning kinetik energiyalarini yig'indisiga teng bo'lgani uchun (13.2) va (13.3) formulalar mos holda bir mol va ixtiyoriy massali ideal gaz ichki energiyasini ifodalaydi.

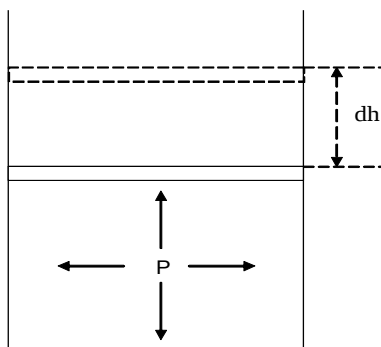
Misol tariqasida 270 C temperaturali 1 kg kislorodning kinetik energiyasini hisoblaylik. Kislorod (O_2) uchun $i = 5$, $M = 0,032$ kg/mol bo'lgani uchun

$$U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT = \frac{1 \text{ kg}}{0,032 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} \frac{5}{2} 8,32 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 300 \text{ K} = 1,95 \cdot 10^5 \text{ J}$$

kelib chiqadi. Bu ancha katta energiya, lekin bu energiyadan foydalanib bo'lmaydi. Ixtiyoriy jism yoki jismlar to'plamining ichki energiyasini hisoblash juda qiyin. Chunki, jism ichki energiyasi uni tashkil qilgan molekulalarning issiqlik harakat kinetik energiyalari, molekulalarni o'zaro ta'sir potensial energiyalari, molekulalarni tashkil qilgan atomlarning tebranma harakat energiyalari, molekulalar xosil qilgan atomlarning bog'lanish energiyalari va atom yadrolarining energiyalari yig'indisi tarzida aniqlanishi kerak. Lekin amaliy masalalarni hal qilishda jismning biror holatiga mos keluvchi qiymati emas, balki biror jarayonning boshlanish va tugallanishida ichki energiyaning o'zgarishi hisoblanadi. Ichki energiyaning o'zgarishi temperatura o'zgarishiga to'g'ri proporsional :

$$\Delta U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R \Delta T \quad (13.4)$$

Gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan ish.



13.3-rasm

Gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan ishni hisoblash uchun silindr shaklidagi idishda gaz olamiz (13.3-rasm). Gaz ishqalanishsiz engil harakatlanuvchi porshen ostida bo'lsin. Tashqi bosim va porshen og'irligi gaz tomonidan ta'sir etuvchi bosim kuchi $F = PS$ bilan muvozanatlashganligi uchun porshen tinch turadi. Bunda P -gazning bosimi, S -porshen yuzi. Agar gazni isitsak, porshen yuqoriga ko'tarilib, gazning kengayish jarayonida

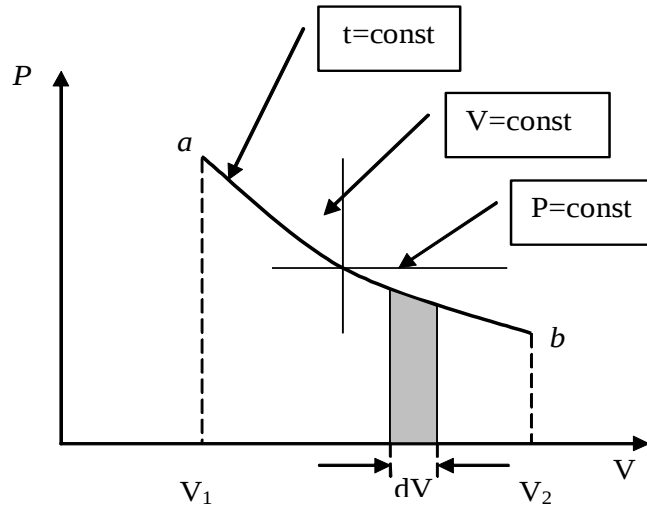
$$A = Fdh = PSdh = PdV \quad (13.5)$$

ish bajariladi. Bunda $Sdh = dV$ gaz hajmining o'zgarishi. Gaz hajmini V_1 dan V_2 ga o'zgarganda bajarilgan ish, uning hajmini dV elementar o'zgarishlarida bajarilgan ishlarning yig'indisiga teng. Buni tushunib olish uchun (P,V) diagrammadan foydalanamiz. 13.4-rasmga gazning hajmini V_1 dan V_2 ga kengayishini ifodalovchi grafik tasvirlangan. Gazning hajmi dV ga o'zgarganda bajarilgan elementar ish ikki marta shtrixlangan yuzaga teng. Gazni V_1 dan V_2 ga o'zgarganda bajarilgan ish ab egri chiziqli chegaralangan shtrixlangan yuzaga teng. Gazni hajmi V_1 dan V_2 ga o'zgarganda bajarilgan to'liq ishni (13.5) ifodani V_1 va V_2 chegarada integrallab topamiz:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P dV \quad (13.6)$$

Agar jarayon izobarik bo'lsa ($P=\text{const}$), P ni integral tashqarisiga chiqarish mumkin:

$$A = P \int_{V_1}^{V_2} dV = P(V_2 - V_1) \quad (13.7)$$



13.4-rasm

Shuni alohida takidlash kerakki, gazning hajmini turli usullar bilan o'zgartirish mumkin. Boshlang'ich holatdan oxirgi holatga o'tish jarayonida gaz bosimi faqat hajmga bog'liq bo'lmasdan, balki temperaturaga ham bog'liq, ya'ni

$$P = RT/V$$

bo'lgani uchun (13.6) ifodaga bosimning bu ifodasini qo'yib, gazni izotermik kengayish jarayonida bajarilgan ishni topishimiz mumkin:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} RT \frac{dV}{V} = RT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = RT(\ln V_2 - \ln V_1)$$

yoki

$$A = RT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (13.8)$$

(13.8) formula 1 mol gazni izotermik kengayishida bajarilgan ishni ifodalaydi.

Termodinamikaning 1-qonuni va uni izojarayonlarga tadbiqlari.

Termodinamikaning birinchi bosh qonunini idishdagi gaz misolida ko'rib o'taylik. Bizga silindr shaklidagi idishda porshen ostida gaz berilgan bo'lsin. Porshen idish ichida erkin harakatlanishi mumkin. Agar idishni temperaturasi yuqori bo'lgan isitgich ustiga qo'ysak, gaz isitgichdan ma'lum miqdorda issiqlik olishi natijasida temperaturasi ortadi. Temperaturani ortishi ichki energiyani ΔU miqdorga ortishiga olib keladi. Gazni dastlabki temperaturasi T_1 bo'lsa, gaz ichki

energiyasini U_1 deyish mumkin. Gaz isitgichga qo'yilgandan keyin temperaturasi T_2 ga ko'tarilib, ichki energiyasi U_2 bo'lib qoldi. Ichki energiyani o'zgarishi $dU=U_2-U_1$ bo'ladi. Jismning boshqa jismlarga berayotgan yoki ulardan olayotgan energiya miqdoriga qarab, ichki energiyasining o'zgarishini aniqlash mumkin. Masalan, gaz kengayish jarayonida porshen yuqoriga ko'tarilib ish bajaradi. Bu ish gaz ichki energiyasining kamayishi hisobiga bajariladi.

$$A = -\Delta U = -(U_2 - U_1) = U_1 - U_2.$$

Gazga issiqlik miqdori berilsa, gazni ichki energiyasi ortishidan tashqari gaz issiqlikdan kengayib, tashqi kuchlarga qarshi ish bajarishi mumkin, ya'ni porshen dh balandlikka ko'tarilib, gaz dA ish bajaradi. Bunda gazga berilgan dQ issiqlik miqdori gazni ichki energiyasini ortishiga va ish bajarishga sarflanadi:

$$dQ = dU + dA \quad (13.9)$$

Ushbu matematik ifoda termodinamikaning 1-bosh qonunini ifodalaydi. Bu qonun tabiatning asosiy qonunlaridan bo'lib, termodinamik jarayonlarda energiyaning saqlanish qonunini ifodalaydi.

Isitgichdan sistemaga uzatilgan issiqlik miqdori sistemaning ichki energiyasini oshirishga va tashqi kuchlarga qarshi ish bajarishga sarf bo'ladi.

Lekin termodinamika 1-qonunining (13.9) ifodasidan sistemaga issiqlik berilganda doim sistema ichki energiyasi ortadi degan xulosa kelib chiqmasligi kerak. Masalan, sistemaga issiqlik berilishiga qaramasdan uni ichki energiyasi kamayishi, ya'ni $U_2 < U_1$ bo'lishi mumkin. Bunday holda (13.9) ga asosan $dA < dQ$ bo'lib, ish sistema olayotgan issiqlik miqdori va sistemaning ichki energiyasini kamayishi hisobiga bajariladi. Ichki energiyani kamayishi $U_1 - U_2 = -dU$ ga teng bo'ladi. Gazni tashqi kuchlarga qarshi bajarayotgan ishi va unga tashqaridan berilgan issiqlik miqdori musbat hisoblanadi. Agar aksincha bo'lsa, ular manfiy ishora bilan olinadi.

Gaz ichki energiyasini unga taqshqaridan issiqlik miqdori berish va gaz ustida ish bajarish bilan o'zgartirish mumkin. Bunda gaz ichki energiyasini o'zgarishi gazga berilgan issiqlik miqdori bilan gaz ustida tashqi kuchlar bajargan ishning yig'indisiga teng bo'ladi.

$$U_2 - U_1 = dQ + dA \quad (13.10)$$

(13.9) formuladan (13.10) formula kelib chiqishi uchun ish ishorasini manfiy olish kerak. Chunki, bunda tashqi kuchlar gaz ustida ish bajaradi.

Termodinamikaning 1-qonuni birinchi tur abadiy dvigatel yasash yo'lidagi urinishlarga chek qo'ydi. Birinchi tur abadiy dvigatel shunday dvigatelki, u bir marta berilgan energiya hisobiga uzoq vaqt ish bajaradi. Lekin termodinamikaning 1-qonunga ko'ra sistemaga berilgan issiqlik miqdoridan ortiqcha ish bajarib bo'lmaydi, chunki sistemaning ichki energiyasi o'zgarmasdan qolishi kerak. Bundan $\Delta U = 0$ bo'lsa, (13.8) ifodadan $dQ = dA$ bo'lishi kelib chiqadi. Demak, dvigatel bajargan ish hech qachon unga berilgan issiqlik miqdoridan katta bo'lmaydi degan xulosa kelib chiqadi.

Termodinamikaning 1-qonunini ideal gazlardagi sodir bo'luvchi izotermik, izobarik va izoxorik jarayonlarda qanday bajarilishini ko'rib o'taylik.

Izotermik jarayon. Gaz izotermik kengayganda yoki siqilganda uning temperaturasi ($T = \text{const}$) o'zgarmagani uchun gazni ichki energiyasi ham o'zgarmaydi va termodinamikaning 1-qonuni quyidagi ko'rinishni oladi:

$$dQ = dA \quad (13.11)$$

Demak, izotermik jarayonda gazga berilgan issiqlik miqdori to'lig'icha mexanik ish bajarishga sarflanadi. Biz yuqorida gazni izotermik kengayishda bajargan ishi:

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (13.12)$$

ko'rinishda bo'lishini ko'rib o'tgan edik. Izotermik jarayonda bajarilgan ishni bosimning o'zgarishi orqali ham ifodalash mumkin. Buning uchun $T = \text{const}$ bo'lganda:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2}$$

bo'lishini hisobga olib, (13.12)ni

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (13.13)$$

ko'rinishda yozish mumkin.

Izobarik jarayon. Bosim o'zgarmas ($p = \text{const}$) bo'lganda gazga berilgan issiqlik miqdori uning temperaturasini T_1 dan T_2 gacha ortishiga, hajmini V_1 dan V_2 gacha kengayishiga olib keladi. Bunday jarayonda bajarilgan ishni hisoblash uchun gaz holat tenglamasini hajm va temperatura bo'yicha differensiallaymiz

$$PdV = \frac{m}{M} R dT.$$

Bu holda to'liq ish

$$A = P \int_{V_1}^{V_2} dV = \frac{m}{M} R (T_2 - T_1) \quad (13.14)$$

ko'rinishdagi formula bilan aniqlanadi.

Demak, izobarik jarayonda bajarilgan ish gaz hajmi yoki temperaturasini o'zgarishi orqali aniqlanishi mumkin. Agar xususiy holda $m/M = 1 \text{ mol}$, $T_2 - T_1 = 1 \text{ K}$ bo'lsa, bajarilgan ish universal gaz doimiysiga teng bo'ladi, ya'ni $A = R$ bo'ladi. Demak, bir mol gazni o'zgarmas bosimda temperaturasini 1K ga oshirilgandagi ish miqdoriga teng bo'lgan kattalik universal gaz doimiysi deyiladi. Izobarik jarayonda bajarilgan ish 13.5-rasmda ko'rsatilgan shtrixlangan to'g'ri to'rt burchakning yuzasiga teng.

Izobarik jarayonda gazga berilgan issiqlik miqdori sistema ichki energiyasini oshirishga va mexanik ish bajarishga sarflanadi, ya'ni

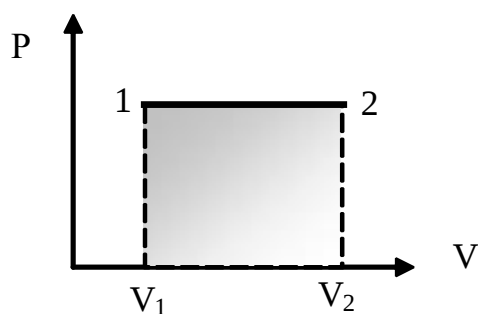
$$dQ = dU + PdV \quad (13.15)$$

Bu ifodani integrallab, ichki energiyani o'zgarishini va bajarilgan to'liq ishni hisoblaymiz:

$$Q = U_2 - U_1 + P(V_2 - V_1) = (U_2 + PV_2) - (U_1 + PV_1) \quad (13.16)$$

(13.16) ifodadagi

$$N = U + PV \quad (13.17)$$



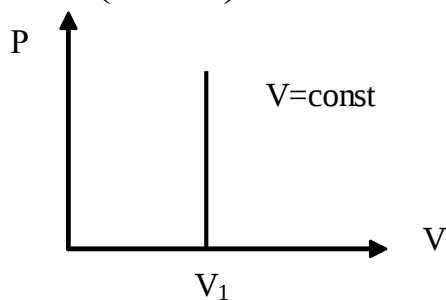
13.5-rasm

kattalik holat funktsiyasi bo‘lib, u entalpiya deb ataladi. (13.17)ni hisobga olsak, (13.16) quyidagi ko‘rinishda yoziladi.

$$Q = H_2 - H_1 \quad (13.18)$$

Demak, izobarik jarayonda ideal gazga berilgan issiqlik miqdori entalpiyaning o‘zgarishi bilan aniqlanadi. Shuning uchun N ni Ba‘zan energiya jamg‘armasi yoki issiqlik saqlami deb ham ataladi. (13.17) formulada $U = iRT/2$ va $RV = RT$ ekanini hisobga olib, uni quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$H = \frac{i}{2}RT + RT = \left(\frac{i}{2}R + R\right)T \quad (13.19)$$



13.6-rasm

Izoxorik jarayon. Agar gazga o‘zgarmas hajm ($V = \text{const}$) sharoitida issiqlik miqdori berilsa, uning bosimi va temperaturasi ortadi. Aksincha, sistema issiqlik miqdori yo‘qotsa, uning temperaturasi va bosimi kamayadi. Izoxorik jarayon grafigi RV diagrammada bosim o‘qiga parallel to‘g‘ri chiziqdan iborat bo‘ladi. (13.6-rasm) Izoxorik jarayonda gazning hajmi o‘zgarmagani uchun unga berilgan issiqlik miqdori to‘lig‘icha gazni ichki energiyasini o‘zgarishiga teng bo‘ladi.

$$dQ = dU$$

Demak, izoxorik jarayonda gazdan olingan issiqlik miqdori uning ichki energisini kamayishiga, unga berilgan issiqlik miqdori esa uning ichki energiyasini oshishiga miqdor jihatdan teng bo‘ladi.

Ideal gazning solishtirma issiqlik sig‘imi.

Jismning issiqlik sig‘imi uning muhim fizik xarakteristikalaridan hisoblanadi. Fizikada jismning issiqlik sig‘imi va solishtirma issiqlik sig‘imi tushunchalari ishlatiladi. Jismning issiqlik sig‘imi deb, jism temperaturasini bir gradusga oshirish uchun kerak bo‘lgan issiqlik miqdori bilan o‘lchanadigan kattalikka aytiladi.

Issiqlik sig'imi J/grad. birlik bilan o'lchanadi. Jismning solishtirma issiqlik sig'imi deb, 1 kg modda temperaturasini 1 K ga ko'tarish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdoriga aytiladi va u

$$c = \frac{dQ}{mdT} \quad (13.20)$$

formula bilan aniqlanadi, J/kg.K birlikda o'lchanadi.

Moddaning molyar issiqlik sig'imi tushunchasi ham ishlatiladi va S harfi bilan belgilanadi. Molyar issiqlik sig'imi deb, 1 mol modda temperaturasini 1 K ga oshirish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdori bilan o'lchanuvchi kattalikka aytiladi. U J/mol.K birliklarda o'lchanadi va

$$„ = \frac{dQ}{dT} \quad (13.21)$$

formula bilan ifodalanadi.

Jismning molyar issiqlik sig'imi C bilan solishtirma issiqlik sig'imi c orasida quyidagicha bog'lanish bor:

$$C = M \cdot c \quad \text{yoki} \quad - = \frac{C}{M}$$

Ixtiyoriy m massali moddaning issiqlik sig'imi $mc = \frac{m}{M}$ „ ga teng bo'ladi.

Moddaning solishtirma issiqlik sig'imi modda bir holatdan boshqa holatga o'tganda keskin o'zgaradi. Masalan, suv bug'ining solishtirma issiqlik sig'imi 2,2.103 J/kg.grad. ga teng bo'lsa, bug' suvga aylangandan keyin uning issiqlik sig'imi 4,19.103 J/kg.grad.ga teng bo'lib qoladi. Gaz holatdagi moddalarning solishtirma issiqlik sig'implari unga issiqlik qanday sharoitda uzatilishiga bog'liq. Masalan, gaz izotermik kengayganda unga ma'lum miqdorda issiqlik ($\Delta Q > 0$) uzatiladi, gaz temperaturasini o'zgarishi 0 ga teng: $\Delta T = 0$. Bunday sharoitda gazning solishtirma issiqlik sig'imi cheksiz katta bo'ladi.

Gazga issiqlik uzatishning turli jarayonlari mavjud, biz shularning ichida eng oddiysini, ya'ni o'zgarmas hajm sharoitida issiqlik o'zatilish holini ko'rib chiqaylik. Bunday sharoitda gazning hajmi o'zgarmagani uchun ish bajarilmaydi, gazga berilgan issiqlik miqdori termodinamikaning 1-qonuniga ko'ra to'lig'icha uning ichki energiyasini oshishiga sarflanadi.

$$dQ = dU \quad (13.22)$$

(13.22) tenglikni har ikki tomonini dT ga bo'lib,

$$dU = \frac{i}{2} R dT \quad \text{ekanini hisobga olib, (13.2)ga asosan ideal gazning o'zgarmas}$$

hajm sharoitidagi molyar issiqlik sig'imi uchun quyidagi ifodani xosil qilamiz:

$$„_v = \frac{dQ}{dT} = \frac{dU}{dT} = \frac{i}{2} R \quad (13.23)$$

Demak, Cv ning qiymati gaz molekulalarining erkinlik darajasi i ga bog'liq ekan. (13.23) ni hisobga olsak 1 mol gazning ichki energiyasini o'zgarishi $dU = CV dT$ ko'rinishni oladi.

Agar gaz o'zgarmas bosim ($p = \text{const}$) sharoitida isitilsa, uning hajmi ortadi. Bunda gazga berilgan issiqlik miqdori gazni ichki energiyasini oshishiga va gazning kengayish ishiga sarflanadi:

$$dQ = dU + dA.$$

Bu ifodaning har ikki tomonini dT ga bo'lib, gazning o'zgarmas bosim sharoitidagi solishtirma issiqlik sig'imini aniqlaymiz.

$$C_p = \frac{dQ}{dT} = \frac{dU}{dT} + \frac{dA}{dT} \quad (13.24)$$

Agar $dA = RdV$ ekanini va (13.23) ifodani hisobga olsak, (13.24) tenglik quyidagi ko'rinishga keladi.

$$C_p = C_v + \frac{PdV}{dT} \quad (13.25)$$

Bu ifodadagi PdV o'rniga PdT ni qo'yish mumkin. Chunki, gaz holat tenglamasida bosimni o'zgarmas hisoblab differentsiyalasak, $PdV=RdT$ ekanligi kelib chiqadi. Ya'ni (13.25) ifoda

$$C_p = C_v + R \quad (13.26)$$

ko'rinishiga keladi. (13.26) ifodani boshqacha ko'rinishda ham yozish mumkin

$$C_p = \frac{i}{2} R + R = \frac{i+2}{2} R. \quad (13.26,a)$$

(13.26)da universal gaz doimiysi uchun $R = C_p - C_v$ ifodani xosil qilamiz. (13.26a) ni (13.23) ga bo'lib, gazlar uchun C_p/C_v nisbatini topamiz:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_v + R}{C_v} = \frac{i+2}{i}. \quad (13.27)$$

Bir atomli, ikki atomli va uch atomli molekulalardan tashkil topgan gazlarda erkinlik daraja sonlari $i = 3$, $i = 5$ va $i = 6$ ga teng ekanligidan γ uchun quyidagi natijalarni olamiz :

$$\gamma = \frac{5}{3} = 1,67,$$

$$\gamma = \frac{7}{5} = 1,40,$$

$$\gamma = \frac{8}{6} = 1,33.$$

Ko'p gazlarning 300 K temperaturada tajribada topilgan γ ning qiymatlari formula bilan nazariy hisoblangan qiymatlarga yaqin keladi. Masalan, geliy (He) uchun 1,67; kislorod (O_2) uchun 1,40; suv bug'lari (N_2O) uchun 1,31 natija olingan. (13.23) va (13.26,a) formulalardan foydalanib, bir atomdan va ikki atomdan tashkil topgan gazlar uchun C_v va C_p larni hisoblash mumkin:

$$C_v = \frac{i}{2} R = \frac{3}{2} R = \frac{3}{2} \cdot 8,314 \frac{J}{mol \cdot K} = 12,47 \frac{J}{mol \cdot K}$$

$$C_p = C_v + R = \frac{i+2}{2} R = \frac{5}{2} \cdot 8,314 \frac{J}{mol \cdot K} = 20,78 \frac{J}{mol \cdot K}$$

$$C_v = \frac{i}{2} R = \frac{5}{2} R = 20,78 \frac{J}{mol \cdot K}$$

$$C_p = \frac{i+2}{2} R = \frac{7}{2} R = 29,09 \frac{J}{mol \cdot K}$$

Uch va undan ortiq molekulalardan tashkil topgan gazlarda $i = 6$ deb qabul qilingan. Bunda molekula massa markazini fazodagi uchta yo'nalishdagi

ilgarilanma va molekulaning massa markazidan o'tgan uchta o'q atrofida aylanma harakatini aniqlovchi erkinlik darajalarini yig'indisi olinadi:

$$i = i_{il} + i_{ayl} = 3 + 3 = 6$$

Shuning uchun C_v va C_p uchun quyidagi qiymat kelib chiqadi:

$$C_v = \frac{i}{2} R = 3R = 24 \cdot 94 \frac{J}{mol \cdot K},$$

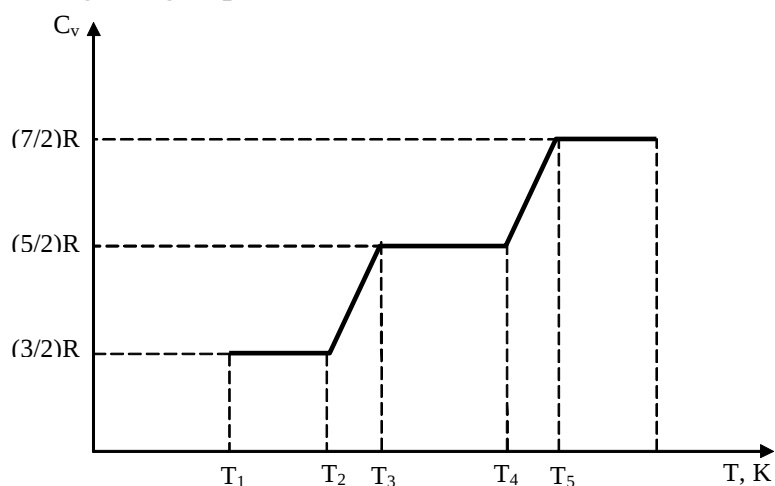
$$C_p = \frac{i+2}{2} R = 4R = 33,25 \frac{J}{mol \cdot K}.$$

Quyidagi 3-jadvalda ba'zi gazlarning molyar issiqlik sig'implari C_v va C_p uchun tajribalarda topilgan qiymatlar keltirilgan

3-jadval

Gaz	$\frac{J}{S_v, mol \cdot K}$	$\frac{J}{C_p, mol \cdot K}$
Geliy (ne)	12,48	20,94
Argon (Ar)	12,48	21,23
Vodorod (H ₂)	20,39	28,76
Azot (H ₂)	20,77	28,64
Kislorod (O ₂)	20,89	28,89
Is gazi (SO)	20,98	29,35
Suv bug'lari (H ₂ O)	27,84	36,22
Metan (CH ₄)	27,26	35,63
Xloroform (CHCl ₃)	63,64	72,01
Etil spirt (C ₂ H ₅ OH)	79,13	87,50

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, issiqlik sig'implarining tajribalardan olingan qiymatlari bir va ikki atomli molekulalardan iborat gazlar uchun formula bilan topilgan qiymatlarga mos tushadi. Lekin uch va undan ortiq atomlardan tashkil topgan gazlar uchun tajriba natijalari nazariy hisoblarga mos kelmaydi. Nazariya bilan tajriba orasidagi keskin farq ideal gaz issiqlik sig'imini temperaturaga bog'liqligini tekshirishda aniqlandi. Nazariyaga asosan, issiqlik sig'imi temperaturaga bog'liq emas.



13.7-rasm

Tajribada esa uni temperaturaga bog'liqligi aniqlanadi. 13.7-rasmda ikki atomli molekulalardan iborat gazlar uchun S_v ni temperaturaga bog'liqlik grafigi berilgan. Ko'rinib turibdiki, S_v faqat ayrim temperatura oraliklaridagina o'zgarmaydi va ular molekula erkinlik darajasining turli qiymatlariga mos keladi. Xususan, $T_1 - T_2$ temperatura oralig'ida $i=3$ ga, $T_3 - T_4$ temperatura oralig'ida $i=5$ ga va T_5 dan yuqori temperaturalarda $i=7$ ga mos kelgan S_v ning qiymatlari tajribadan topildi. Ko'rinib turibdiki, S_v ni nazariy va tajribada topilgan qiymatlari $T_3 - T_4$ temperatura oralig'ida mos keladi. Temperatura xona temperaturasidan juda past bo'lsa ham yoki xona temperaturasidan juda yuqori bo'lsa ham, S_v ni tajribada topilgan qiymati nazariy qiymatiga mos kelmaydi. Past temperaturalarda ikki atomli molekuladan iborat gazlarni solishtirma issiqlik sig'imi S_v bir atomli molekulalardan tashkil topgan gaznikiga yaqin bo'ladi. Buni sababini tushintirishga klassik nazariya o'zlik qiladi. Yuqori temperaturada issiqlik sig'imini keskin ortib ketishini tushintirish uchun klassik nazariya ikki atomli gaz molekulalarini yuqori temperaturada bir-biriga nisbatan tebranma harakat qiladi deb qaraydi. Natijada molekulalarning erkinlik darajasiga tebranma harakatga bog'liq bo'lgan erkinlik daraja soni ham qo'shilib, ikki atomli gaz molekularining erkinlik darajasi umumiy holda

$$i = i_{il} + i_{ayl} + 2 \cdot i_{teb} = 3 + 2 + 2 \cdot 1 = 7$$

ko'rinishda aniqlanadi. Tebranma harakatda energiya potensial va kinetik energiyalar o'rtasida teng taqsimlangani uchun tebranma harakatdagi erkinlik daraja soni ham 2 ga teng bo'ladi. Demak, yuqori temperaturada $CV = 7R/2$ formula o'rinli bo'ladi.

Adiabatik jarayon. Adiabat tenglamasi

Tashqi muhit bilan issiqlik almashmasdan sodir bo'ladigan jarayonga adiabatik jarayon deyiladi. Adiabatik jarayonda sistema tashqaridan hech qanday issiqlik miqdori olmaydi va tashqariga ham hech qanday issiqlik miqdori bermaydi. Shuning uchun adiabatik jarayon uchun termodinamikaning 1-qonuni quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$dU + dA = 0 \quad (13.28)$$

Adiabatik jarayonni amalga oshirish uchun gaz qamalgan idishni tashqi muhitdan ximoyalash kerak. Buning uchun idish issiqlik va yorug'lik o'tkazmaydigan material bilan o'raladi. Bunday idishdagi gaz ustida ish bajarilsa, bu ish to'lig'icha gazni ichki energiyasiga aylanadi. Lekin gazni hajmini keskin o'zgartirsak, gaz qamalgan oddiy idishda ham adiabatik jarayonni amalga oshirish mumkin. Masalan, porshen bilan gazni keskin qissak, tashqi kuch bajargan ish to'lig'icha gaz ichki energiyasini oshishiga sarflanadi. Bunda issiqlik tashqi muhitga chiqib ulgurmaydi. Gaz hajmini keskin oshirsak ham adiabatik jarayon yuz beradi. Natijada gazni ichki energiyasi kamayib, gaz soviydi.

Bunday holda bajarilgan ish gazni ichki energiyasini kamayishiga teng bo'ladi:

$$dA = -dU \quad (13.29)$$

Formuladagi minus ishora gazni ichki energiyasini kamayayotganini bildiradi.

Ish va ichki energiya ifodalarini hisobga olib, (13.29) formuladan temperaturani o'zgarishini topamiz:

$$PdV = -C_v dT$$

Bundan

$$dT = -\frac{1}{C_v} P dV \quad (13.30)$$

munosabat xosil bo'ladi.

Adiabatik jarayon formulasini keltirib chiqarish uchun gaz holat tenglamasini p, V, T o'zgaruvchilar bo'yicha differentsialaymiz.

$$PdV + VdP = RdT$$

dT ni o'rniga uni yuqoridagi (13.30) ifodasini qo'yamiz:

$$PdV + VdP = -\frac{R}{C_v} PdV$$

yoki

$$\left(1 + \frac{R}{C_v}\right) PdV + VdP = 0 \quad (13.31)$$

ifodani hosil qilamiz. Bundagi

$$\left(1 + \frac{R}{C_v}\right) = \frac{\nu R + R}{C_v} = \frac{\frac{i}{2}R + R}{\frac{i}{2}R} = \frac{i+2}{i} = \gamma$$

ekanini e'tiborga olsak, (13.31) munosabatni

$$\gamma PdV + VdP = 0$$

ko'rinishda yozish mumkin. Bu ifodani PV ga bo'lamiz

$$\gamma \frac{dV}{V} + \frac{dP}{P} = 0$$

Yuqoridagi tenglama $\ln(P \cdot V^\gamma)$ funktsiyaning differensialidir. Shuning uchun uni

$$d \ln(P \cdot V^\gamma) = 0$$

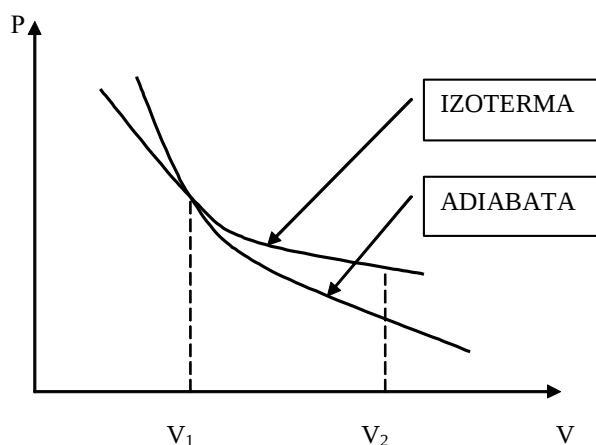
ko'rinishda yozish mumkin. Bu munosabatdan adiabatik jarayonda bosim bilan hajm orasidagi bog'lanishni topamiz.

$$PV^\gamma = \text{const} \quad (13.32)$$

Bu tenglik Puasson tenglamasi yoki adiabata tenglamasi deyiladi.

13.8-rasmda adiabata va izoterma chiziqlari o'zaro solishtirilgan. Ko'rinish turibdiki, adiabata chizig'i izotermaga qaraganda tikroq, chunki adiabata ko'rsatkichi $\gamma > 1$. Adiabatik jarayonda ish sistemaning boshlang'ich va oxirgi ichki energiyalarining ayirmasiga teng bo'ladi.

$$A = - \int_{U_1}^{U_2} dU = U_1 - U_2 = \frac{i}{2} R(T_1 - T_2)$$



13.8-rasm

Adiabatik jarayonda bajarilgan ish sistemaning boshlang'ich va oxirgi holatlari orqali topiladi va jarayonni o'tish yo'liga bog'liq emas. Adiabatik jarayonda bajarilgan ish adiabata chizig'i bilan chegaralangan yuzaga teng. Adiabatik jarayonda bajarilgan ish izotermik jarayonda bajarilgan ishdan doimo kichik. Chunki adiabatik kengayish vaqtida sistema tashqi muhitdan issiqlik olmay kengayadi. Izotermik kengayish vaqtida sistema temperaturasini doimiy saqlash uchun tashqi jismlardan issiqlik miqdori olib turadi. Gaz izotermik siqilganda mexanik ishdan hosil bo'lgan energiyani tashqi muhitga uzatadi. Shuning uchun izotermik sistema bilan tashqi muhit orasida yaxshi issiqlik o'tkazuvchanlik sharoiti bo'lishi kerak. Adiabatik jarayonda esa aksincha, sistema muhit bilan butunlay issiqlik almashmasligi kerak.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Ideal gazni ichki energiyasi deganda nimani tushunasiz?
2. Termodinamikaning birinchi qonuni qanday tushuntiriladi?
3. Termodinamikaning birinchi qonuni izojarayonlarda qanday bajariladi?
4. Adiabatik jarayon qanday jarayon va uning tenglamasi qanday keltirilib chiqariladi?
5. Nima sababdan gazlarning o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi o'zgarmas hajmdagidan katta?
6. Gazning kengayganda bajargan ishi qanday hisoblanadi?
7. Adiabatik jarayonda bajarilgan ish kattami yoki izotermik jarayondagimi?
8. Molekulalarning erkinlik daraja soni nima?
9. Gazning o'zgarmas hajm sharoitidagi solishtirma issiqlik sig'imi temperaturaga qanday bog'langan?
10. Etalpiya deganda nimani tushunasiz?

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 gacha
Mashg'ulot shakli	Kirish-axborotli ma'ruza
Ma'ruza rejasi	1.Entropiya. Yakkalangan muvozanatsiz holatdagi tizim entropiyani 2. makroholatining statistik vazni orqali aniqlash. 3.Entropiyaning usish prinsipi. 4.Termodinamikaning ikkinchi qonuni. 5.Karno sikli. Issiqlik mashinasining maksimal foydali ish koeffisienti. 6.Termodinamikaning uchinchi qonuni.
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Termodinamikaning ikkinchi bosh qonunini o'rganish.	
Pedagogik vazifalari: Qaytuvchan va qaytmas protsesslar. Sikl. Isitkich va sovitgich mashinalar. Karno sikli va uning foydali ish koeffitsiyenti	O'quv faoliyatining natijalari: Qanday protsesslar qaytuvchan protsesslar Qanday protsesslar qaytmas protsesslar Sikl nimaga Issiqlik mashinalarining f.i.k. ni ifodalovchi formulalar Karno sikli Termodinamikaning ikkinchi bosh qonuniniga Plank ta'rifi
Ta'lim berish usullari	Ko'rgazmali ma'ruza suhbatlari
Ta'lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy
Ta'lim berish vositalari	O'quv qullanma proektor slaydlar
Ta'lim berish sharoiti	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og'zaki nazorat,savol-javob

Ma'ruzaholatining texnologik kartasi

Bosqichlar, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O'qituvchi	talaba
1-bosqich. Kirish(5 min.)	1.1. Mavzu, maqsad va rejalashtirilgan o'quv natijalarini e'lon qiladi. 1.2. Reja va muammoli holatlatlarni ifodalovchi savollarni ekranga chiqaradi.	1.1.Eshitadilar, yozib oladilar. 1.2.E'tabor beradilar.
2-bosqich. .Bilimlarni faollashtirish (10 min).	2.1. Asosiy kategoriya va tushunchalarni va ma'ruza oxirida yechiladigan masalalarni namoyish qiladi. 2.2.O'quv faoliyatini baxolash mezonlari malum qilinadi.	
3bosqich. Asosiy (55 min.)	3.1. Ma'ruza davomida asosiy tushunchalarni qayd etish lozimligini uqtiradi.Talabalar yozib olishlarini takidlaydilar 3.2. Qaytar, qaytmas va aylanma jarayonlar. 3.3. Issiqlik dvigatellari va sovutkich mashinalar. 3.4. Termodinamikaning II-qonuni. 3.5. Ideal gaz uchun Karno tsikli va uning f.i.k. 3.6. Entropiya. Ideal gaz entropiyasi. 3.7 Termodinamika II-qonunining statistik ma'nosi	3.1.Asosiykattaliklar, ifodalarni yozadilar 3.2. Yozadilar. 3.3. berilgan chizmalarni chizib oladilar.
4- bosqich. Yakuniy (10 min.)	4.1.Mavzuga xulosa yasaydi.O'quv jarayonida faol ishtirok etgan talabalarbi rag'batlantiradi. 4.2. Mustaqil ishlash va nazariy bilimlarni mustaxkamlash. Mustaxkamlash uchun savvolarni beradi:	4.1.eshitadi. 4.2.topshiriqni yozib oladilar.

11-ma'ruza. ENTROPIYA VA TERMODINAMIKA QONUNLARI

Reja

1. Entropiya. Yakkalangan muvozanatsiz holatdagi tizim entropiyani makroholatining statistik vazni orqali aniqlash.
2. Entropiyaning usish prinsipi.
3. Termodinamikaning ikkinchi qonuni.
4. Karno sikli. Issiqlik mashinasining maksimal foydali ish koeffisienti.
5. Termodinamikaning uchinchi qonuni.

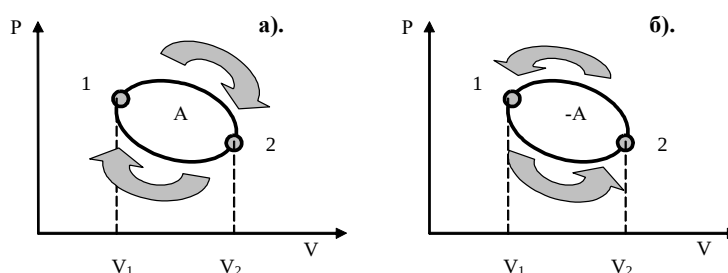
Tayanch so'zlar va iboralar: Qaytar, qaytmas va aylanma jarayonlar, sistemani holati va fazasi, issiqlik va sovutgich mashinalari, issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsienti (FIK), termodinamikaning ikkinchi qonuni, Karno tsikli, Karno tsiklining FIK, ideal issiqlik mashinasining FIK, temperaturaning termodinamik shkalasi, keltirilgan issiqlik miqdori, sistema entropiyasi, Klauzius tengsizligi, entropiyani hisoblash, entropiya va termodinamik ehtimollik.

Qaytar, qaytmas va aylanma jarayonlar

Agar biror jarayonga termodinamik nuqtai nazardan qarasak, uni qanday moddadan tashkil etganligi bizni qiziqtirmaydi, balki uni holatini xarakterlovchi parametrlarini bilish muhimdir.

Sistema holatini aniqlaydigan va tashqi sabablar ta'sirida o'zgarishi mumkin bo'lgan kattaliklar parametrlar deyiladi.

Sistemaning parametrlari sistemaning faza soniga bog'liq. Faza deb, kimyoviy tarkibi, tuzilishi va holati bir xil bo'lgan va ma'lum sirt bilan chegaralangan jismga (sistemaga) aytiladi. Masalan, suv ma'lum bir temperaturada uchta fazada bo'lishi mumkin: suyuq, suvni ichidagi muz parchalari va uning ustidagi suv bug'i.



14.1-rasm

Agar muz ham, suv bug'i ham bo'lmasa, ya'ni sistema faqat suvdan iborat bo'lsa, sistema bir fazali bo'ladi. Ma'lum bir ideal gaz ham bir fazali sistemadir. Uning holati uchta parametr: hajm V , bosim R va temperatura T orqali to'liq bir qiymatli ravishda aniqlanadi.

Agar sistema bir necha holatlarda bo'lib, yana boshlang'ich holatiga qaytib kelsa, bunday protsessga aylanma protsess yoki tsikl deyiladi.

Diagrammada bunday protsess yopiq egri chiziq bilan ifodalanadi. Masalan, gaz kengayib 1-holatdan 2 -holatga o'tishi va so'ngra qisish natijasida u yana 1-holatiga qaytib kelishi mumkin. Gazni kengayish vaqtida bajarigan ishi musbat, siqilishda bajarigan ishi esa manfiy hisoblanadi (chunki $dV < 0$). Aylanma jarayonda bajarilgan ish egri chiziq bilan chegaralangan yuza bilan aniqlanadi (14.1-rasm). Agar tsikl soat strelkasi yo'nalishida yuz bersa, to'g'ri tsikl (14.1(a)-rasm). unga teskari yo'nalishda yuz bersa, teskari tsikl (14.1(b)-rasm) deyiladi.

Issiqlik dvigatellari va sovutgich mashinalar.

To'g'ri tsikl tashqaridan davriy ravishda issiqlik olib ishlaydigan issiqlik mashinalarida (14.2(a)-rasm), teskari tsikl esa tashqi ish hisobiga ishlaydigan sovutgich mashinalarida (14.2(b)-rasm) kuzatiladi. Isitgichdan olingan Q_1 - Q_2 issiqlik hisobiga to'g'ri tsikl bilan ish bajaradigan qurilmaga issiqlik mashinasi deyiladi. Aylanma jarayonda sistema dastlabki holatiga qaytib kelgani uchun uni to'liq energiyasining o'zgarishi nolga teng. Shuning uchun termodinamika (TD)ning I - qonuni

$$Q = \Delta U + A = A \quad (14.1)$$

ko'rinishda yoziladi. Ammo aylanma jarayonda sistema issiqlik olishi va berishi mumkin bo'lishi uchun

$$Q = Q_1 - Q_2$$

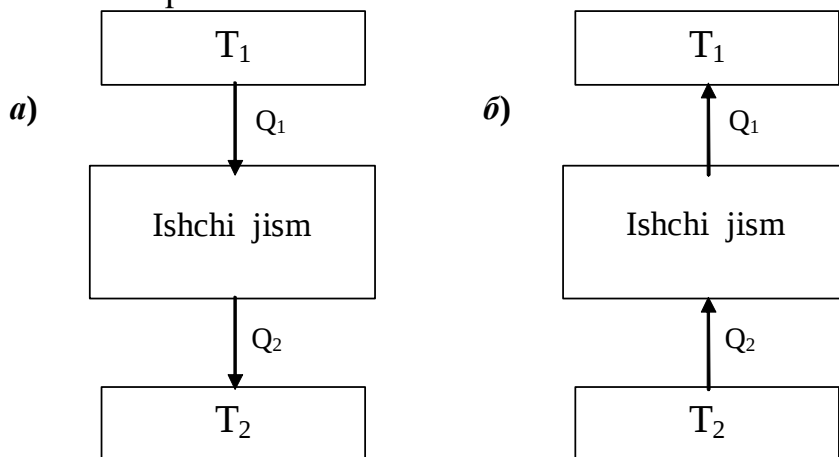
bo'ladi. Bu yerda: Q_1 - sistemaning tashqaridan olgan issiqlik miqdori, Q_2 - sistemaning tashqariga bergan issiqlik miqdori.

Isitgichdan olingan Q_1 issiqlik miqdorining qancha qismi A ishga aylanganini bilish amaliy ahamiyatga egadir. Shuning uchun foydali ish ko'effitsienti (f.i.k.) tushunchasi kiritiladi.

Issiqlik mashinasining f.i.k.

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (14.2)$$

formula bilan aniqlanadi.



14.2-rasm

Agar sistema jarayon davomida dastlabki holatiga qaytib kelmasa, bunday jarayonga qaytmas jarayon deyiladi. Agar to'g'ri va teskari jarayondan so'ng

sistema dastlabki holatiga qaytib kelsa-yu, atrof muhitda o'zgarish yuz bersa, bu jarayon qaytmas jarayondir. Tabiatdagi real jarayonlar qaytmas jarayonlardir. Ularga ko'plab misollar keltirish mumkin. Masalan: isiqlik o'tkazuvchanlik, nurlanish, ishqalanish va boshqalar.

Qaytuvchan jarayonda sistema dastlabki holatiga qaytib keladi, atrof muhitda xech qanday o'zgarish yuz bermaydi. To'g'ri va teskari yo'nalishda sodir bo'luvchi qaytuvchan jarayonda sistema bir holatdan turli yo'nalishda o'tishi va shu holatga qaytib kelishi mumkin. Qaytuvchan jarayon deb, har ikki yo'nalishda ham o'ta oladigan va dastlabki o'zining holatiga atrofdaagi jismlarda hech qanday o'zgarish qilmasdan qaytadigan jarayonga aytiladi.

Real sharoitda qaytuvchan jarayonni amalga oshirib bo'lmaydi. Lekin juda sekin sodir bo'luvchi ayrim jarayonlar qaytuvchan bo'lishi mumkin. Qaytuvchan jarayon muvozanatli jarayon hamdir. U bir necha muvozzantli holatlarning to'plamidan iborat.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni.

Termodinamik jarayonlarini tushuntirish uchun termodinamikaning 1-qonuni etarli emas. Chunki u jarayonni qanday yo'nalishda sodir bo'layotganini hisobga olmaydi.

Termodinamikaning II-qonuni tarixiy jihatidan issiqlik mashinalarining ishini tahlil qilish natijasida yaratildi. Shuning uchun issiqlik dvigatelinini ishlash jarayoni bilan bilan tanishamiz (14.2-rasm). Issiqlik dvigatellarida hamma vaqt tsikl davomida T_1 temperaturali isitgichdan Q_1 issiqlik miqdori olinadi va T_2 past temperaturali sovutgichga Q_2 issiqlik miqdori berib, $A = Q_1 - Q_2$ ish bajariladi. Issiqlik mashinasini f.i.k. $\eta = 1$ bo'lishi uchun $Q_2 = 0$ bo'lishi, ya'ni issiqlik mashinasi faqat bitta issiqlik manbai-isitgichga ega bo'lishi va sovutgichni bo'lmasligi kerak. Fransuz injeneri S.Karno (1796-1832) issiqlik mashinasini ishlashi uchun albatta ikki xil temperaturali isitgich va sovutgichni bo'lishi zarurligini ko'rsatdi. Termodinamikaning II-qonuni bitta issiqlik manbai hisobiga, ya'ni jismlarning sovushi hisobiga ishlovchi abadiy dvigatelni bo'lishini inkor etadi. Termodinamikaning II-qonuniga Kelvin va Planklar quyidagicha ta'rif bergan:

- 1) Ikkinchi tur abadiy dvigatelni yaratish mumkin emas.
- 2) Oxirgi natijasi isitgichdan olingan issiqlik miqdorini to'liq ishga aylantirib beradigan jarayonni amalga oshirib bo'lmaydi.

Sovutgich mashinasida Q_2 issiqlik miqdori temperaturasi T_1 bo'lgan jismga beriladi. Bunda $T_2 < T_1$. Ma'lumki, aylanma jarayonda $Q = A$, lekin $Q = Q_2 - Q_1 < 0$ shartga ko'ra $A < 0$ ya'ni:

$$Q_2 - Q_1 = -A_1$$

yoki

$$Q_1 = Q_2 + A$$

bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, temperaturasi T_1 bo'lgan isitgichga berilgan issiqlik miqdori, temperaturasi T_2 bo'lgan sovutgichdan olingan issiqlik miqdoridan bajarilgan ish miqdori qadar katta bo'lib chiqayapti. Bu shundan dalolat beradiki, ish bajarilmasdan turib issiqlikni temperaturasi past jismdan temperaturasi yuqori

jismga o'tkazib bo'lmaydi. Termodinamikani II-qonuni uchun bunday xulosani R. Klauzius bergan:

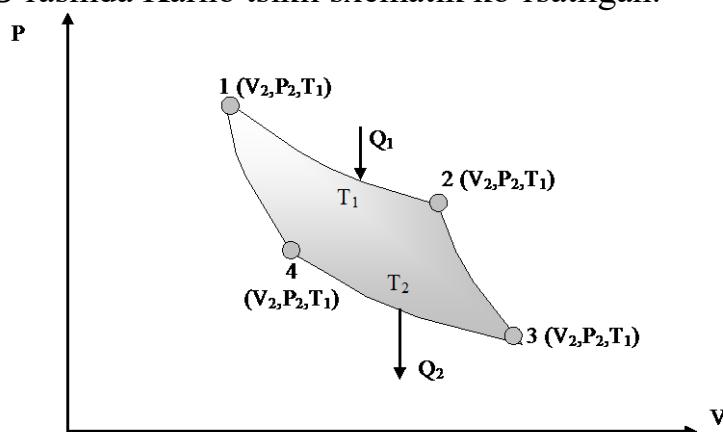
Issiqlik hech qachon o'z-o'zidan temperaturasi past jismdan temperaturasi yuqori jismga o'tmaydi.

Ideal gaz uchun Karno sikli va uning f.i.k.

Karno TD ning II-qonuniga asoslanib quyidagi teoremani chiqardi:

Sovutgich va isitgichni temperaturasi bir xil bo'lgan davriy ravishda ishlaydigan hamma issiqlik mashinalarini ichida qaytuvchan protsess bilan ishlovchi mashina eng katta f.i.k. ega bo'lib, ularning f.i.k. isitgich va sovutgichning temperaturalarini bir xil bo'lganida bir - biriga teng bo'ladi va mashinani konstruksiyasi va ishchi moddaning tabiatiga bog'liq bo'lmaydi.

Karno o'rgangan tsikl ikkita izoterma va ikkita adiabatadan iborat. Karno tsiklida ishchi jism bo'lib, poroshen ostidagi idishda joylashgan ideal gaz hizmat qilishi mumkin. 14.3-rasmda Karno tsikli sxematik ko'rsatilgan.



14.3-rasm

Gazning izotermik kengayishi 1-2, izotermik siqilishi 3-4 egri chiziq bilan, adiabatik kengayish bilan siqilish mos holda 2-3 va 4-1 egri chiziqlar bilan ko'rsatilgan.

Yuqorida biz izotermik va adiabatik jarayonlarda bajarilgan ishlarni ko'rib o'tgan edik. Shu formulalardan foydalanamiz.

Izotermik kengayish 1-2 holat va qisilishda (3-4 holat) bajarilgan ish quyidagi formulalar bilan aniqlanar edi:

$$A_{12} = \frac{m}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = Q_1 \quad (14.3)$$

$$A_{34} = \frac{m}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4} = Q_2 \quad (14.4)$$

Adiabatik kengayish (2-3 holat) va siqilishda (4-1 holat) bajarilgan ish.

$$A_{23} = \frac{m}{\mu} C_v (T_2 - T_1) \quad (14.5)$$

$$\quad (14.6)$$

Sikl davomida bajarilgan ish.

$A = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41} = Q_1 + A_{23} - Q_2 - A_{23} = Q_1 + A_{23} - Q_2 - A_{23} = Q_1 - Q_2$
 bilan aniqlanib, miqdor jihatidan shtrixlangan yuzaga teng. Karno tsiklining f.i.k. (14.2) formulaga ko'ra

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

bo'ladi.

Yuqorida adiabatik jarayon uchun chiqarilgan formulaga asosan 2–3 va 4–1 adiabatlar uchun

$$\begin{aligned} T_1 V_2^{\gamma-1} &= T_2 V_3^{\gamma-1} \\ T_2 V_1^{\gamma-1} &= T_1 V_4^{\gamma-1} \end{aligned}$$

formulalardan

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4} \quad (14.7)$$

ekanligini topamiz.

Q_1 , Q_2 ni o'rniga (14.3) va (14.4) ifodalarni qo'yib va (14.7) dan foydalanib, quyidagini hosil qilamiz.

$$\begin{aligned} \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} &= \frac{\frac{m}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} - \frac{m}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4}}{\frac{m}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \\ \eta &= \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \end{aligned} \quad (14.8)$$

(14.8) formuladan ko'rinadiki, Karno tsiklining f.i.k. faqat sovuqgich bilan isitgichning temperaturasi bog'liq. Uni oshirish uchun sovuqgich bilan isitgichning temperaturalar farqini oshirish kerak. Masalan: $T_1 = 400\text{K}$ va $T_2 = 300\text{K}$ bo'lganda $\eta = 0,25$ yoki $T_1 = 100\text{K}$, $T_2 = 50\text{K}$ bo'lsa: $\eta = 0,4$.

Har qanday real issiqlik mashinasining f.i.k. ishqalanish va issiqlikning isrofi bo'lgani uchun Karno siklining f.i.k. dan kichik.

Karno teoremasi temperaturaning termodinamik shkalasini yaratishga asos bo'ldi. (14.8) formulani chap va o'ng tomonlarini solishtirsak.

$$T_2/T_1 = Q_2/Q_1 \quad (14.9)$$

kelib chiqadi. Demak T_1 va T_2 temperaturali ikkita jism temperaturasi solishtirish uchun ularda Karno tsiklini amalga oshirish kerak. Bunda bir jism sovuqgich, ikkinchisi isitgich rolini o'ynaydi. (14.9) formuladan ko'rinadiki, jismlar temperaturalarining nisbati sovuqgichga berilgan issiqlik miqdorini isitgichdan olingan issiqlik miqdoriga nisbatiga teng. Bunday yo'l bilan aniqlangan temperatura, termometrning ishchi moddasining turiga bog'liq emas.

Entropiya. Ideal gaz entropiyasi.

Karno tsiklining f.i.k $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ formulasidan $Q_1/T_1 - Q_2/T_2 = 0$

ekanligi kelib chiqadi. Bu yerda Q_2 ishchi jismning sovuqgichga bergan issiqlik miqdori, Shuning uchun u manfiy. Buni hisobga olsak, yuqoridagi ifoda

$$Q_1/T_1 + Q_2/T_2 = 0 \quad (14.10)$$

ko‘rinishini oladi. Bu yerda Q/T nisbatga keltirilgan issiqlik miqdori deyiladi. Demak, Karno tsikli uchun keltirilgan issiqlik miqdorlarining summasi nolga teng. Aniq nazariy hisoblashlar shuni ko‘rsatadiki, har qanday qaytuvchan jarayonlar uchun keltirilgan issiqlik miqdorlarini summasi nolga teng. Shuning uchun (14.10) formulani umumiy holda

$$\oint \frac{dQ}{T} = 0 \quad (14.11)$$

ko‘rinishda yozish mumkin.

Berk kontur bo‘yicha olingan integralning nolga tengligidan integral ostidagi ifoda sistema holatini belgilaydigan qandaydir funktsiyaning to‘liq differensial bo‘lib, u faqat sistema holati bilan aniqlanib, sistemani bu holatga qanday yo‘llar bilan kelganiga bog‘liq emas.

dQ/T - differensial sistemaning holat funktsiyasi yoki entropiya deyiladi va S bilan belgilanadi.

Qaytuvchan jarayonlar uchun entropiyaning o‘zgarishi nolga teng.

$$\Delta S = 0 \quad (14.12)$$

Qaytmas jarayon vaqtida sistemaning entropiyasi hamma vaqt ortadi.

$$\Delta S > 0 \quad (14.13)$$

Yuqoridagi (14.12) va (14.13) formulalar faqat yopiq sistemalar uchungina to‘g‘ridir. Agar sistema tashqi muhit bilan issiqlik almashayotgan bo‘lsa, uning entropiyasi turlicha bo‘lishi mumkin. (14.12) va (14.13) munosabatni birlashtirib

$$\Delta S \geq 0 \quad (14.14)$$

ko‘rinishda yozish mumkin.

(14.14) ifodaga Klauzius tengsizligi deyiladi. (14.14) dan ko‘rinadiki, berk sistemada entropiya o‘sishi (qaytmas jarayonlarda) yoki o‘zgarmasdan qolishi mumkin (qaytuvchan jarayonlarda).

Agar sistema muvozanatli I-holatdan 2-holatga o‘tayotgan bo‘lsa, entropiyaning o‘zgarishi (14.11) ga ko‘ra

$$\Delta S_{1 \rightarrow 2} = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T} = \int_1^2 \frac{dU + dA}{T} \quad (14.15)$$

bo‘ladi.

Ideal gaz uchun entropiyaning o‘zgarishini ko‘raylik. Ma’lumki,

$$dU = \frac{m}{\mu} C_v dT$$

$$dA = \frac{m}{\mu} RT \frac{dV}{V}$$

bo‘lgani uchun entropiyaning o‘zgarishi (14.15) formulaga ko‘ra

$$\Delta S_{1 \rightarrow 2} = S_2 - S_1 = \frac{m}{\mu} C_v \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} + \frac{m}{\mu} R \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V},$$

yoki

$$\Delta S_{1 \rightarrow 2} = S_2 - S_1 = \frac{m}{M} \left(C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} \right) \quad (14.16)$$

bo'ladi.

Ideal gazda entropiyaning o'zgarishi uning I-holatdan 2-holatga qanday jarayonlar orqali o'tishiga bog'liq emas.

Adiabatik jarayon vaqtida entropiya o'zgarmaydi $\Delta S = 0$, chunki $dQ = 0$. Shuning uchun adiabatik jarayoni izoentropik jarayon ham deyiladi. (14.16) formulaga ko'ra izotermik jarayonda ($T_1 = T_2$)

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

izoxorik jarayonda ($V_1 = V_2$)

$$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{T_2}{T_1}$$

bo'ladi.

Real jarayonlarlar qaytmas bo'lgani uchun berk sistemadagi jarayonlarlar entropiyani oshishiga olib keladi deyish mumkin.

Buni entropiyaning o'sish prinsipi deb ham yuritiladi. Bu prinsipdan TD II-qonuni ning boshqa ta'rifi kelib chiqadi:

Makroskopik sistemalarda faqat entropiyaning oshishiga olib keladigan jarayonlarni bo'lishi mumkin.

Ba'zi hollarda sistemaning ayni holati uchun entropiyani miqdorini bilish talab qilinadi. Bunday hollarda TDning uchinchi bosh qonuni deb ataluvchi Nernst teoremasidan foydalaniladi. Bu teoreмага asosan, har qanday jismning absolyut temperaturasi nolga yaqinlashganda uning entropiyasi ham nolga aylanadi.

$$\lim_{T \rightarrow 0} S = 0$$

Shuning uchun ma'lum temperaturada sistema entropiyasini hisoblashda quyi chegara sifatida $T = 0$ K dagi holat olinadi.

Termodinamikaning 2-qonunini statistik ma'nosi.

XIX asrni o'rtalariga kelib termodinamika shu narsani isbot qildiki, tabiatdagi jarayonlar qaytmas jarayonlardir, issiqlik temperaturasi yuqori bo'lgan jismdan temperaturasi past bo'lgan jismga muntazam o'tib turishi natijasida butun Koinotni entropiyasi ortib boradi, jismlarning temperaturasini tenglashishi, issiqlik muvozanatiga olib keladi. Natijada tabiatdagi har qanday jarayonlarlar to'xtaydi. Ya'ni, Koinotda issiqlik holakati yuz beradi. SHunday bo'lishi mumkinmiq

Biz ko'rdikki, entropiya faqat yopiq sistemada vaqt o'tishi bilan ortishi mumkin, ochiq sistemada esa uni o'zgarishi nolga teng. Sistemamiz, ya'ni Koinot vaqt nuqtai nazardan ham, fazo nuqtai nazardan ham cheksizdir. Demak, Koinot yopiq sistema emas. Shuning uchun TDni II-qonunini tadbiiq etib bo'lmaydi. U yopiq sistema uchun to'g'ridir.

Entropiyaning fizik ma'nosini sistema holatini termodinamik ehtimolligi bilan bog'lagan holda Boltsman ochib berdi. Uning ko'rsatishicha sistema holatining termodinamik ehtimolligi W makroskopik sistemaning ma'lum holatga olib kelish usullarining sonidir, yoki boshqacha aytganda ma'lum makroholatni amalga oshirish uchun zarur bo'lgan mikroholatlar soniga teng. Boltsmanning aniqlashicha, sistemaning entropiyasi sistemaning termodinamik ehtimolligining logarifimiga to'g'ri proporsionaldir:

$$S = k \ln w$$

bu yerda, k - Boltsman doimiysi. Demak, Boltsmanning ko'rsatishicha, entropiya sistemaning ma'lum makroholatni amalga oshirish uchun kerak bo'lgan mikroholatlar sonining logarifmiga teng.

Entropiya-termodinamik sistema holat ehtimolligining o'lchovidir. Boltsman formulasidan entropiyaning quyidagi statistik ma'nosi kelib chiqadi:

Entropiya sistema tartibsizlik darajasining o'lchovidir. Haqiqatdan ham makroholatni amalga oshishida mikroholatlar qancha ko'p bo'lsa, entropiya shuncha katta bo'ladi.

Yopiq sistemadagi jarayonlar mikroholatlarning o'sish yo'nalishida, yoki boshqacha qilib aytganda sistemani ehtimolligi maksimal bo'lgan holatga erishguncha, jarayonlar ehtimolligi kam holatdan, ehtimolligi katta bo'lgan holat yo'nalishida sodir bo'ladi.

TD ning II-qonunining statistik ma'nosi shundan iboratki, berk sistemada yuz beruvchi qaytuvchan jarayonlar vaqtida sistemaning holat ehtimolligi ortadi, qaytuvchan jarayonlar vaqtida esa o'zgarishsiz qoladi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Qaytar, qaytmas va aylanma jarayonlar deganda nimani tushunasiz?
2. Sistemaning holati va faza tushunchalarining mahnosini tushuntiring.
3. Issiqlik va sovutgich mashinalari orasida qanday farq bor?
4. Issiqlik mashinalarini va Karno tsikilini f.i.k. qanday hisoblanadi?
5. Sistema entropiyasi deganda nimani tushunasiz va u qanday hisoblanadi?
6. Entropiyaning statistik mahnosini tushuntirib bering.
7. Termodinamikaning 2-qonuniga entropiya orqali qanday ta'rif beriladi?
8. Termodinamikaning 3-qonunida nima deyiladi?
9. Ideal gaz entropiyasi qanday hisoblanadi?
10. Karno TSikli qanday jarayonlardan iborat?

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 gacha
Mashg'ulot shakli	Kirish-axborotli ma'ruza
Ma'ruza rejasi	1.Real gazlar molekulalar orasidagi kuchlar va potensial energiya. 2.Van-der-Vaals tenglamasi. va ularning tahlili. Eksperimental izotermalar. 3. Real gazning ichki energiyasi. 4.Gazlarning suyuqlikka aylanishi. Joule-Tomson effekti. 5.Suyuqliklarning sirt tarangligi. Kapillyar hodisalar.
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Real gaz hossalari o'rganish.	
Pedagogik vazifalari: Real gazlar. Van – der – Vaals tenglamasi. Real gazning ichki energiyasi. Joule – Tolson effekti. Gazlarni suyultirish va past temperatura hosil qilish.	O'quv faoliyatining natijalari: Real gaz va Van – Der – Vaals tenglamasi Real gaz xossalari tushuntirish Qanday temperatura kritik temperatura Real gazning ichki energiyasi nimalarga bog'likligi 5.Qanday hodisaga Joule – Tomson effekti
Ta'lim berish usullari	Ko'rgazmali ma'ruza suhbat
Ta'lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy
Ta'lim berish vositalari	O'quv qullanma proektor slaydlar
Ta'lim berish sharoiti	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og'zaki nazorat,savol-javob

Ma'ruza holatining texnologik kartasi

Bosqichlar, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchi	talaba
1-bosqich. Kirish(5 min.)	1.1. Mavzu, maqsad va rejalashtirilgan o`quv natijalarini e`lon qiladi. 1.2. Reja va muammoli holatlatlarni ifodalovchi savollarni ekranga chiqaradi.	1.1.Eshitadilar, yozib oladilar. 1.2.E`tabor beradilar.
2-bosqich. .Bilimlarni faollashtirish (10 min).	2.1. Asosiy kategoriya va tushunchalarni va ma'ruza oxirida yechiladigan masalalarni namoyish qiladi. 2.2.O`quv faoliyatini baxolash mezonlari malum qilinadi.	
3bosqich. Asosiy (55 min.)	3.1. Ma`ruza davomida asosiy tushunchalarni qayd etish lozimligini uqtiradi.Talabalar yozib olishlarini takidlaydilar 3.2 Molekulalararo ta'sir kuchlari va potensial energiyasi. 3.3 Van-der-Vaals tenglamasi. 3.4 Van-der-Vaals izotermalari va ularning tahlili. Eksperimental izotermalar. Real gazning ichki energiyasi. Joul - Tomson effekti	3.1.Asosiykatt aliklar, ifodalarni yozadilar 3.2. Yozadilar. 3.3. berilgan chizmalarni chizib oladilar.
4- bosqich. Yakuniy (10 min.)	4.1.Mavzuga xulosa yasaydi.O`quv jarayonida faol ishtirok etgan talabalarbi rag`batlantiradi. 4.2. Mustaqil ishlash va nazariy bilimlarni mustaxkamlash. Mustaxkamlash uchun savvolarni beradi:	4.1.eshitadi. 4.2.topshiriqni yozib oladilar.

12- ma'ruza. REAL GAZLAR VA SUYUQLIKLAR

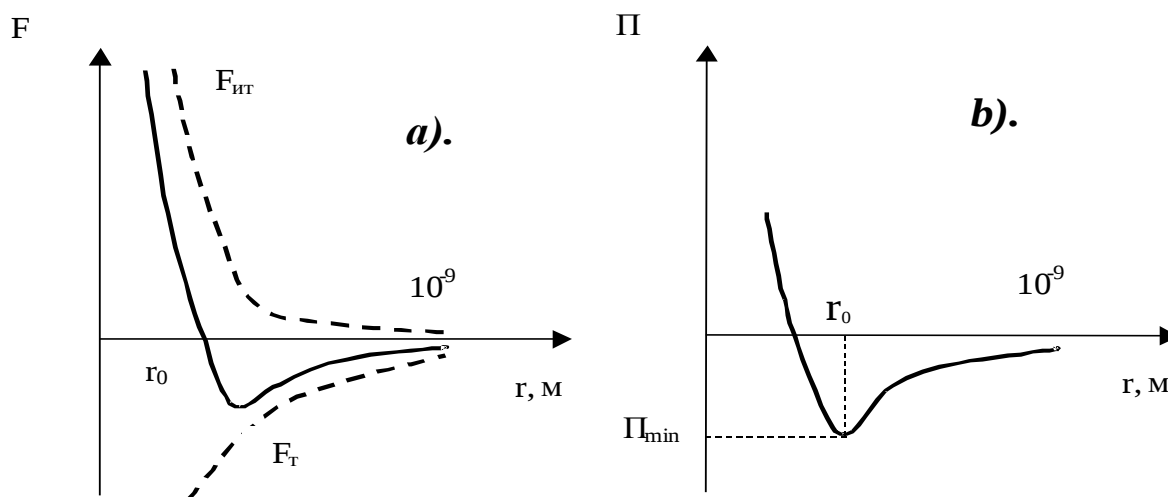
Reja

1. Real gazlar molekular orasidagi kuchlar va potensial energiya.
2. Van-der-Vaals tenglamasi. va ularning tahlili. Eksperimental izotermalar.
3. Real gazning ichki energiyasi.
4. Gazlarning suyuqlikka aylanishi. Joule-Tomson effekti.
5. Suyuqliklarning sirt tarangligi. Kapillyar hodisalar.

Tayanch so'zlar va iboralar: Ideal gaz, molekulararo ta'sir kuchlari va potensial energiyasi, real gaz, Van-der-Vaals tenglamasi, Van-der-Vaals izotermalari, eksperimental izotermalar, real gazning ichki energiyasi, Joule-Tomson effekti.

Molekulararo ta'sir kuchlari va potensial energiyasi.

Molekulyar-kinetik nazariyadagi ideal gaz modeli haqiqiy bor gazlarning siyraklashgan holi uchun, yuqori temperaturalar va past bosimlar sohasida o'rinlidir. Ideal gazning holat tenglamasini chiqarishda molekularning o'lchamlari va o'zaro ta'siri e'tiborga olinmaydi. Bosimning ortishi molekular orasidagi masofani kamaytiradi, Shuning uchun molekularning hajmi va o'zaro ta'sirini e'tiborga olish kerak bo'ladi. Misol uchun, normal sharoitda 1 m^3 gazda $2,69 \cdot 10^{25}$ ta molekula bo'lib, u 10^{-4} m^3 hajmni ($r \sim 10^{-6} \text{ m}$) egallaydi. Bu hajmni gaz hajmiga (1 m^3) nisbatan e'tiborga olmasa ham bo'ladi. 500 MPa bosimda molekular hajmi gaz hajmining yarmini tashkil qiladi. Shunday qilib yuqori bosim va past temperaturalarda ideal gaz modelini qo'llab bo'lmaydi.



15.1-rasm

Real gazlarni qo'rayotganimizda biz albatta molekulararo ta'sirni e'tiborga olishimiz kerak. Bunday ta'sirlar $\leq 10^{-9} \text{ m}$ masofalarda namoyon bo'ladi va masofa ortishi bilan tezda kamayadi. Molekular orasida bir vaqtning o'zida tortishish va itarishish kuchlari mavjud bo'ladi. 15.1a-rasmda o'zaro ta'sirning sifatiy grafiqi keltirilgan, $F_{\text{ит}}$ - itarishish kuchlari, $F_{\text{т}}$ - tortishish kuchlari, F - ularning

teng ta'sir etuvchisi. Itarishish kuchlari musbat, tortishish kuchlari manfiy deb hisoblanadi. $r = r_0$ masofada $F = 0$, ya'ni itarishish va tortishish kuchlari bir-birini muvozanatlaydi. $r < r_0$ da itarishish kuchlari, $r > r_0$ da tortishish kuchlari namoyon bo'ladi. $r > 10 - 9$ m larda molekulararo o'zaro ta'sir kuchlari yo'q hisob ($F = 0$). 15.1(b)-rasmda o'zaro ta'sir potensial energiyasining grafigi keltirilgan. Bu grafikdan ko'rinib turibdiki, $r = r_0$ masofada, ya'ni itarishish va tortishish kuchlari bir - birini kompensatsiyalaganda, ya'ni tizim turg'un muvozanat holatda bo'lganda, uning potensial energiyasi minimumga erishadi.

Tortishish va itarishish kuchlari elektromagnit tabiatga ega. Tortishish kuchlari

$$F_{\text{tort}} \approx - \frac{A}{r^7} \quad (15.1)$$

Itarishish kuchlari

$$F_{\text{itar}} \approx \frac{B}{r^9} \quad (15.2)$$

va potensial energiya

$$P \approx \int f(r)dr = -\alpha \frac{A}{r^6} + \beta \frac{B}{r^8} \quad (15.3)$$

qonuniga bo'ysunadi.

Van-der-Vaals tenglamasi.

Yuqorida ta'kidlanganidek, real gazlar uchun molekularning o'lchamlari va ularning o'zaro ta'sirini e'tiborga olish zarur.

Molekulalarning hususiy hajmi va molekular orasidagi o'zaro ta'sirni e'tiborga olish golland fizigi I.Van-der-Vaalsga (1837-1923) real gaz uchun holat tenglamasini chiqarishga imkon berdi. Van-der-Vaals Klapayron tenglamasiga ikkita tuzatish kiritdi.

a). Molekulalarning xususiy hajmini hisobga olish. Molekula egallagan hajmga boshqa molekularning kira olmasligi, molekular harakatlanishi mumkin bo'lgan hajm endi V_μ emas $V_\mu - v$ bo'lib qoladi, bu yerdagi v -molekular egallagan hajm.

b). Molekular orasidagi o'zaro tortishishni e'tiborga olish gazga qo'shimcha ichki bosimni vujudga keltiradi. Van-der-Vaalsning hisoblariga ko'ra ichki bosim gaz hajmining kvadratiga teskari proporsional dir:

$$R' = \frac{\epsilon}{V_\mu^2} \quad (15.4)$$

Bu yerda α - molekular orasidagi o'zaro tortishish kuchlarini tavsiflovchi doimiy;

V_μ - molyar hajm.

Yuqoridagi o'zgartirishlarni kiritib bir mol gaz uchun Van-der-Vals (real gazning holat) tenglamasini olamiz:

$$(P + \frac{\epsilon}{V_\mu^2}) (V_\mu - b) = RT. \quad (15.5)$$

ν molga mos keluvchi ixtiyoriy m massali gaz uchun ($V = \nu \cdot V_\mu$) Van-der-Vals tenglamasi

$$\left(R + \frac{\nu^2 a}{V^2}\right) \left(\frac{V}{\nu} - b\right) = RT \quad (15.6)$$

yoki

$$\left(P + \frac{\nu^2 a}{V^2}\right) (V - \nu b) = \nu RT \quad (15.7)$$

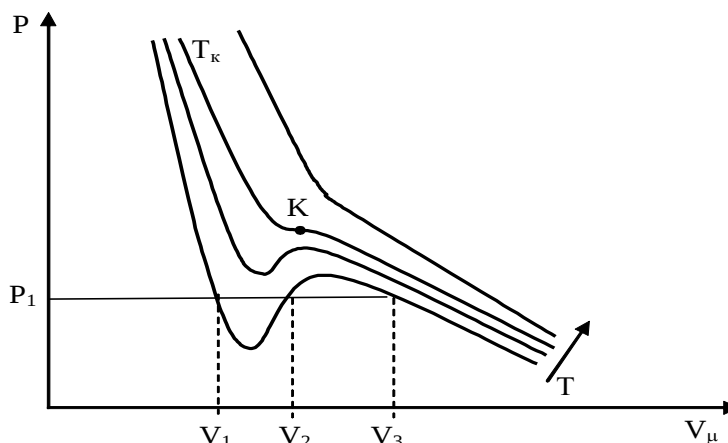
Van-der-Vals tenglamasini chiqarishda bir qator soddalashtirishlarga borilgan, Shuning uchun u ham aniq tenglama emas, lekin Klapayron tenglamasiga nisbatan tajriba bilan mosroq..

Past bosim, yuqori temperaturalarda V_μ kattalashadi $b \ll V_\mu$,

$R' \ll R$ va bu holda Van-der-Vals tenglamasi Klapayron tenglamasiga o'tadi.

Van-der-Vals izotermalari va ularning tahlili.

Eksperimental izotermalar.



15.2-rasm

Berilgan temperaturalardagi P ning V_μ ga bog'liqligini (15.5) tenglama asosida ko'rib chiqsak, Van-der-Vaals izotermalarini olamiz. 15.2-rasmda to'rtta temperatura uchun shunday izotermalar keltirilgan.

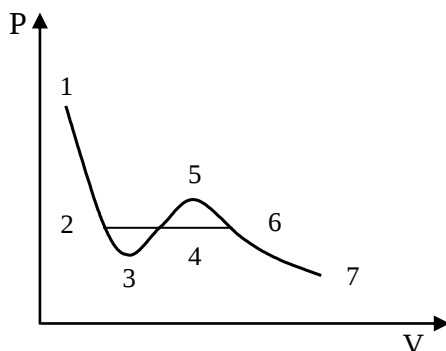
Yuqori temperaturalarda real gaz izotermasi ideal gaz izotermasiga yaqin; T_k temperaturada izoterma faqat bitta (k) egilish nuqtasiga ega; quyi temperaturalarda ($T < T_k$) izoterma monoton pastga tushuvchi, so'ng monoton ko'tariluvchi va yana monoton tushuvchi chiziqdan iborat.

Van-der-Vals tenglamasini

$$RV_\mu^3 - (RT + Rb) V_\mu^2 + aV_\mu - ab = 0 \quad (15.8)$$

ko'rinishda yozaylik. Ushbu tenglama V_μ ga nisbatan 3 - darajali tenglamadir. Uning echimi 3 ta haqiqiy yoki bitta haqiqiy va ikkita mavhum ildizdir, lekin fizik maonoga faqat haqiqiy ildizlarga ega. Birinchi holga (15.2-rasmga qarang) past temperaturalardagi izoterma misol bo'la oladi (R_1 bosim qiymatiga uchta V_1 , V_2 va V_3 qiymatlar to'g'ri kelyapti); ikkinchi holga esa yuqori temperaturalardagi izotermalar to'g'ri keladi. $T < T_k$ dagi izotermaning turli sohalarini qarab, (15.3 -

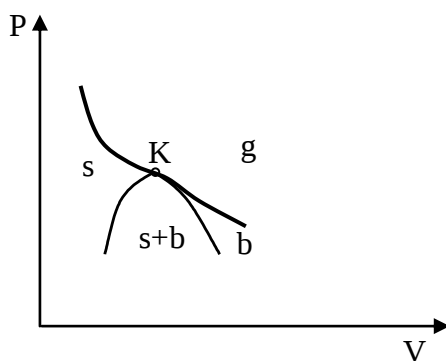
rasm) 1- 3, 5 - 7 sohalarida V_{μ} ning kamayishi bilan R_1 ning tabiiy ravishda ortishini ko‘ramiz. 5 - 3 sohada moddaning siqilishi bosimning kamayishiga olib keladi; tajribaning ko‘rsatishicha tabiatda bunday holatlar kuzatilmaydi. 3 - 5 holatda modda bir jinsli bo‘lib qolmas ekan, ma’lum holda holatning o‘zgarishi ro‘y beradi va modda ikkita agregat holatda bo‘ladi. Shunday qilib, haqiqiy izoterma 7 - 6 - 2 - 1 ko‘rinishga ega bo‘ladi. 7 - 6 qism gaz, 2 - 1 suyuq holatlarga to‘g‘ri keladi. 6 - 2 qism gaz va suyuqlik o‘rtasidagi muvozanatga to‘g‘ri keladi.



15.3-rasm

Yuqorida olingan natijalarni irland olimi T.Endryus (1813-1885) ning karbonat angidrit (CO_2) ni siqilishini o‘rganish bo‘yicha o‘tkazgan tajribalari tasdiqladi. 15.2-rasmdagi faqat bitta (K) kritik nuqta deb ataladigan egilish nuqtasiga ega bo‘lgan izoterma kritik izoterma, unga mos T_k temperatura kritik temperatura deb ataladi. Kritik nuqtaga mos keluvchi V_k kritik hajm, R_k kritik bosim deb ataladi.

Van-der-Vaals izotermalarining gorizontall qismlaridagi chetki nuqtalaridan chiziqli o‘tkazsak, ikki fazali holatlarni chegaralovchi qo‘ng‘iroqsimon chiziqli hosil bo‘ladi (15.4-rasm).



15.4-rasm

Bu chiziqli va kritik izoterma R-V diagrammani uchta sohaga bo‘ladi. Qo‘ng‘iroqsimon chiziqli ostida ikki fazali holatlar (suyuqlik va to‘yingan bug‘), uning chapida suyuq holatlar o‘ng tomonida bug‘ sohasi ko‘rsatilgan. Kritik temperaturadan yuqori temperaturada bo‘lgan gazni xech qanday bosimda suyuqlikka aylantirib bo‘lmaydi. Kritik temperatura gazni suyuqlikka aylantirish mumkin bo‘lgan eng yuqori temperaturadir.

Real gazning ichki energiyasi

Real gazning ichki energiyasi molekulalarning issiqlik harakat kinetik energiyasi va molekulalararo o'zaro ta'sir potensial energiyasidan iborat. Molekulalararo o'zaro tortishishni engish uchun bajarilgan ish tizimning ichki energiyasini oshirishga sarf bo'ladi, ya'ni

$$dA = P'dV_m = d\Pi \quad \text{yoki} \quad d\Pi = \frac{a}{V_\mu^2} dV_\mu$$

Bunda
$$\Pi = \frac{a}{V_\mu}$$

Demak, 1 mol real gazning ichki energiyasi

$$U_\mu = S\nu T - \frac{a}{V_\mu} \quad (15.9)$$

temperatura va hajm ortishi bilan ortib boradi. Adiabatik jarayonda $dQ = 0$ va $dA = 0$

$$dQ = (U_2 - U_1) + dA \quad \text{dan} \quad U_1 = U_2.$$

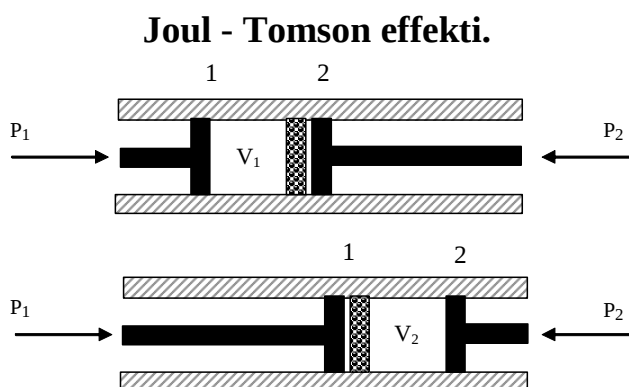
Shunday qilib ish bajarilmasa adiabatik kengayish jarayonida ichki energiya o'zgarmaydi. Ideal gaz uchun $U_1 = U_2$ deganda $T_1 = T_2$ tushuniladi. 1 mol real gaz uchun

$$U_1 = C\nu T_1 - a/V_1 \quad U_2 = C\nu T_2 - a/V_2 \quad (15.10)$$

dan

$$T_1 - T_2 = \frac{a}{c} \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right). \quad (15.11)$$

$V_2 > V_1$ ligidan $T_1 > T_2$, ya'ni real gaz vakuumga adiabatik kengayishda soviydi. Adiabatik siqishda real gaz isiydi.



15.5-rasm

Agar ideal gaz adiabatik kengaysa va bunda ish bajarsa soviydi, chunki ish uning ichki energiyasi hisobiga bajariladi. Real gazlar uchun shunga o'xshash jarayonni ingliz fiziklari J.Joul (1818-1889) va U.Tomson (1824-1907) amalga oshirdilar. Tajriba gaz bir idishdan ikkinchi idishga g'ovakli jismdan tayerlangan to'siq orkali o'tadi (15.5 - rasm). Chap tomondagi gaz P_1 , V_1 , T_1 parametrlar bilan xarakterlanadi. P_1 va P_2 bosimlar o'zgarmas ushlab turiladi. Jarayon adiabatik bo'lgani uchun

$$dQ = (U_2 - U_1) + dA = 0 \quad (15.12)$$

Gaz tomonidan bajarilgan ish 2-porshenning harakati tufayli musbat ($A_2 = P_2 V_2$) va 1-porshenning harakatidan ($A_1 = P_1 V_1$), ya'ni $dA = A_2 - A_1$. Bularni (15.12) ga qo'ysak,

$$U_1 + P_1 V_1 = U_2 + P_2 V_2 \quad (15.13)$$

ni olamiz. Demak, bunda $U + PV$ funktsiya o'zgarmay qolayapti. Bu holat funktsiyasi bo'lib entalpiya deb ataladi. Sodda uchun hisoblarni 1 mol uchun o'tkazamiz. (15.13) ifodaga (15.10) ni qo'yib,

$$T_2 - T_1 = \frac{2a(1/V_2 - 1/V_1) - b(P_2 - P_1)}{C_v + R} - \frac{ab(1/V_2^2 - 1/V_1^2)}{C_v + R} \quad (15.14)$$

ni olamiz. Faraz qilaylik $R_2 \ll R_1$, $V_2 \gg V_1$

1) $a \approx 0$ - tortishish kuchlarini e'tiborga olmay, faqat molekulalarning hajmlarini e'tiborga olamiz. Unda

$$T_2 - T_1 \approx \frac{-b(p_2 - p_1)}{C_v + R} > 0 \quad (15.15)$$

ya'ni bu holda gaz isiydi;

2) $v \approx 0$ - gaz hajmini e'tiborga olmay, molekulalararo tortishish kuchlarini e'tiborga olamiz. Unda

$$T_2 - T_1 \approx \frac{2\epsilon(1/V_2 - 1/V_1)}{C_v + R} \quad (15.16)$$

ya'ni bu holda gaz soviydi;

3) Ikkala tuzatishni e'tiborga olamiz.

$$T_2 - T_1 \approx \frac{-\frac{2\epsilon}{V_1} + \frac{bRT_1}{V_1 - b}}{C_v + R} + \frac{\frac{ba}{V_1^2} - \frac{ab}{V_1^2}}{C_v + R} = \frac{\frac{bRT_1}{V_1 - b} - \frac{2a}{V_1}}{C_v + R} \quad (15.17)$$

ya'ni temperaturalar farqining ishorasi V_1 va T_1 larning qiymatiga bog'liq.

Real gazning g'ovakli jism orqali bosimlar farqi tufayli o'tib adiabatik kengayishi natijasida temperaturasining o'zgarishi Joule-Tomson effekti deyiladi. Agar gaz bunday o'tish natijasida sovusa musbat, qizisa manfiy Joule-Tomson effekti deyiladi.

Joule-Tomson effektidan gazlarni suyultirishda foydalaniladi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Molekulalararo ta'sir kuchlari va ularning vujudga kelish sabablari qanday?
2. Molekulalararo o'zaro ta'sir potensial energiyasi qanday bo'ladi?
3. Ideal gaz qanday gaz?
4. Real gaz va ideal gazlarning farqi nimada?
5. Van-der-Vaals tenglamasini yozing va tushuntirib bering.
6. Nazariy izotermalarni chizing va tushuntirib bering.
7. Kritik nuqta nima?
8. Eksperimental izotermalarning hosil bo'lishi va ma'nosi qanday?
9. Ideal va real gazlarning ichki energiyasi qanday bo'ladi?
10. Joule -Tomson effektini izohlab bering.

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 gacha
Mashg'ulot shakli	Kirish-axborotli ma'ruza
Ma'ruza rejasi	1.Kuchish hodisalari. Fizikaviy kinetika haqida tushuncha. 2.. Sochilishning effektiv kesimi. 3. Diffuziya va issiqlik o'tkazuvchanlik. Diffuziya koeffisienti. 4.Issiqlik o'tkazuvchanlik va uning koeffisienti. Gazlar va qattiq jismlarda diffuziya. 5. Qovushqoqlik. Gazlar va suyuqliklarning qovushqoqlik koeffisienti. 6.Dinamik va kinematik qovushqoqliklar.
O'quv mashg'ulotining maqsadi:. Fizikaviy kinetika nima? 2. Relaksatsiya vaqtining fizik ma'nosi qanday? 3. Sochilishning effektiv kesimi nima? 4. Ko'chirishning umumiy tenglamasini keltirib chiqaring. 5. Fik tenglamasini yozib bering va izohlang. 6. Fur'e tenglamasini yozib bering va izohlang. 7. Ichki ishqalanish uchun Nyuton qonuni qanday bo'ladi? 8. Suyuq va qattiq jismlarda diffuziya qanday kechadi? 9. Suyuq va qattiq jismlarda issiqlik o'tkazuvchanlik qanday kechadi? 10. Temperatura o'tkazuvchanlik nima?	
Pedagogik vazifalari:	O'quv faoliyatining natijalari:
Ta'lim berish usullari	Ko'rgazmali ma'ruza suhbat
Ta'lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy
Ta'lim berish vositalari	O'quv qullanma proektor slaydlar
Ta'lim berish sharoiti	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og'zaki nazorat,savol-javob

Ma'ruzaholatining texnologik kartasi

Bosqichlar, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchi	talaba
1-bosqich. Kirish(5 min.)	1.1. Mavzu, maqsad va rejalashtirilgan o`quv natijalarini e`lon qiladi. 1.2. Reja va muammoli holatlarni ifodalovchi savollarni ekranga chiqaradi.	1.1.Eshitadilar, yozib oladilar. 1.2.E`tabor beradilar.
2-bosqich. .Bilimlarni faollashtirish (10 min).	2.1. Asosiy kategoriya va tushunchalarni va ma'ruza oxirida yechiladigan masalalarni namoyish qiladi. 2.2.O`quv faoliyatini baxolash mezonlari malum qilinadi.	
3bosqich. Asosiy (55 min.)	3.1. Ma`ruza davomida asosiy tushunchalarni qayd etish lozimligini uqtiradi.Talabalar yozib olishlarini takidlaydilar 3.2 Fizikaviy kinetika haqida tushuncha. Relaksatsiya vaqti. 3.3 Sochilishning effektiv kesimi. 3.4 Gazlarda ko`chirish hodisalari. 3.5 Gazlarda diffuziya.Issiqlik o`tkazuvchanlik. 3.6 Ichki ishqalanish (yopishqoqlik). Suyuq va qattiq jismlarda diffuziya va issiqlik o`tkazuvchanligi. Temperatura o`tkazuvchanlik	3.1.Asosiykatt aliklar, ifodalarni yozadilar 3.2. Yozadilar. 3.3. berilgan chizmalarni chizib oladilar.
4- bosqich. Yakuniy (10 min.)	4.1.Mavzuga xulosa yasaydi.O`quv jarayonida faol ishtirok etgan talabalarbi rag`batlantiradi. 4.2. Mustaqil ishlash va nazariy bilimlarni mustaxkamlash. Mustaxkamlash uchun savvolarni beradi:	4.1.eshitadi. 4.2.topshiriqni yozib oladilar.

13-ma'ruza. KO'CHISH HODISALARI

Reja

1. Ko'chish hodisalari. Fizikaviy kinetika haqida tushuncha.
2. Sochilishning effektiv kesimi.
3. Diffuziya va issiqlik o'tkazuvchanlik. Diffuziya koeffitsienti.
4. Issiqlik o'tkazuvchanlik va uning koeffitsienti. Gazlar va qattiq jismlarda diffuziya.
5. Qovushqoqlik. Gazlar va suyuqliklarning qovushqoqlik koeffitsienti.
6. Dinamik va kinematik qovushqoqliklar.

Tayanch so'zlar va iboralar: Fizikaviy kinetika, relaksatsiya vaqti, sochilishning effektiv kesimi, ko'chirishning umumiy tenglamasi, gazlarda diffuziya, diffuziya koeffitsienti, issiqlik o'tkazuvchanlik, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, ichki ishqalanish, ichki ishqalanish koeffitsienti, suyuq va qattiq jismlarda diffuziya va issiqlik o'tkazuvchanlik, temperatura o'tkazuvchanlik.

Fizikaviy kinetika haqida tushuncha. Relaksatsiya vaqti.

Fizikaning muvozanatsiz holatdagi tizimlarida sodir bo'luvchi jarayonlarni o'rganuvchi qismiga fizikaviy kinetika deb ataladi. Muvozanatsiz holatdagi tizimni o'z ixtiyoriga qo'yilsa, u yangi muvozanat holatiga o'ta boshlaydi.

O'z holiga qo'yilgan (izolyatsiyalangan) tizimni muvozanatsiz holatdan muvozanatli holatga o'tishida har qanday kuzatilaotgan taqsimot funktsiya (yoki tizimning holatini tavsiflovchi biror parametr) ning o'zgarish tezligi uning muvozanat holatidagi qiymatidan og'ishiga proporsional deb hisoblash mumkin, ya'ni

$$\frac{df}{dt} = -\frac{f - f_0}{\tau} \quad (16.1)$$

bunda f - muvozanatsiz holat taqsimot funktsiyasi, f_0 - muvozanatli holat taqsimot funktsiyasi, τ - relaksatsiya vaqti bo'lib, u kuzatilayotgan jarayon uchun o'zgarmas kattalikdir. Manfiy ishora muvozanat holatdan chiqarilib, so'ng yana o'z holiga qo'yilgan tizim hamma vaqt muvozanat holatiga intilishini ifodalaydi. (16.1) ifodani quyidagi ko'rishda yozish mumkin:

$$\frac{d(f - f_0)}{dt} = -\frac{f - f_0}{\tau}$$

yoki

$$\frac{d(f - f_0)}{f - f_0} = -\frac{dt}{\tau}$$

Buni integrallab

$$\ln(f - f_0) = -\frac{t}{\tau} + \ln C$$

Bundan

$$(f - f_0)t = C e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (16.2)$$

yoki

$$(f - f_0)t = (f - f_0)_{t=0} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (16.3)$$

Demak, relaksatsiya vaqti qiymat jihatidan boshlang'ich $(f - f_0)_{t=0}$ kattalikning e marta kamayishi uchun ketgan vaqtga teng ekan. Har bir taqsimot funktsiyasi yoki tizimining har bir parametr uchun o'ziga hos relaksatsiya vaqti mavjud bo'ladi.

Sochilishning effektiv kesimi.

Molekula o'z yo'lida boshqa molekula bilan to'qnashib, harakat yo'nalishini o'zgartirsa, bunday hodisa sochilish deb ataladi. Ikki molekulaning bir-biri bilan to'qnashuvida ularning markazlari orasidagi o'zaro yaqinlashish masofasining eng kichik qiymati molekulaning sochilishdagi effektiv diametri deb ataladi. $\sigma = \pi d^2$ kattalik molekulaning sochilishdagi effektiv kesimi deb ataladi. Molekulaning effektiv kesimi uning geometrik ko'ndalang kesim yuzidan farq qiladi. Molekulaning boshqa molekulalar bilan to'qnashish ehtimoli, uning effektiv kesimiga bog'liq bo'ladi. Har bir kutilgan hodisani sodir bo'lishiga olib keluvchi to'qnashish jarayonida molekula o'ziga xos effektiv kesim orqali tavsiflanadi. Shuning uchun ham molekulaning sochilishdagi, ionlashtirishdagi va boshqa jarayonlardagi effektiv kesimlari haqida fikr yuritish mumkin. Molekulaning turli jarayonlardagi effektiv kesimlari bir-biridan farq qiladi, chunki turli xil kutilgan hodisani sodir bo'lishiga olib keluvchi jarayonlarda to'qnashayotgan molekulalarning o'zaro ta'sirlashuvi turlichadir.

Gazlarda ko'chirish hodisalari.

Molekulalarning xaotik harakati tufayli gaz doimo aralashib turadi. Gaz molekulalari bir joydan ikkinchi joyga o'tishda o'zi bilan birga massa, energiya, impuls olib o'tadi. Bu hodisalarning mexanizmi bir bo'lganligi uchun ularni umumiy holda gazlarda kuchirish hodisalari deyiladi.

Gazlar kinetik nazariyasidan foydalanib ko'chirish hodisasining umumiy holdagi tenglamasini keltirib chiqaraylik. Statistika binoan har bir x, y, z o'qlar bo'yicha barcha molekulalarning oltidan bir qismi harakat qiladi. OX o'qida asosining yuzi ΔS , balandligi $\langle v \rangle$ - molekulalarning o'rtacha tezligiga teng bo'lgan parallelepipedni olaylik (16.1-rasm). Hajm birligidagi molekulalar soni n_0 bo'lsin. U xolda ΔS yuza orqali chapdan o'ngga parallelepiped hajmidagi molekulaning $1/6$ qismi ($1/6 n_0 \Delta S \langle v \rangle$) o'tadi, Δt vaqt ΔS ichida yuzadan bir tomonga o'tgan molekulalar soni

$$N = \frac{1}{6} n_0 \langle V \rangle \Delta S \Delta t$$

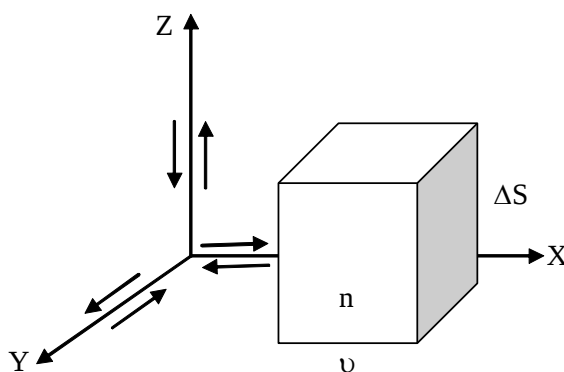
bo'ladi. Bu molekullar olib o'tgan fizik kattaliklarni umumiy xolda φ bilan belgilasak, ΔS yuzadan Δt vaqt ichida molekullar tomonidan bir yo'nalishida olib o'tilgan fizik miqdor

$$N\varphi = \frac{1}{6}(n_0\varphi) <V> \Delta S \Delta t \quad (16.4)$$

ga teng bo'ladi. Dinamik muvozanat vaqtida xuddi shunday miqdordagi fizik kattalik teskari yunalishda xam olib o'tiladi. Faraz qilaylik, φ fizik kattalikka ega bulgan molekullar soni n_0 fazoning turli qismlarida (ya'ni $n_0\varphi$) har xil bo'lsin. Aniqrog'i miqdor OX o'qining musbat yo'nalishi bo'yicha kamayib borsin. Ya'ni ΔS yuzaning chap tomonida $(n_0\varphi)_1$ o'ng tomonidagi $(n_0\varphi)_2$ dan katta bo'lishi kerak. Bunday sharoitda $N\varphi$ mikdor ΔS yuza orqali chapdan o'ngga ko'proq o'tadi va u quyidagiga teng

$$\Delta(N\varphi) = (N\varphi)_1 - (N\varphi)_2 = 1/6 [(n_0\varphi)_1 - (n_0\varphi)_2] <v> \Delta S \Delta t \quad (16.5)$$

$n_0\varphi$ miqdori ΔS yuzadan chap va o'ng tomonlarda $<\lambda>$ masofada o'zgarmaydi (16.2-rasm)

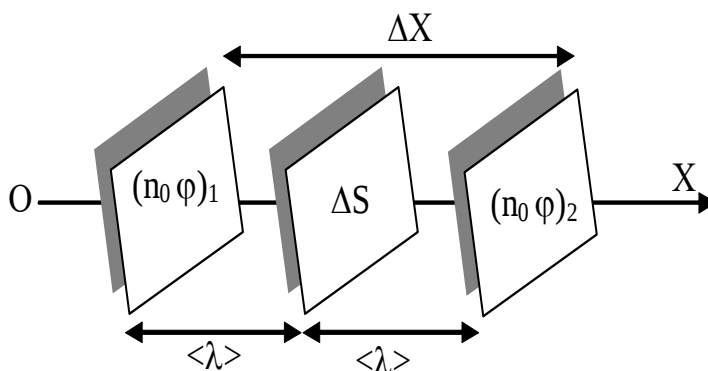


16.1-rasm

Chunki bu oraliqda molekullarning o'zaro to'qnashuvlari yo'q. (16.5) tenglamaning o'ng tomonini $2<\lambda>$ ga ko'paytirib bo'lamiz:

$$\Delta N\varphi = \frac{1}{3} \frac{(n_0\varphi)_1 - (n_0\varphi)_2}{2<\lambda>} <g> <\lambda> \Delta S \Delta t \quad (16.6)$$

Bu yerdagi $\frac{(n_0\varphi)_1 - (n_0\varphi)_2}{2<\lambda>} = -\frac{\Delta(n_0\varphi)}{\Delta x}$ ga $n_0\varphi$ miqdorning OX o'qi bo'yicha gradienti ($\text{grad}(n_0\varphi)$) deyiladi. U holda (16.6) ifodani



16.2-rasm

$$\Delta(N\varphi) = -\frac{1}{3} \langle g \rangle \langle \lambda \rangle \frac{\Delta(n_0\varphi)}{\Delta x} \Delta S \Delta t \quad (16.7)$$

ko‘rinishda yozish mumkin. Minus ishorasi fizik kattalik gradientiga teskari yo‘nalishda olib o‘tilayotganligini bildiradi. (16.7) tenglamaga ko‘chirish tenglamasi deyiladi. Differensial ko‘rinishda

$$d(N\varphi) = -\frac{1}{3} \langle g \rangle \langle \lambda \rangle \frac{d(n_0\varphi)}{dx} dt \quad (16.8)$$

Xususiylar xollarni ko‘rib o‘taylik.

Gazlarda diffuziya.

Biror hajmda gaz zichligi turlicha bo‘lib, OX o‘qi bo‘yicha kamayib borsin (16.3-rasm). Ya‘ni S yuzaning chap tomonida

$\langle \lambda \rangle$ masofada ρ_1 , o‘ng tomonida $\langle \lambda \rangle$ masofada ρ_2 bo‘lsin. Zichlik molekulalar kontsentratsiyasi n_0 va bitta molekula massasi m bilan $\rho = n_0 m$ orqali bog‘langan. Demak ΔS yuza orqali chapdan o‘ngga olib o‘tilayotgan kattalik $\varphi = m$ -molekula massasi bo‘ladi. Shuning uchun

$$n_0 \varphi = n_0 m = \rho \quad \Delta(N\varphi) = \Delta(Nm) = M$$

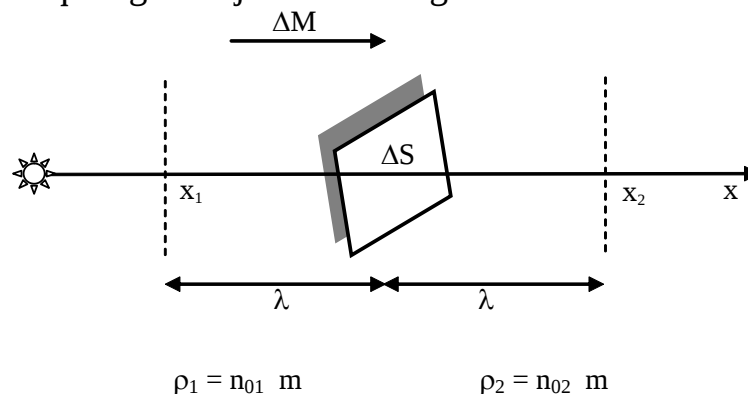
Bularni umumiy ko‘chirish tenglamasiga qo‘yib, ΔS yuza orqali chapdan o‘ngga Δt vaqt ichida olib o‘tilgan ΔM massa miqdorini topamiz:

$$\Delta M = -D \frac{\Delta \rho}{\Delta x} \Delta S \Delta t \quad (16.9)$$

Demak (16.9) ga binoan OX o‘qi bo‘yicha zichlik ρ kamayib borganda diffuziya tufayli ΔS yuzadan o‘ngga tik ravishda olib o‘tilgan massa miqdori ΔM zichlik gradienti $\frac{\Delta \rho}{\Delta x}$ ga yuza kattaligi ΔS ga va o‘tish vaqti Δt ga to‘g‘ri proporsional ekan. (16.9) tenglama diffuziya tenglamasi yoki Fik qonuni deyiladi. Proporsional lik koeffitsienti

$$D = \frac{1}{3} \langle g \rangle \langle \lambda \rangle \quad (16.10)$$

ga diffuziya koeffitsienti deyiladi. Diffuziya koeffitsienti (16.9) ifodaga binoan zichlik gradienti $\Delta \rho / \Delta x = 1 \text{ kg/m}^4$ bo‘lganda $\Delta S = 1 \text{ m}^2$ yuzadan $\Delta t = 1 \text{ s}$ da olib o‘tilgan massa miqdoriga son jihatidan teng:



16.3-rasm

$\Delta M = D$. D ning birligi m^2/s . $\langle v \rangle \sim \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, $\langle \lambda \rangle \sim \frac{1}{\rho}$ bo'lganligi uchun diffuziya koeffitsienti gazning tabiatiga (μ) va uning holati (ρ va T) ga bog'liq. Normal sharoitda kislorod uchun

$$\langle \lambda \rangle = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m}, \langle v \rangle = 5 \cdot 10^2 \text{ m/s} \text{ va } D \approx 8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}.$$

Diffuziya tabiatda va texnikada katta ahamiyatiga ega.

Issiqlik o'tkazuvchanlik.

Faraz qilaylik, OX o'qining $x = 0$ nuqtasida isitgich bo'lib, temperatura OX o'qi bo'ylab kamayib borsin. 16.4-rasm S yuzaning chap va o'ng tomonlarida $\langle \lambda \rangle$ masofada mos xolda temperaturalar T_1 va T_2 bo'lib, $T_1 > T_2$ dir. Molekula kinetik energiyasi $\langle E \rangle$ temperaturaga to'g'ri proportsional ($\langle E \rangle = \frac{i}{2} kT$) bo'lganligi sababli ΔS yuzaning chap tomonida bo'lgan molekulaning kinetik energiyasi ($\langle E_1 \rangle$) o'ng tomonidagi molekula kinetik energiyasi ($\langle E_2 \rangle$) dan kattadir. Shu saabli ΔS yuzadan chapdan o'ng tomonga kinetik energiya, ya'ni issiqlik miqdori Q olib o'tiladi.

Demak, olib o'tilayotgan fizik kattalik molekula energiyasi $\varphi = \langle E \rangle = \frac{i}{2} kT$ bo'ladi. U xolda ($n_0 = \text{const}$):

$$\Delta(n_0 \varphi) = (n_0 (i/2) RT) = n_0 (i/2) R \Delta T = \rho C_v \Delta T$$

$$\Delta N \varphi = \Delta Q$$

Bu yerda $k = R/NA$; $C_{\mu v} = (i/2) R$; $C_v = C_{\mu v}/\mu$; $\mu = NAm$; $\rho = n_0 m$

$$\Delta T = T_1 - T_2$$

Bularni ko'chirish tenglamasiga qo'ysak.

$$\Delta Q = - \chi \frac{\Delta T}{\Delta x} \Delta S \Delta t \quad (16.11)$$

kelib chiqadi. Demak, (16.11) ga binoan temperatura kamayib boruvchi OX o'qiga tik bo'lgan S yuzadan olib o'tilgan issiqlik miqdori ΔQ shu yuzaga, olib o'tish vaqti Δt ga va temperatura gradienti $\Delta T/\Delta x$ ga proporsional ekan. (16.11) tenglama Fur'e tenglamasi deb ataladi.

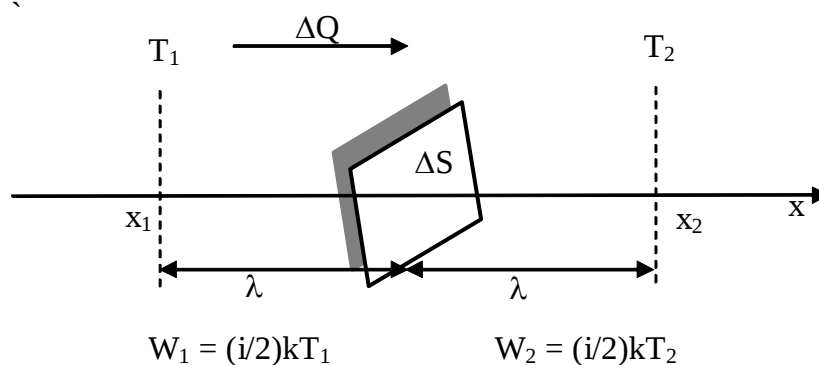
Proporsional lik koeffitsienti

$$\chi = \frac{1}{3} C_v \rho \langle v \rangle \langle \lambda \rangle \quad (16.12)$$

ga issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti deb ataladi. (16.11) ga asosan issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti temperatura gradienti $\Delta T/\Delta x = 1K/m$ bo'lganda $S = 1m^2$ yuzadan $\Delta t = 1s$ da olib o'tilgan issiqlik miqdoriga son jihatidan tengdir.

$$\Delta Q = \chi$$

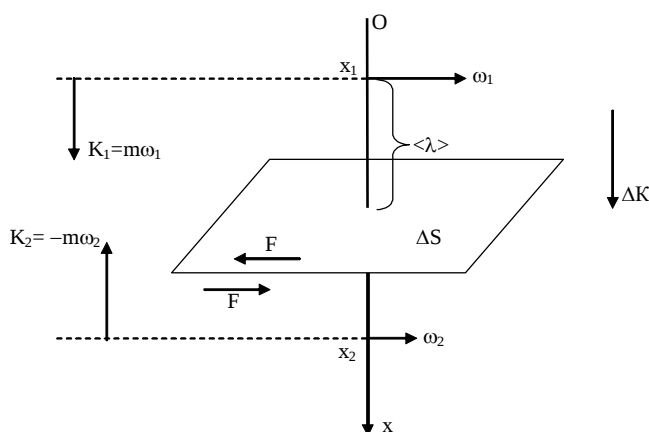
χ ning birligi $J/(m.s.K.)$ dir. Normal sharoitda ($r = 143,10^{-2} \text{ kg/m}$, $C_v = J/(kg.K)$) kislorod uchun $\chi = 8,10 \text{ J/(m.s.K.)}$. Odatda χ bosimga bog'liq emas. Ammo siyraklashgan gazlarda γ bosimga bog'liq bo'lib, juda kichikdir. Bu hodisadan Dyuar idishlari yasashda foydalaniladi.



16.4-rasm

Ichki ishqalanish (yopishqoqlik)

Gaz yoki suyuqliklarning laminar oqimida ularning qatlamlari turlicha tezliklar bilan harakat qiladi. Demak, bu qatlamlardagi molekulalarning harakat miqdori ham turlicha bo'ladi. Ana shunday qatlamlardan biridan ikkinchisiga molekulalarning xaotik harakati tufayli o'tishi natijasida ichki ishqalanish vujudga keladi.



16.5-rasm

16.5-rasmda S yuzaning yuqorisidagi qatlam tezligi V_1 katta, ostidagi qatlam tezligi V_2 kichik. Shuning uchun yuqori qatlamdagi molekula impulsi (mv_1) ostki qatlamdagi molekula impulsi (mv_2) dan katta. Yuqoridagi qatlamdan pastki qatlamga molekula o'tganda impuls olib o'tadi va shu bilan pastki qatlam tezligi ortadi.

Pastki qatlamdan ΔS yuza orqali yuqoriga o'tgan molekulalar yuqorigi qatlam tezligini kamaytiradi. Natijada qatlamlar orasida yopish qoqlik vujudga keladi. Yopishqoqlik kuchi ΔS yuza bo'ylab oqimga parallel yo'nalgan bo'ladi. Demak, ΔS yuza orqali olib o'tilgan fizik kattalik molekula impulsi bo'ladi: $\varphi = m\vartheta$. U xolda ($n_0 = \text{const}$)

$$\Delta(n_0\varphi) = \Delta(n_0m\vartheta) = \rho\Delta\vartheta$$

$$\Delta(N\varphi) = \Delta(NK) = \Delta K$$

Bu yerda ΔK - bir qatlam impulsining ikkinchisiga nisbatan Δt vaqt ichida o'zgarishi.

Mexanikadan ma'lumki, $\Delta K = F\Delta t$, ya'ni qatlam impulsining o'zgarishi kuch impulsiga teng. Bu yerda F ichki ishqalanish kuchi. Bularni ko'chirishning umumiy tenglamasiga qo'ysak,

$$F = -\eta \frac{\Delta \vartheta}{\Delta x} \Delta S \quad (16.13)$$

Bunga asosan ikkita bir-biriga nisbatan sirpanayotgan gaz (yoki suyuqlik) qatlamlari orasida hosil bo'lgan ichki ishqalanish kuchi ularning bir-biriga tegib turgan yuzalariga va qatlamlar orasidagi tezlik gradienti $\Delta \vartheta / \Delta x$ ga proporsionaldir. (16.13) Nuyuton qonuni deyiladi.

Proporsional lik koeffitsienti

$$\eta = \frac{1}{3} \rho \lambda < \vartheta > \quad (16.14)$$

ga yopishqoqlik koeffitsienti deyiladi. Yopishqoqlik koeffitsienti tezlik gradienti $\Delta \vartheta / \Delta x = 1 \text{ c}^{-1}$ bo'lganda, o'zaro parallel harakatlanayotgan qatlamlar orasidagi 1 m^2 yuzaga ta'sir etayotgan ichki ishqalanish kuchiga son jihatidan tengdir: $F = \eta$; η ning birligi $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$. Normal sharoitda kislorod uchun $\eta = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$. Suyuqlikning yopishqoqligi gazning yopishqoqligidan bir necha marta katta. Suyuqlikning yopishqoqlik koeffitsienti qiymati $10-3 \div 1 \text{ kg}/\text{m} \cdot \text{s}$ chegarada bo'ladi. Shu bilan birga suyuqlikning yopishqoqligi temperaturaga juda bog'liq-temperatura ortishi bilan kamayib boradi.

Bunda molekularlar orasidagi o'rtacha masofa ortadi va demak, ular orasidagi tutinish kamayadi. Suvda, masalan 0°C da $\eta = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg}/\text{m} \cdot \text{s}$, 900°C da $\eta = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ kg}/\text{m} \cdot \text{s}$. Yopishqoqlik tufayli suyuqlikning trubada oqishi qiyinlashadi, uning tezligi kamayadi.

Suyuq va qattiq jismlarda diffuziya.

Bir-biriga tegib turgan ikki suyuqlik to'la aralashgunga qadar o'zaro diffuziylanadi. Masalan: suvli idish tubiga uzun nayli voronka yordamida mis kuporosi eritmasi quyilsa, bu suyuqliklar orasidagi dastlabki keskin chegara asta-sekin yoyilib ketadi.

Suyuqliklardagi diffuziya jarayoni ham Fik qonuni bilan yoritiladi. Agar $\Delta M = m \Delta n$ va $\Delta \rho = m \Delta n_0$ ekanligini nazarga olsak, m -suyuqlik zarrasining (molekulasi yoki atomning) massasi, Δn - diffuziyalangan zarralar soni, Δn_0 - birinchi va ikkinchi suyuqliklarning hajm birligidagi zarralar sonining farqi (molekulalar konsentratsiyalari farqi). Unda FIK qonunini

$$\Delta n = -D \frac{\Delta n_0}{\Delta x} \Delta S \Delta t \quad (16.15)$$

ko'rinishda yoza olamiz. Suyuqliklar diffuziya koeffitsientini gazlar uchun chiqarilgan (16.9) ifoda bilan hisoblash mumkin emasligini nazarda tutish kerak; chunki issiqlik harakatining xarakteri gazlardagidan farq qiladi: suyuqlik zarralari

erkin yugurmaydi. Shuning uchun suyuqliklarda diffuziya koeffitsienti gazlardagidan yuz minglab marta kichik, ya'ni $10^{-10} \div 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ atrofida bo'ladi. Shunga muvofiq suyuqliklarda diffuziya gazlardagidan ancha sekin o'tadi. Lekin, kontsentratsiya gradienti katta bo'lganda, suyuqliklarda ham diffuziya koeffitsientining kichik bo'lishiga qaramay, diffuziya ancha tez o'tishi mumkin.

Diffuziya jarayoni qattiq jismlarda ham kuzatiladi; bunda ham Fik qonunini qo'llash mumkin. Biroq kattik jismlardagi diffuziya suyuqliklardagidan ham sekin o'tadi; qattiq jismlarning diffuziya koeffitsienti suyuq jismlarning diffuziya koeffitsientidan ancha kichik. Qattiq jismlarda diffuziya jarayonini temperaturani ko'tarish yo'li bilan tezlatish mumkin. Masalan: 2200 S temperaturada mis va ruxning zichlab qo'yilgan plastinkalari orasida 12 soatdan keyin mis va rux zarralaridan iborat 0,3 mm qalinlikdagi chegara qatlam hosil bo'ladi. Garchi mis va ruxning erish temperaturasi 2200 S dan ancha yuqori bo'lishiga qaramay (misning erish temperaturasi 10830 S va ruxniki 4190S), plastinkalar o'zaro Mustahkam kavsharlanib qoladi.

Qattiq kristall jismda zarralar bir-biriga juda yaqin joylashgan va fazoviy panjara tugunlari yaqinidagina tebranish imkoniga ega. Shuning uchun kristallardagi diffuziyani tushuntirish uchun, kristall panjaralarda "teshiklar" - zarralar bilan band bo'lmagan tugunlar bor deb faraz qilishga to'g'ri keladi. U holda tebranuvchi zarra qo'shni "bo'sh" ("vakant") tugunga o'tib ketishi mumkin, uning o'rniga boshqa zarra o'tadi va x.k.

Diffuziya jarayoni materiallar texnologiyasida juda muhim rol o'ynaydi.

Suyuq va qattiq jismlarning issiqlik o'tkazuvchanligi.

Qattiq va suyuq jismlardagi issiqlik o'tkazish jarayoni ham Fur'e qonuniga bo'ysunadi. Biroq, ularning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti gazlarnikidan ancha katta. Metallarda χ ning qiymati ayniqsa katta bo'ladi. Gazlarda issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti 10^{-3} , suyuqliklar va metallmas qattiq jismlarda 10^{-1} , metallarda $10 \text{ J}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{K})$.

Kumushning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti eng katta qiymatga ega, ya'ni $\chi = 423 \text{ J}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{K})$.

Qattiq va suyuq jismlarda issiqlik o'tkazuvchanlik jismni tashkil qilgan tebranuvchi zarralar (molekulalar, atom, ionlar) ning o'zaro ta'siri tufayli bo'ladi. Temperaturasi yuqori bo'lgan soxalardagi zarralarning eng intensiv tebranishlari qo'shni zarralarga o'tadi va asta-sekin butun jismga tarqaladi. Bundan tashqari metallarda ularning ichida harakatlanadigan erkin elektronlar bo'ladi, shu tufayli issiqlik o'tkazuvchanlik ancha ortadi, erkin elektronlar o'zlarining kinetik energiyalarini yuqori temperaturali soxalardan past temperaturali soxalarga bevosita o'tkazadilar. Issiqlik o'tkazishda erkin elektronlarning roli muhim ekanligi quyidagi dalillar bilan tasdiqlanadi: metallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti ularning elektr o'tkazuvchanlik koeffitsientiga taxminan proporsional. Suyuqlik va gazlarda issiqlik o'tkazish jarayonini konvektsiya yo'li bilan tezlatish mumkin, bunda ularning qizdirilayotgan qismi sovuq qismidan pastda bo'ladi.

Qattiq jismning issiqlik o'tkazuvchanligi uning strukturasiga bog'liq bo'ladi: g'ovak jismlarning issiqlik o'tkazuvchanligi juda kam bo'ladi, chunki g'ovaklarni to'ldirgan gazning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti ancha kichik bo'ladi.

Temperatura o'tkazuvchanlik.

Jismda issiqlik tarqala borgan sari jismning temperaturasi ko'tariladi, ya'ni jism qiziydi. Qizdirish boshlangandan bir oz vaqt keyin yuqori temperatura soxasi kizdirilaetgan joydan butun jismga tarqaladi. Bu jarayon (temperaturaning tarqalish jarayoni) temperatura o'tkazuvchanlik deyiladi.

Uning tezligi faqat jismning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ gagina emas, shu bilan birga solishtirma issiqlik sig'imi s va jismning zichligi ρ ga ham bog'liq bo'ladi. Tajriba va nazariyaning ko'rsatishicha, bu tezlik quyidagi nisbatga proporsional

$$K = \frac{\lambda}{-\rho} \quad (16.16)$$

Jismning qizish (yoki sovish) tezligini xarakterlovchi K kattalik temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsienti deyiladi. (16.16) ifodadan K ning o'lchov birligi m^2/s da ekanligini ko'ramiz. Temperatura o'tkazuvchanlik hodisasini quyidagi misol bilan namoyish qilaylik. Tajriba qo'rg'oshinning temirdan ko'ra tezroq qizishini (yoki sovishini) ko'rsatdi, xolbuki, temirning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti ($\lambda = 67,2 \text{ j/(m} \cdot \text{s} \cdot \text{K)}$) qo'rg'oshinning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti ($\lambda = 35,3 \text{ j/(m} \cdot \text{s} \cdot \text{K)}$) dan deyarli ikki marta katta. Demak, bu yerda gap qo'rg'oshinning temperatura o'tkazish koeffitsientining temirning temperatura o'tkazish koeffitsentidan katta bo'lganligida.

Jism sirti goh qizitib, goh sovutilsa, ya'ni jismda temperatura tebranishlari bo'lsa, bu tebranishlar jismning ichkarisiga ham uzatiladi. Temperatura tebranishlarining jism ichkariga kirish jismning temperatura o'tkazuvchanligiga bog'liq bo'ladi: temperatura o'tkazuvchanlik koeffitsienti qanchalik katta bo'lsa, bu tebranishlar ham ichkarisiga shunchalik ko'p kiradi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Fizikaviy kinetika nima?
2. Relaksatsiya vaqtining fizik ma'nosi qanday?
3. Sochilishning effektiv kesimi nima?
4. Ko'chirishning umumiy tenglamasini keltirib chiqaring.
5. Fik tenglamasini yozib bering va izohlang.
6. Fur'e tenglamasini yozib bering va izohlang.
7. Ichki ishqalanish uchun Nyuton qonuni qanday bo'ladi?
8. Suyuq va qattiq jismlarda diffuziya qanday kechadi?
9. Suyuq va qattiq jismlarda issiqlik o'tkazuvchanlik qanday kechadi?
10. Temperatura o'tkazuvchanlik nima?

Faza. Fazaviy o'tishlar. I-tur va II-tur fazaviy o'tishlar.

Faza deb moddaning mumkin bo'lgan muvozanat holatlaridan fizik xossalari bo'yicha farq qiluvchi termodinamik muvozanat holatiga aytiladi.

Modda turli agregat holatlar: qattiq, suyuq va gazsimon holatda bo'lishi mumkin. Bu holatlar moddaning fazalariga misol bo'la oladi. Lekin, faza tushunchasi agregat holat tushunchasidan kengroqdir. Moddaning ayni bir agregat holat doirasida, modda bir necha fazalarda, ya'ni bir-biridan o'zining tarkibi va tuzilishi jihatidan farq qiluvchi turli ko'rinishlarda bo'lishi mumkin. Masalan, qattiq jism –muz besh xil turli kristall ko'rinishlarda (fazalarda) uchrashi mumkin. Gaz atom- molekulyar va ionlashgan (plazma) ko'rinishida bo'lishi mumkin. Shuningdek, plazma o'z navbatida bir necha turli (gaz, razryad, izotermik va yuqori temperaturali plazma) ko'rinishda bo'lishi mumkin. Moddaning qaysi fazada bo'lishi modda zarralarining (atomlari, molekulari, ionlarning) o'rtacha kinetik kT va o'rtacha potensial energiyalari (P) orasida munosabatga bog'liq.

Agar $kT \gg P$ bo'lsa modda gaz holatida bo'ladi, chunki bunda zarralarning intensiv harakati ularning birlashishiga to'sqinlik qiladi. $P \gg kT$ da modda kattik holatda bo'ladi. Bunda zarralar bir-biriga tortilib, ma'lum tartib bilan joylashgan bo'ladi. $P \sim kT$ da modda suyuq holatda bo'ladi. Bunda zarralar issiqlik harakati tufayli harakat qilib o'rinlarini almashtirishlari mumkin, lekin ma'lum minimal masofadan uzoqqa ketmaydilar. Yuqoridagi munosabatlar o'z navbatida tashqi sharoitlarga: temperatura va bosimga bog'liq. Yuqori temperatura va past bosimlarda modda qattiq, temperatura va bosimning oraliq qiymatlari moddaning suyuq holatiga mos keladi. Shunday qilib, moddaning fazaviy o'tishlari temperatura va bosimning o'zgarishlari tufayli sodir bo'ladi. Fazaviy o'tish natijasida moddaning xususiyatlari sifat jihatidan o'zgaradi. Fazaviy o'tishga moddaning bir agregat holatdan boshqasiga o'tishi yoki tarkibi, tuzilishi va xossalari o'zgarishi (misol uchun kristall holidagi moddaning bir modifikatsiyadan boshqasiga o'tishi) bilan bo'ladigan o'tishlar misol bo'la oladi.

Fazaviy o'tishlarning ikki turini farqlaydilar. I- tur fazaviy o'tish (misol uchun, erish, kristallanish va hakoza) fazaviy o'tish issiqligi deb ataluvchi ma'lum issiqlik miqdorini yutish yoki chiqarish bilan sodir bo'ladi. I-tur fazaviy o'tishlar temperaturaning doimiyliigi, entropiya va hajmning o'zgarishi bilan farqanadi. Buni quyidagicha tushuntirish mumkin: misol uchun erishda kristall panjarani buzish uchun unga ma'lum issiqlik miqdori uzatish kerak. Bunda berilayotgan issiqlik energiyasi jismni isitish uchun emas, atomlararo bog'lanishlarni uzish uchun sarflanadi, Shuning uchun erish doimiy temperaturada sodir bo'ladi. Bunday tartib darajasi yuqori bo'lgan kristall holatdan, tartib darajasi past bo'lgan suyuq holatga o'tishda betartiblik darajasi ortadi va termodinamikaning II-qonuniga ko'ra bunday jarayonda tizimning entropiyasi ortadi. Agar jarayon teskari yo'nalishda borsa (kristallanish), issiqlik ajralib chiqadi.

Issiqlik yutish yoki ajralishi, hajmning o'zgarishi bilan bog'liq bo'lmagan o'tishlar II-tur fazaviy o'tishlar deb ataladi. Bunday o'tishlar hajm va entropiyaning o'zgarmasligi va issiqlik sig'imining sakrab o'zgarishi bilan tavsiflanadi. II-tur fazaviy o'tishlar L.D.Landauning ishlarida tushuntirilgan. Unga ko'ra II-tur fazaviy o'tishlar simmetriyaning o'zgarishi bilan bog'liq: fazaviy o'tishning o'tish temperaturasidan yuqoriroq temperaturalarda tizimning simmetriya darajasi o'tish darajasidan past temperaturalardagiga qaraganda yuqoriroq bo'ladi. II-tur fazaviy o'tishlarga ma'lum bosim va temperaturalarda

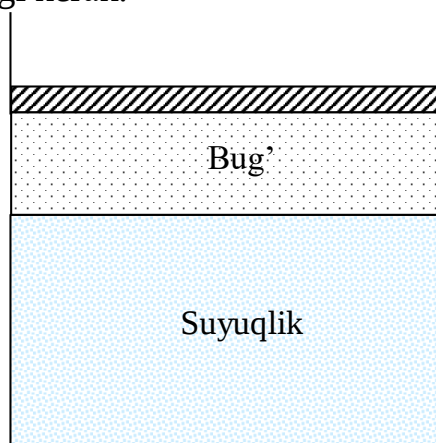
ferromagnit moddaning (temir, nikel) paramagnit holatga o'tishi; metallar va ba'zi qotishmalarning 0 K ga yaqin temperaturalarda elektr qarshiliklarining sakrash bilan nolgacha kamayishi bilan harakterlanuvchi o'ta o'tkazuvchan holatga o'tishi; oddiy suyuq geliyning (geliy I) $T=2,9\text{K}$ da o'ta oquvchanlik xossasiga ega bo'lgan suyuq modifikatsiyasiga (geliy II) o'tishi misol bo'la oladi.

Fazalarning muvozanatda bo'lish sharti.

Tizimni tashkil etuvchi va bir-biriga tegib turuvchi fazalari o'zaro muvozanatda bo'lishini tushunish uchun suyuqliq va uning bug'idan iborat bo'lgan ikki fazali tizim bilan tanishaylik. Boshlang'ich paytda biror idish hajmining ma'lum qismida suyuqliq, qolgan qismi bo'shliqdan iborat bo'lsin. Bu bo'shliqni suvdan bug'lanish tufayli chiqayotgan gazsimon fazaga o'tayotgan molekulalar egallay boshlaydi: bug'ning bosimi ortib boradi. Bosim ortib borishi bilan gazsimon fazadan suyuq fazaga o'tayotgan molekulalarning soni xam ortib boradi. Berilgan xarorat uchun bug' bosimining biror qiymatida istalgan vaqt oralig'ida suyuqlikdan chiqib ketayotgan va unga qaytib tushayotgan molekulalarning soni o'zaro tenglashib qoladi. Tizimni tashkil qilgan har bir fazadagi modda miqdori vaqt o'tishi bilan o'zgarmay qoladi, ya'ni suyuq faza bilan gazsimon faza o'rtasida dinamik muvozanat vujudga keladi.

Bulardan ko'rinadiki, fazalar o'rtasida statistik muvozanat vujudga kelishi uchun:

1. Tizimning hamma qismlarida harorat bir xil qiymatga ega bo'lishi va u vaqt o'tishi bilan o'zgarmasligi kerak.



17.1-rasm

2. Tizimning hamma qismlarida bosim bir xil qiymatga ega bo'lib, vaqt o'tishi bilan u ham o'zgarmay qolishi kerak. Endi suyuqlik bilan muvozanatda turgan bug' hajmini porshenni siljitish orqali kamaytiraylik (yoki oshiraylik). Bunda bug' bosimi ko'payib (kamayib) tizimning muvozanat holati buziladi. Bug' (suyuqlik) ning qo'shimcha bir qismi suyuqlik (bug')ga aylangandan so'ng tizim yana muvozanat holatiga keladi. Demak, bunday sharoitlarda fazalar aylanishi kuzatilib, ba'zi fazalarning ortib borishi, boshqalarning esa kamayib borishi kuzatiladi. Fazalar o'rtasida muvozanat hosil bo'lishi uchun uchinchi zaruriy shart

- tizim tarkibidagi har bir faza massasining vaqt o'tishi bilan o'zgarishdan qolish sharti bajarilishi kerak. Bu qanday sharoitda bajarilishini ko'rib o'taylik. Tizimda o'z- o'zidan sodir bo'luvchi qaytmas jarayon uchun

$$dQ < TdS \quad (17.1)$$

ni yozish mumkin. Termodinamikaning I-qonuni

$$dQ = dU + PdV$$

dan foydalanib (19.1)ni

$$dU + PdV - TdS < 0 \quad (17.2)$$

ko'rinishda yozish mumkin. Gibbs potentsiali

$$G = U - TS + PV$$

va uning $dG = dU - TdS - SdT + PdV + VdP$ ko'rinishdagi ifodasidan foydalanib (17.2) tengsizlikni

$$dG + SdT - VdP < 0 \quad (17.3)$$

ko'rinishda yozish mumkin. Birinchi va ikkinchi shartlardan $dt = 0$, $dP=0$ va (17.3)

$$dG < 0$$

ko'rinishga keladi. Bundan ko'rinadiki, tizimning harorati va bosimi o'zgarishdan qolganda, Gibbs potentsialining kamayishiga olib keluvchi, o'z - o'zidan sodir bo'luvchi jarayonlarni kuzatish mumkin. Yuqoridagi misolda suyuq faza massasi m_1 , gazsimon faza massasi m_2 bo'lsin. Fazalar aylanishida, tizimning to'la massasi o'zgarmay qoladi:

$$m = m_1 + m_2 = const$$

Suyuq va gazsimon fazalardagi moddalar solishtirma Gibbs potentsiallarini mos ravishda g_1 va g_2 orkali belgilasak, butun tizimning Gibbs potentsiali

$$G = m_1 g_1 + m_2 g_2$$

bo'ladi. Suyuqlikning solishtirma Gibbs potentsiali bug'nikidan kichik bo'lsa, tizim Gibbs potentsialining kamayib borishi uchun gazsimon faza suyuq fazaga o'tib boradi. Agar

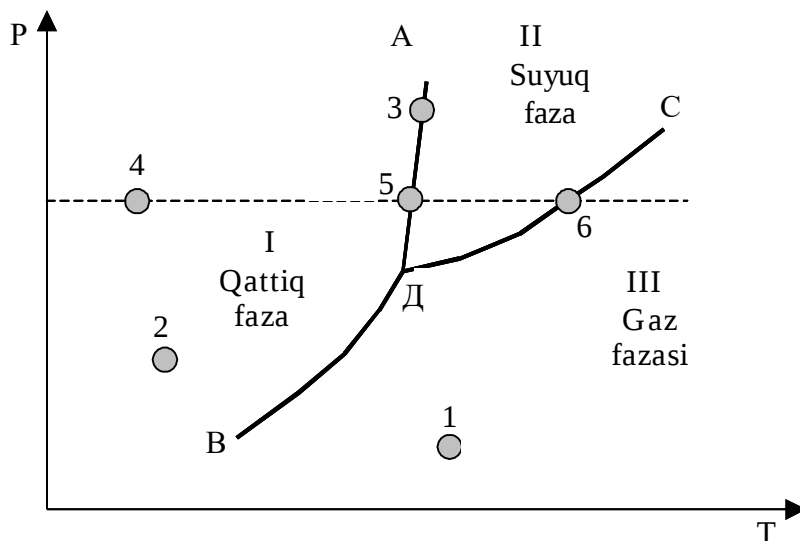
$$g_1(P, T) = g_2(P, T)$$

bajarilsa, ikkala faza o'zaro muvozanat holatida bo'ladi. Yuqoridagi muloxazalar faqat suyuqlik va uning bug'idan iborat ikki fazali tizim uchungina emas, balki har qanday tizim uchun o'rinlidir. Bir qancha fazalardan tashkil topgan tizim uchun

$$g_1(P, T) = g_2(P, T) = \dots = g_n(P, T)$$

Demak, bir necha fazalardan tashkil topgan tizimning harorati va bosimi o'zgarishsiz saqlab turiladigan hollarda tizimdagi barcha fazalar o'rtasidagi muvozanatni vujudga kelishining sharti hamma fazalar solishtirma Gibbs potentsiallarining o'zaro teng bo'lishidan iborat ekan.

Fazalar diagrammalari. Uchlangan no'qta.



17.2-rasm

Biror modda fazalarining mavjudligi shartlarini (ya'ni temperatura va bosimni) son jadvali vositasida tavsiflash o'rniga hamma vaqt T (temperatura) va P (bosim) koordinata o'qlari bulgan grafikdan foydalaniladi. Bunday grafik holatlar diagrammasi yoki fazalar muvozanati diagrammasi deyiladi. 18.2-rasmda moddaning sifatli holatlar diagrammasi ko'rsatilgan. Diagramma maydoni AD, VD va SD chiziklar bilan uchta sohaga bo'linadi, bu sohalar I kattik: II suyuq: III gazsimon fazalarning mavjudlik shartlariga to'g'ri keladi. Diagrammaning chiziqlari fazaviy muvozanat egri chiziqlari deyiladi. Bu egri chiziqlar ikki qo'shni fazalarning kerakliha uzok birgalikda mavjudlik muvozanat shartlariga mos keladi. D nuqta uchlanma nuqta deb ataladi: bu nuqta moddaning uchala fazasining mavjudlik shartlariga mos keladi. Masalan, suvning uchlanma nuqtasi ayni bir vaqtda o'zaro bir-biriga tegishib turgan muzning, suvning va suv bug'larining ayni bir vaqtda mavjudligiga mos keladi. Suvning uchlanma nuqtasi $T=273,15\text{ K}$ temperatura va $P = 4.58\text{ mm.sim.ust. bosim}$ bilan harakterlanadi. Fazalar muvozanati diagrammasi muayyan modddaning muayyan sharoitlarda (P va T_d) qaysi holatda bo'lishi masalasini aniqlashda juda qulay. Bu savolga diagrammada berilgan koordinatlar (P, T) bo'yicha nuqtani yasab javob olish mumkin. Masalan, 1 nuqtaga tegishli sharoitlarda modda gazsimon holatda, 2 nuqtaga mos sharoitlarda qattiq holatda, 3 nuqtaga mos sharoitlarda esa bir vaqtda qattiq va suyuq holatlarda (fazalar muvozanati) bo'ladi.

Diagrammada, shuningdek, modda holatining o'zgarish jarayonlarini tasvirlash ham qulay. Masalan, qattiq holatda bo'lgan (4 nuqta) moddaning izobarik ($P=\text{const}$) qizishi abstsissalar o'qiga parallel bo'lgan uzuq to'g'ri chiziq bilan tasvirlanadi. Bu to'g'ri chiziq 5 nuqtaga mos temperaturada jism eriy boshlashini kursatadi, 6 nuqtaga mos temperaturada gazga aylana boshlaydi va temperatura yanada ko'tarilganda butunlay gazsimon holatga o'tadi.

Klapeyron-Klauzius tenglamasi. Kritik no'qta.

Bitta modda ikki fazasining muvozanat chizig'ini hisoblash usulini termodinamika beradi. Fazaviy o'tishda bosimning o'zgarishi bilan temperaturaning o'zgarishini Klapeyron-Klauzius tenglamasi

$$dT = \frac{T(V_2 - V_1)}{L} dp$$

yordamida aniqlash mumkin. Bu yerda L-fazaviy o'tish issiqligi (misol uchun, bug'lanish issiqligi, erish issikligi), $V_2 - V_1$ bir fazadan ikkinchisiga o'tganda hajmning o'zgarishi, T-o'tish temperaturasi. Klapeyron-Klauzius tenglamasi muvozanat chiziqlarining og'ishini aniqlashga imkon beradi. L va T musbat bo'lganligi uchun og'ish $V_2 - V_1$ ning ishorasi bilan aniqlanadi. Suyuqliklarning bug'lanishi va qattiq jismlarning sublimatsiyasida modda hajmi ortadi, shuning uchun $dP/dT > 0$ demak bunday jarayonlarda tashqi bosimning ortishi temperaturaning ortishiga olib keladi va aksincha. Aksariyat ko'p moddalarning erishida hajmi odatda ortadi, ya'ni demak bosimning ortishi erish temperatura-sining ortishiga olib keladi. Ba'zi bir moddalar (N_2O , Ge, cho'yan) uchun esa suyuq faza hajmi qattiq faza hajmidan kichik, ya'ni $dT/dP < 0$ demak, bosimining ortishi erish temperaturasining pasayishiga olib keladi.

Fazalar diagrammasidan (17.2-rasm) ko'rinib turibdiki, bug'lanish chizig'i kritik no'qta K da tamom bo'layapti. Natijada suyuq holatdan gaz holatiga o'tish uzluksiz ravishda bug'lanish chizig'ini kesmagan holda kritik no'qtani aylanib o'tib ro'y berishi mumkin (17.2-rasm 1-2 o'tish); bunday o'tish fazaviy aylannishsiz sodir bo'lmoqda. Buning sababi gaz va suyuqlik o'rtasidagi tafovut miqdoriy xolos (ikkala holat, misol uchun izotropdir). Qattiq - kristall (anizotropiya bilan harakterlanuvchi) holatdan suyuq yoki gaz holatiga o'tish sakrab, fazaviy o'tish vositasida bo'ladi va Shuning uchun erish va sublimatsiya chiziqlari, bug'lanish chizig'iga o'xshab, uzilib qolmaydi. Erish chizig'i cheksizlikka intiladi; sublimatsiya chizig'i $P = 0$ va $T = 0$ bo'lgan no'qtaga boradi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Faza nima?
2. Agregat holat nima?
3. I-tur fazaviy o'tish haqida so'zlab bering.
4. II-tur fazaviy o'tish haqida so'zlab bering.
5. Termodinamik funktsiyalar to'g'risida tushuncha bering.
6. Fazalarning muvozanatda bo'lish sharti qanday?
7. Fazalar diagrammasini tushuntiring.
8. Uchlangan no'qta nima?
9. Klapeyron-Klauzius tenglamasini yozing.
10. Kritik no'qta nima?

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 gacha
Mashg'ulot shakli	Kirish-axborotli ma'ruza
Ma'ruza rejasi	1. Tebranish jarayonlari haqida umumiy ma'lumot. 2. Garmonik tebranishlar. Mexanik garmonik tebranishlar tenglamasi. Ularning yechimi va talqini. 3. Prujinali tebrangich mayatnik, tebranish konturi. 4. Garmonik tebranishlar amplitudasi, siklik chastotasi va fazasi. 5. Tebranishlarni qo'shish. 6. Tebranma harakat qilayotgan jismning energiyasi. 7. Sunuvchi va majburiy tebranishlar. Erkin sunuvchi tebranishlar. Rezonans
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Tebranma xarakat turlari va uni asosiy ifodalovchi formulalari urganish.	
Pedagogik vazifalari: 1. Tebranma harakat 2. Garmonik tebranma harakat 3. Matematik va fizik mayatniklar	O'quv faoliyatining natijalari: 1. Tebranma harakat nima 2. Qanday tebranishlar garmonik tebranishlar 3. Garmonik tebranma harakat tenglamasi 4. Matematik va fizik mayatniklarning tebranish davri formulalari 5. Garmonik tebranma harakatda tezlik va tezlanishni tushunchsi 6. Tebranish davri, chastotasi va amplitudasini 7. Tebranma harakatda faza va siljish haqida tushuncha 8. Garmonik tebranma harakatda to'liq mexanik energiya
Ta'lim berish usullari	Ko'rgazmali ma'ruza suhbatlari
Ta'lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy
Ta'lim berish vositalari	O'quv qullanma proektor slaydlar
Ta'lim berish sharoiti	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og'zaki nazorat, savol-javob

Ma'ruza holatining texnologik kartasi

Bosqichlar, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchi	talaba
1-bosqich. Kirish(5 min.)	1.1. Mavzu, maqsad va rejalashtirilgan o`quv natijalarini e`lon qiladi. 1.2. Reja va muammoli holatlatlarni ifodalovchi savollarni ekranga chiqaradi.	1.1.Eshitadilar, yozib oladilar. 1.2.E`tabor beradilar.
2-bosqich. .Bilimlarni faollashtirish (10 min).	2.1. Asosiy kategoriya va tushunchalarni va ma'ruza oxirida yechiladigan masalalarni namoyish qiladi. 2.2.O`quv faoliyatini baxolash mezonlari malum qilinadi.	
3bosqich. Asosiy (55 min.)	3.1. Ma`ruza davomida asosiy tushunchalarni qayd etish lozimligini uqtiradi.Talabalar yozib olishlarini takidlaydilar 3.1.Davriy jarayonlar. Gormonik tebranishlar. 3.2.Xususiy tebranishlar. Gormonik tebranishlar energiyasi. 3.3.Sunuvchi tebranishlar. So`nishning log`orifmik dekermenti. 3.4.Majburiy tebranishlar	3.1.Asosiykatt aliklar, ifodalarni yozadilar 3.2. Yozadilar. 3.3. Berilgan chizmalarni chizib oladilar.
4- bosqich. Yakuniy (10 min.)	4.1.Mavzuga xulosa yasaydi.O`quv jarayonida faol ishtirok etgan talabalarbi rag`batlantiradi. 4.2. Mustaqil ishlash va nazariy bilimlarni mustaxkamlash. Mustaxkamlash uchun savvolarni beradi:	4.1.eshitadi. 4.2.topshiriqni yozib oladilar.

14-ma'ruza. JISMLARNING TEBRANMA HARAKATI.

Reja

- 1. Tebranish jarayonlari haqida umumiy ma'lumot.**
- 2. Garmonik tebranishlar. Mexanik garmonik tebranishlar tenglamasi. Ularning yechimi va talqini.**
- 3. Prujinali tebrangich mayatnik, tebranish konturi.**
- 4. Garmonik tebranishlar amplitudasi, siklik chastotasi va fazasi.**
- 5. Tebranishlarni qo'shish.**
- 6. Tebranma harakat qilayotgan jismning energiyasi.**
- 7. Sunuvchi va majburiy tebranishlar. Erkin sunuvchi tebranishlar. Rezonans**

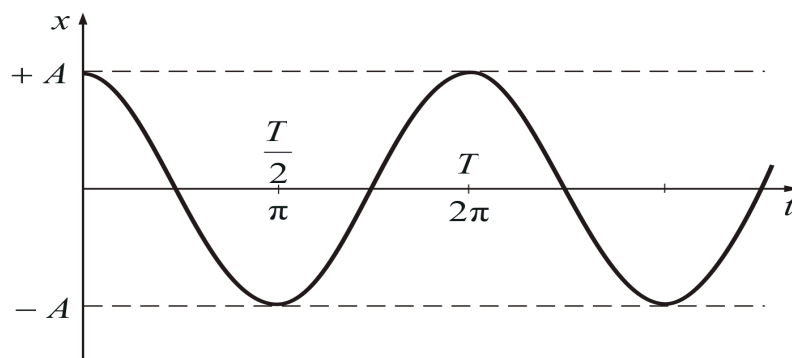
U yoki bu darajada takrorlanuvchanligi bilan ajralib turadigan proseslarga tebranishlar deb ataladi. Ana shunday takrorlanuvchanlik xossasiga, Masalan: soat mayatnigining tebranishi kompyutertoring oqchalarining tebranishi radiopriemnik konturidagi kondensator koplamalari orasidagi kuchlanishning tebranishi va xakazolar.

Takrorlanayotgan prosesning fizik tabiatiga qarab tebranishlar: Mexanik, elektromagnit, elektromexanik va xakazo-larga ajraladi. Tebranishlar tabiatda va texnikada keng tarqalgan. Kuch xollarda ular salbiy ta'sir ko'rsatadi. Relslarning qo'shish joyidan utaetgan poezdning gildiragi beradigan turtkilar ta'sirida kuprikning tebranishi, samolet kanotlarining tebranishi bo'lar xalokatga olib keluvchi tebranishlar hisoblanadi. Shu bilan birga tebranma proseslar texnikaning turli soxalari asosiy ahamiyatga ega. Masalan: radiomexanika tebranma proseslarga asoslangan. Tebranma proseslar ta'sirining harakteriga qarab, tebranishlar erkin tebranishlarga, majburiy tebranishlarga va avtotebranishlarga bo'linadi. Bir marta turtki berganda yoki muvozanat holatdan chikarib kuyib yorsa unda tebranish vujudga keladi bunga erkin tebranish bo'ladi Davriy ravishda o'zgaruvchi tshki kuch ta'siri ostida bo'ladigan tebranishlar majburiy tebranishlar deb yuritladi. Bunga kuprikning ustidan odamlar tartibli kadam tashlab utaetgan kuprikning tebranishlari misol bo'ladi. Avto tebranishlar vaqtida majburiy tebranishlardagi kabi tebranuvchi sistemaga tashqi kuchlar ta'sir qiladi biroq bunday ta'sir ko'rsatilishi zarur bo'lgan vaqt momentlarini tebranuvchi sistemaning o'zi belgilaydi. Tashqi ta'sirni sistemaning o'zi boshqaradi. Avto tebranuvchi sistemaga soat misol bo'lishi mumkin. Mayatnik kutarib quyilgan toshning yoki buralgan prujinaning enyergiyasi hisobiga turtki olib turadi. Bunda bu turtkilar mayatnik urta holatidan utaetgan momentlardagina byeriladi. Parametrik tebranishlar vaqtida tashqi ta'sir hisobiga sistemaning biror parametri Masalan: tebranaetgan sharcha osilib tungan ipning o'zunligi davriy ravishda o'zgarib turadi. Eng sodda tebranish bu garmonik tebranishdir. Garmonik tebranish bu shunday xodisaki, unda tebranuvchi kattalik vaqt bo'yicha sinus yoki kosinus qonuni bo'yicha o'zgaradi.

Garmonik tebranishlar. Differensial tenglama.

Prujinaga osib quyilgan m massali sharchadan iborat sistemani qarab chiqaylik muvozanat holatda mg kuch $k\Delta l$ elastik kuchi bilan muvozanatlashadi:

Sharchani muvozanat holatidan ogishini X o'qni pastga vyertikal yo'naltirib o'qning nolini sharchaaning muvozanat holati bilan ustma-ust tushiramiz.



Agar sharchaning muvozanat holatdan X masofaga ogdirsak, u holda prujina $\Delta l_0 + x$ ga o'zaygan bo'ladi va natijaviy kuchning X o'qqa proeksiyasi (bu proeksiyani to'g'ridan-to'g'ri F harfi bilan belgilaymiz. Quyidagi ko'rinishni oladi

$$F = mg - k(\Delta l_0 + x) \quad (18.1)$$

Muvozanat shartini e'tiborga olsak,

$$F = mg - k\Delta l_0 - kx = k\Delta l_0 - kx = -kx \quad (18.2)$$

(18.2) formulada "(-)" ishora siljish bilan kuch qarama-qarshi yo'nalganini anglatadi. Agar sharcha muvozanat holatdan pastga qarab ogsa, ($X > 0$) kuch yuqoriga qarab yo'naladi ($f < 0$) sharcha yuqoriga qarab yo'nalsa ($x < 0$) kuch pastga qarab yo'naladi. ($f > 0$) shunday qilib, f kuch quyidagi xossaga ega ekan.

- 1) Sharchaning muvozanat holatdan siljishiga proporsional,
- 2) Doim muvozanat holatga qarab yo'naladi. Bu qarab chikkan misolimizda (2) kuch aslida o'z tabiati bilan elastik kuchdir. Odatda bunday ko'rinishdagi kuchlar ularning tabiatidan kat'iy nazar kvazielastik kuch deb ataladi.

Sistemani X ga siljishi uchun kvazielastik kuchga qarshi quyidagicha ish bajaradi.

$$A = \int_0^x (-F) dx = \int_0^x kx dx = k \int_0^x x dx = \frac{kx^2}{2}$$

Bu ish sistemaning potensial enyergiyasi zapasini vujudga keltirishga sarflanadi. Demak, kvazielastik kuch ta'sir ko'rsataetgan sistema muvozanat holatda X masofaga siljiganda

$$E_p = \frac{kx^2}{2} \quad (18.3)$$

potensial enyergiyaga ega bo'lar ekan (muvozanat holdagi potensial enyergiyani nolga teng deb olamiz). Yana oldingi rasmda tasvirlangan sistemaga murojaat kilaylik. Sharchani $X=a$ siljitib sungra sistemani o'z xoliga kuyamiz. $F = -kx$ kuch ta'sirida sharcha muvozanat holatga qarab tobora ortib boruvchi $\vartheta = x'$

tezlik bilan harakatlanadi. Bunda sistemaning potensial energiyasi kupayib boradi. Lyokin ortib boruvchi $E_k = \frac{mv^2}{2}$ kinetik energiya maydonga keladi.

Sharcha muvozanat holatga kaytgandan keyin ham inersiyabilan harakatini davom ettiradi. Bu harakat sekinlanuvchan bo'lib, kinetik energiya batamom potensial energiyaga aylangach, yana sharchaning siljishi a ga teng bulgach, tuxtab kolmaydi. Sungra sharcha orkaga qarab kaytgan vaqtda ham xuddi shunday prosess sodir bo'ladi. Agar sistemada ishqalanish bo'lmasa, sistemaning energiyasi saqlanib koladi va sharcha $x=a$ dan $x=-a$ gacha oraliqda cheksiz o'zok vaqt harakatlanadi. Sharcha uchun Nyutonning II qonunining tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$m\ddot{x} = -kx$$

Bu tenglamani quyidagicha o'zgartiramiz.

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \quad (18.4)$$

X oldidagi koeffisient musbat. Shuning uchun uni quyidagi ko'rinishda ezish mumkin.

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m} \quad (18.5)$$

haqiqiy son (4) ga (5) kuyib quyidagini hosil qilamiz.

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 \quad (18.6)$$

Shunday qilib, (2) ko'rinishdagi kuch ta'siridagi sharchaning harakati ikkinchi darajali chiziqli bir jismli differensial tenglama bilan ifodalanar ekan (2) tenglamani umumiy echimi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$x = a \cos(\omega_0 t + \alpha) \quad (18.7)$$

bu yerda a va ixtiyoriy kattaliklar. Shunday qilib, x siljish vaqtga qarab kosinus qonuni bilan o'zgarar ekan. Demak, $F=-kx$ ko'rinishdagi kuchning ta'siri ostida tugan sistemaning harakati garmonik tebranishdan iborat ekan. Gorizontal o'q bo'ylab, t ni vaqtni vyertikal o'q bo'ylab x siljishni kosinusni qiymati -1 bilan +1 oraliqda X ni qiymati -a dan a gacha chegarada etadi.

Sistemaning muvozanat holatining eng katta ogishi tebranish amplitudasi kosinus ishorasi ostidagi $(\omega t + \alpha)$ kattalik tebranish fazasi deyiladi. $t=0$ bo'lganda α ga boshlangich fazoviy davr deb bir marta to'liq tebranish uchun ketgan vaqt tebranish davri deyiladi. U quyidagi shartdan topiladi.

$$[\omega_0(t+T) + \alpha] = [\omega_0 t + \alpha] + 2\pi \quad T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (18.8)$$

Vaqt birligi ichidaagi tebranishlar soni tebranishlar chastotasi deyiladi.

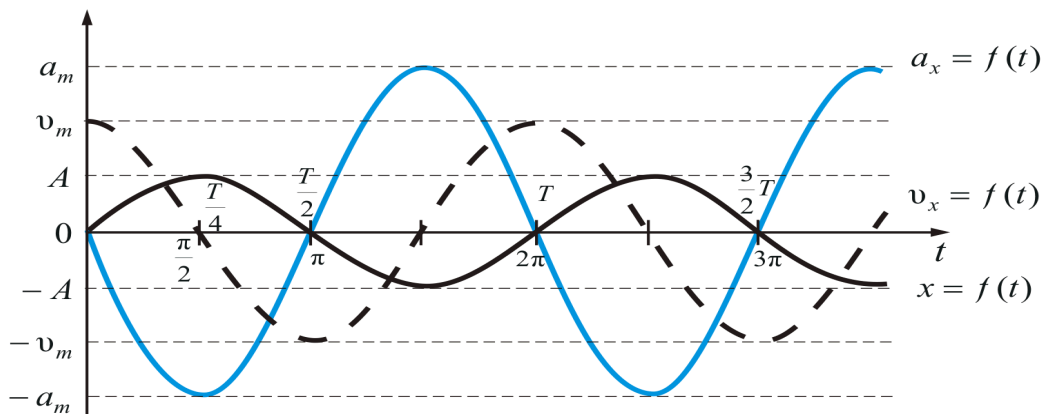
$$\nu = \frac{1}{T}$$

Chastota birligi deb bir sekunda teng bo'lgan tebranishning chastotasi qabul qilingan. Bu birlik 1Gs deb ataladi.

103 gs kilogyers 106 gs mego gyers deyiladi. (18.8) dan $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$

Shunday qilib, $\omega_0, 2\pi$ sekund ichidagi tebranishlar sonidan iborat ekan. ω_0 kattalikni siklik chastota deyiladi. U odatdagi chastota bilan kuiydagicha borliq

$$\omega = 2\pi\nu \quad (18.11)$$



(18.7) formulani vaqt bo'yicha differensiallab, tezlik ifodasini topamiz.

$$\mathcal{V} = \dot{x} = -a\omega_0 \sin(\omega_0 t + \alpha) = a\omega_0 \cos(\omega_0 t + \alpha + \frac{\pi}{2}) \quad (18.12)$$

formuladan kurinib turibdiki, tezlik ham garmonik qonun bo'yicha o'zgarar ekan. Tezlikning amplitudasi esa $a\omega_0$ ga teng. (18.7) va (18.12) ni solishtirsak, tezlik siljishining faza bo'yicha $\pi/2$ ga ilgari rorishini kuramiz. (12) formulani yana bir marta differensial tezlanishni topamiz.

$$\mathcal{A} = \ddot{x} = -a\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \alpha) = a\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \alpha + \frac{\pi}{2}) \quad (18.13)$$

(18.13) formuladan tezlanish bilan siljish qarama-qarshi fazada degan xulosa chiqadi. Bu shuni ko'rsatadiki, siljish eng katta musbat qiymatga erishganda tezlanish eng katta manfiy qiymatga erishadi. Tezlik siljish va tezlanish formulasini topish mumkin.

$$x_0 = a \cos, \quad \mathcal{V}_0 = -a\omega_0 \sin \alpha$$

bo'lardan quyidagini topamiz.

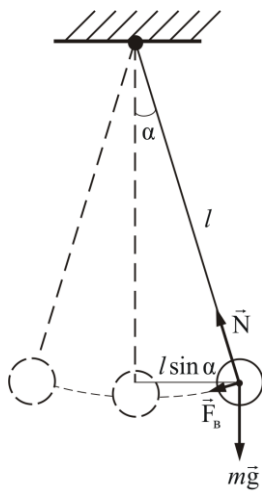
$$a = \sqrt{x_0^2 + \frac{\mathcal{V}_0^2}{\omega_0^2}}; \quad \operatorname{tg} \alpha = -\frac{\mathcal{V}_0}{x_0 \omega_0} \quad (18.14)$$

Matematik mayatnik

Matematik mayatnik deb ingichka cho'zilmas vaznsiz ogirligi bir nuqtaga tushgan sistemaga aytiladi. Ipga osib quyilgan. Mayatnik muvozanat holatdan oggan paytda $M = m\omega \cdot l \sin \varphi$ ga teng aylantiruvchi moment yo'zaga keladi. Shu xususiyati bilan kvazi elastik kuchga uxshaydi. Shu sababdan siljish bilan kuch M moment bilan burchak siljishga qarama-qarshi ishoralar byerilishi kyerak.

$$M = -mgl \sin \varphi \quad (18.15)$$

Mayatnik uchun aylanma harakat dinamikasining tenglamasini ezsak, burchak tezlanishni $\ddot{\varphi}$ bilan belgilab inersiya momentini ml^2 deb olib



$$ml^2 \ddot{\varphi} = -mgl \sin \varphi$$

$$\ddot{\varphi} + \frac{g}{l} \sin \varphi = 0 \quad (18.16)$$

Kichik tebranishlarni tekshirish bilan chegaralanib $\sin \varphi \approx \varphi$ deb va $\frac{g}{l} = \omega_0^2$ (18.17) belgilash kiritib

$$\ddot{\varphi} + \omega_0^2 \varphi = 0 \quad (18.18)$$

buning echimini ikkinchi tartibli diffyernsial tenglama echimi

$$\varphi = a \cos(\omega_0 t + \alpha)$$

Demak, kichik tebranishlar uchun matematik mayatnik ogish burchagi vaqt bo'yicha garmonik o'zgarar ekan. (18.17) dan va $T = 2\pi/\omega_0$ formuladan foydalansak

$$T = 2\pi \sqrt{l/g} \quad (18.19)$$

Matematik mayatnik tebranish davri.

Fizik mayatnik

Ma'lum og'irlikka ega bo'lgan va og'irlik markazi bilan ustma-ust tushmaydigan nuqtaga osilgan jismdan iborat burchak sistemaga fizik mayatnik deb ataladi. Mayatnik φ burchakka burilgandan paydo bo'lgan kaytaruvchi kuch $mgl \sin \varphi$ va uning momenti

$$M = -mgl \sin \varphi \quad (18.20)$$

I - mayatnikning osilish nuqtasi bilan inersiya markazi oraligidagi masofa M bilan φ ning yo'nalishlari qarama-qarshi bo'lgani uchun "-" ishora quyilgan. Mayatnikning osilish nuqtasi orqali o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momentini I harfi bilan belgilab quyidagini ezamiz.

$$I \ddot{\varphi} = -mgl \sin \varphi \quad (18.21)$$

Kichik tebranishlar uchun

$$\ddot{\varphi} + \omega_0^2 \varphi = 0 \quad (18.22) \quad \text{bunda}$$

$$\omega_0^2 = \frac{mgl}{I} \quad (18.23)$$

Fizik mayatnikning tebranish davri T .

$$T = 2\pi \sqrt{I/mgl} \quad (18.24)$$

Fizik mayatnikni keltirilgan o'zunligi $L = I/ml$ belgilab, tebranish davrini

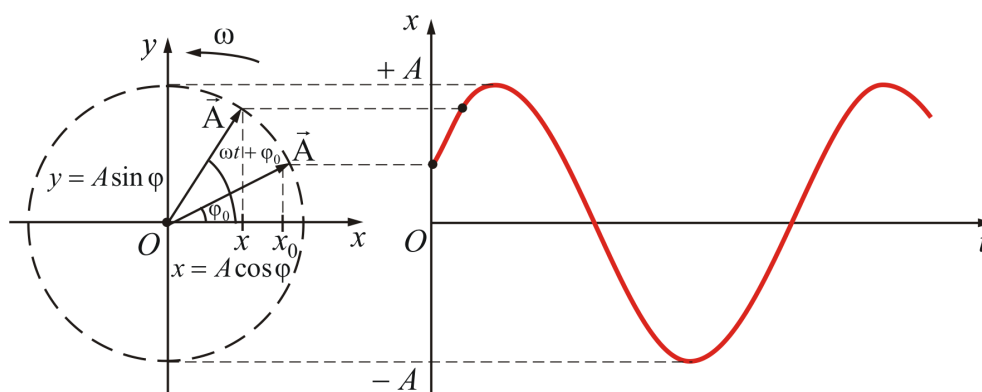
$$T = 2\pi \sqrt{L_{KH}/g} \quad (18.25)$$

ko'rinishda ezish mumkin.

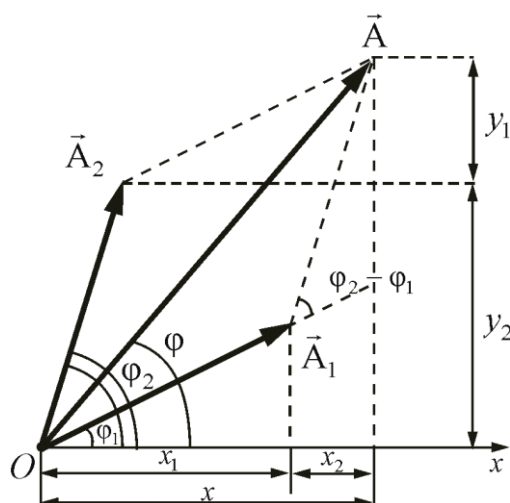
Savol: Qanday mayatniklarni fizik mayatnik deb atash mumkin?

Bir xil yo'nalishdagi tebranishlarni qo'shish.

Biz jism bir vaqtda bir yo'nalish yoki turli yo'nalishlar bo'ylab sodir bulaetgan bir necha tebranishlarda ishtirok etadigan xollar ham uchrashi mumkin.



Masalan, agar sharchani prujina yordamida resorlarda tebranaetgan vagonning shipiga osib kuysak, bu holda sharchaning Yerga nisbatan harakati vagonning Yerga nisbatan tebranishlardan tashkil topadi. Yo'nalishlari va chastotalari bir xil bo'lgan ikkita garmonik tebranishlarning qo'shishini qarab chiqaylik. Tebranuvchi jismning x siljishi quyidagidek ko'rinishga ega bo'lgan x_1 va x_2 siljishlarning yig'indisidan iborat.



$$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \alpha_1)$$

vektorlarning qo'shish

$$x_2 = A_2 \cos(\omega t + \alpha_2) \quad (18.26)$$

qoidasiga binoan $x = x_1 + x_2$

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1) \quad (18.27)$$

$$\tan \alpha = \frac{A_1 \sin \alpha_1 + A_2 \sin \alpha_2}{A_1 \cos \alpha_1 + A_2 \cos \alpha_2} \quad (18.283)$$

Agar x_1 va x_2 tebranishlarning chastotalari har xil bo'lsa, A_1 va A_2 vektorlar har xil tezliklar bilan aylanadi. Bu holda natijaviy vektorning kattaligi pulsasiyalanib

turadi va y o'zgaruvchan tezlik bilan aylanadi. Demak, bu holda natijaviy harakat garmonik tebranish emas, qandaydir murakkab tebranma prosessdan iborat bo'ladi.

Titrash

Ikkisi bir tomonga yo'nalgan qo'shishi garmonik tebranishlarning chastotalari juda kam farq qiladigan holda alohida ahamiyatga ega. Bunday sharoitda natijaviy harakatni pulsasiyalanuvchi amirulidasi garmonik tebranish deb qarash mumkin ekanligini ko'rsataylik. Bunday tebranishlar titrash deyiladi.

Tebranishlardan birining chastotasini ω bilan, ikkinchisini esa $\omega + \Delta\omega$ bilan belgilaymiz. Shartga binoan $\Delta\omega \ll \omega$. Ikkala tebranishning amplitudasini bir xil va a ga teng deb olamiz. U vaqtda bu ikki tebranishning tenglamalari quyidagi ko'rinishga keladi.

$$x_1 = A \cos \omega t$$

$$x_2 = A \cos(\omega + \Delta\omega)t$$

Bu ifodalarni o'zaro kushib va kosinuslarning yig'indisi uchun trigonometrik formulani qo'llab quyidagini topamiz.

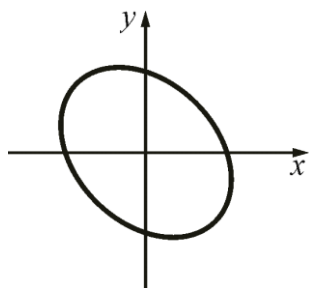
$$x = x_1 + x_2 = (2A \cos \frac{\Delta\omega}{2} t) \cos \omega t \quad T = 2\pi/\omega$$

O'zaro perpendikulyar tebranishlarni qo'shish.

Ikkita erkinlik darajasiga ega bo'lgan, ya'ni vaziyatni aniqlash ikkita kattalik zarur bo'lgan sistemani qarab chiqaylik. Bunga bir uchi sharnir holda maxkamlangan engil o'zun prujinaga osilgan ogir sharga misol bula oladi. Bu sharga prujina bilan birgalikda bitta tekislikda mayatnik kabi tebranadi.

SHarcha ikkita tebranishda: φ birinchidan burchak o'zgaradigan tebranishlarda ikkinchisidan l o'zunligi va q og'irlik kuchi tezlanishi, ikkinchi tebranishning chastotasini esa prujinaning elastiklik koeffisienti K va sharchaning massasini belgilaydi.

$$\left. \begin{aligned} x &= A \cos \omega t \\ y &= B \cos(\omega t + \alpha) \end{aligned} \right\} \quad (18.29)$$



Endi x va u o'qlari bo'ylab sodir bulaetgan bir xil chastotali o'zaro perpendikulyar ikkita garmonik tebranishni qo'shishga utamiz.

α - ikkala tebranishning fazolari ayirmasi.

$$\cos \omega t = x/A \quad (18.30)$$

$$\text{demak, } \sin t = \sqrt{1 - x^2/A^2} \quad (18.31)$$

Endi ikkinchi (1) tenglamadagi kosinusi yig'indining kosinusi formulasiga asosan emiz hamda $\cos \omega t$ va $\sin \omega t$ lar urniga ularning (18.30) va (18.31) qiymatlarini kuyamiz. Natijada quyidagi tenglamani topamiz.

$$\frac{y}{B} = \frac{x}{A} \cos \alpha - \sin \sqrt{1 - x^2/A^2} \quad (18.32)$$

Sungra tenglamani u kadar murakkab bo'lmagan o'zgartirishlardan keyin quyidagi xolga keltirish mumkin.

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} - \frac{2xy}{AB} \cos \alpha = \sin^2 \alpha \quad (18.33)$$

Ba'zi bir xususiy xollar uchun traektoriyalarning shaklini tekshiraylik:

1. Fazalar farki $\alpha = 0$ ga teng, bu holda (18.33) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\left(\frac{x}{A} - \frac{y}{B} \right)^2 = 0$$

bunda quyidagi to'g'ri chiziq formulasi kelib chiqadi. $y = \frac{B}{A} x$

2. Fazalar farki ga teng bulsin, u holda (18.33) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi.

$$\left(\frac{x}{A} + \frac{y}{B} \right)^2 = 0$$

bunda natijaviy harakat to'g'ri chiziq bo'ylab sodir bo'luvchi garmonik tebranishdan iborat.

$$\alpha = \pm \frac{\pi}{2} \quad \frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1 \quad (18.34)$$

formula quyidagicha ya'ni koordinata o'qlariga keltirilgan ellipsdan iborat bo'ladi. Agar $\alpha = \pm \pi/2$ bo'lsa, (18.34) tenglama

$$\begin{cases} x = A \cos \omega t \\ y = -B \cos \omega t \end{cases}$$

Agar $\alpha = -\pi/2$ bo'lganda tebranish tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

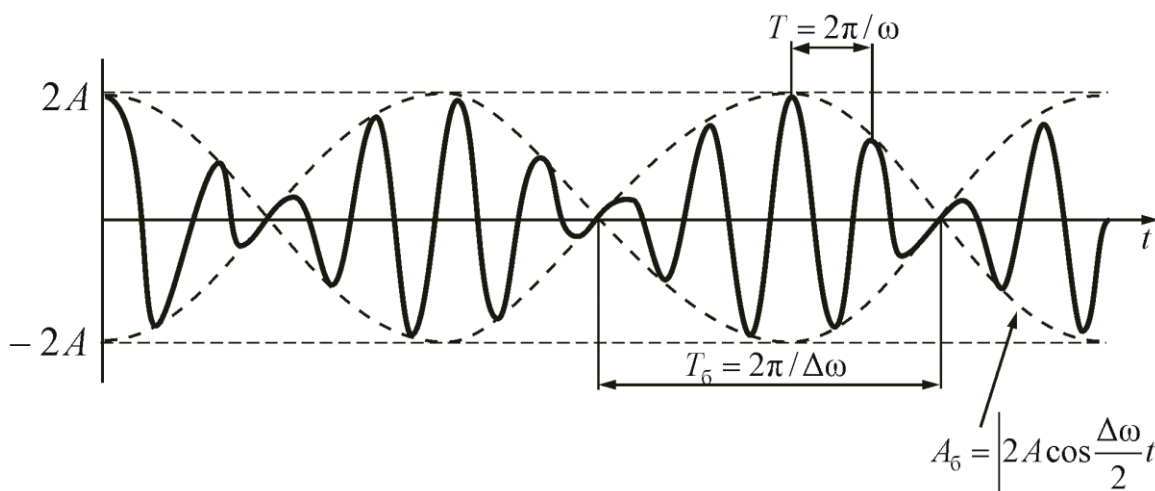
$$\begin{cases} x = A \cos \omega t \\ y = B \cos \omega t \end{cases}$$

So'navchi tebranishlar

Garmonik tebranishlar tenglamasini chiqarayotganda biz tebranuvchi nuqtasiga kvazielastik kuch ta'sir qiladi deb hisoblagan edik. Har qanday real tebranuvchi sistemada doim qarshilik kuchlari mavjud bo'lib, ularning ta'siri sistema enyergiyasini kamayishiga olib keladi. Agar kamaygan enyergiya tashqi kuchlarning ishi hisobiga tuldirilib turilmasa tebranishlar sunadi.

$$\text{Qarshilik kuchi} \quad F_k = -r \dot{x} = -r \dot{x}' \quad (18.35)$$

r - chiqarish koeffisienti.



Tebranaetgan jism uchun Nyuton ikkinchi qonunining tenglamasini ezamiz.

$$m\ddot{x} = -kx - r\dot{x} \quad (18.36)$$

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

uni quyidagi ko'rinishga keltiramizbu yerda quyidagi belgilardan foydalandik:

$$2\beta = \frac{r}{m} \quad (3) \quad \omega_0^2 = \frac{\kappa}{m} \quad (18.37)$$

ω_0 - xususiy tebranish chastotasi.

$a(t)$ vaqt funksiyasi (18.34) ni t vaqt bo'yicha differensiallab $\dot{x}$ va $\ddot{x}$ larni topamiz.

$$\dot{x} = \dot{A} \cos(\omega t + \alpha) - \dot{A} \omega \sin(\omega t + \alpha)$$

$$\ddot{x} = \ddot{A} \cos(\omega t + \alpha) - 2\dot{A} \omega \sin(\omega t + \alpha) - A \omega^2 \cos(\omega t + \alpha)$$

bu ifodalarni (18.36) ga quyib, uni murakkab bo'lmagan o'zgartirishlar utkazsak, quyidagi munosabatni topamiz.

$$[\ddot{A} + 2\beta\dot{A} + (\omega_0^2 - \omega^2)A] \cos(\omega t + \alpha) - 2\omega[\dot{A} + \beta A] \sin(\omega t + \alpha) \quad (18.38)$$

$\cos(\omega t + \alpha)$ va $\sin(\omega t + \alpha)$ larning oldidagi koeffisientlar 0 ga teng bo'lishi mumkin.

$$\ddot{A} + \beta\dot{A} = 0 \quad (18.39)$$

$$\ddot{A} + 2\beta\dot{A} + (\omega_0^2 - \omega^2)A = 0 \quad (18.40)$$

(18.39) tenglamani quyidagicha ezish mumkin. $\frac{dA}{dt} = -\beta A$ bundan $\frac{dA}{A} = -\beta dt$

Sunggi tenglamani integrallasak, $\ln A = -\beta \cdot t + \ln A_0$ buni potentsiallab $A(t)$ uchun quyidagi ifodani topamiz.

$$A = A_0 l^{-\beta t} \quad (18.41)$$

$A = -\beta A$ va $A' = \beta^2 A$ ekanligini osongina kurish mumkin.

$$\beta^2 A - 2\beta^2 A (\omega_0^2 - \omega^2) A = 0$$

bu munosabatni 0 dan farqli A kupaytiruvchiga qisqartirsak, $\omega^2 = \omega_0^2 - \beta^2$ (18.42) ni topamiz.

$\omega_0^2 > \beta^2$ bo'lsa, haqiqiy son bo'ladi. Shunday qilib, sunish juda kuchli bo'lmaganda $\beta < \omega_0$ tebranishlar quyidagi funksiya bilan tasvirlanadi.

$$x = A_0 l^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha) \quad (18.43)$$

Tebranishlarning sunish tezligi sunish koeffisienti deb ataluvchi $\beta = r/2m$ kattalik bilan aniqlanadi. Tebranish davri

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} \quad (18.44)$$

$$\frac{A(t)}{A(t+T)} = l^{\beta T} \text{ so'nish dekrementi}$$

$$\lambda = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta T \text{ sunishning logarifmik dekrementi deyiladi.}$$

$$Q = \frac{\pi}{\lambda} = \pi N_c \text{ Tebranish sistemasining aslligi deb ataladi.}$$

Majburiy tebranishlar

Tebranuvchi sistemada davriy o'zgarib turuvchi tashqi kuch ta'sirida sodir bo'luvchi tebranishlar majbur etuvchi kuch vaqt bo'yicha garmonik $F = F_0 \cos \omega t$ (18.45 1) qonun bilan o'zgaradi.

$$m\ddot{x} = -kx - r\dot{x} + F_0 \cos \omega t \quad (18.46)$$

Bu tenglamani m ni taksimlab va x hamda k li xadlarni chap tomonga utkazib, ikkinchi darajali chiziqli differensial tenglamaga ega bo'lamiz.

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = F_0' \cos \omega t \quad (18.47)$$

bu yerda $F_0' = F_0/m$, $\beta = r/2m$ esa sunish koeffisienti $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ sistemaning xususiy tebranish chastotasi.

(18.47) tenglamaning umumiy echimi: $x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega_0 t + \alpha)$

Mustahkamlash uchun savollar.

1. Garmonik tebranish deb nimaga aytiladi ?
2. Garmonik tebranishning garmonik tenglamasini keltirib chikaring?
3. Matematik mayatnik deb nimaga aytiladi?
4. Fizik mayatnik deb nimaga aytiladi va u matematik mayatnikdan nimasi bilan fark qiladi?
5. Keltirilgan uzunlik , tebranish davri va chastotalarni ta'riflang?
6. Tebranishlarni qo'shish deganda nimani tushunasiz?
7. Titrash deb nimaga aytiladi?
8. O'zaro pyerppendikulyar bo'lgan tebranishlarni qo'shishni tushuntiring?
9. Sunuvchi va majburiy tebranishlar deb nimaga aytiladi?
10. Tebranishlar tenglamasini yozing?

Ta'lim berish texnologiyasining modeli

Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 gacha
Mashg'ulot shakli	Kirish-axborotli ma'ruza
Ma'ruza rejasi	1. . Bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar. 2. Yuguruvchi to'lqin va uning tenglamasi. 3. To'lqin uzunligi, to'lqin soni. 4. To'lqinning fazoviy va gruppaviy tezliklari. 5. To'lqinlar superpozitsiya va interferentsiyasi. 6. Yaxlit muxitlarning xususiy tebranishlari.
O'quv mashg'ulotining maqsadi: To'lqin jarayonlar va uni asosiy ifodalovchi formulalari o'rganish.	
Pedagogik vazifalari: 1. Tebranma harakat 2. Garmonik tebranma harakat 3. Matematik va fizik mayatniklar	O'quv faoliyatining natijalari: 1. Tebranma harakat nima 2. Qanday tebranishlar garmonik tebranishlar 3. Garmonik tebranma harakat tenglamasi 4. Matematik va fizik mayatniklarning tebranish davri formulalari 5. Garmonik tebranma harakatda tezlik va tezlanishni tushunchsi 6. Tebranish davri, chastotasi va amplitudasini 7. Tebranma harakatda faza va siljish haqida tushuncha 8. Garmonik tebranma harakatda to'liq mexanik energiya
Ta'lim berish usullari	Ko'rgazmali ma'ruza suhbatlari
Ta'lim berish shakllari	Ommaviy, jamoaviy
Ta'lim berish vositalari	O'quv qullanma proektor slaydlar
Ta'lim berish sharoiti	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og'zaki nazorat, savol-javob

Ma'ruza holatining texnologik kartasi

Bosqichlar, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchi	talaba
1-bosqich. Kirish(5 min.)	1.1. Mavzu, maqsad va rejalashtirilgan o`quv natijalarini e`lon qiladi. 1.2. Reja va muammoli holatlatlarni ifodalovchi savollarni ekranga chiqaradi.	1.1.Eshitadilar, yozib oladilar. 1.2.E`tabor beradilar.
2-bosqich. .Bilimlarni faollashtirish (10 min).	2.1. Asosiy kategoriya va tushunchalarni va ma'ruza oxirida yechiladigan masalalarni namoyish qiladi. 2.2.O`quv faoliyatini baxolash mezonlari malum qilinadi.	
3bosqich. Asosiy (55 min.)	3.1. Ma`ruza davomida asosiy tushunchalarni qayd etish lozimligini uqtiradi.Talabalar yozib olishlarini takidlaydilar 3.1.Davriy jarayonlar. Gormonik tebranishlar. 3.2.Xususiy tebranishlar. Gormonik tebranishlar energiyasi. 3.3.Sunuvchi tebranishlar. So`nishning log`orifmik dekermenti. 3.4.Majburiy tebranishlar	3.1.Asosiykatt aliklar, ifodalarni yozadilar 3.2. Yozadilar. 3.3. Berilgan chizmalarni chizib oladilar.
4- bosqich. Yakuniy (10 min.)	4.1.Mavzuga xulosa yasaydi.O`quv jarayonida faol ishtirok etgan talabalarbi rag`batlantiradi. 4.2. Mustaqil ishlash va nazariy bilimlarni mustaxkamlash. Mustaxkamlash uchun savvolarni beradi:	4.1.eshitadi. 4.2.topshiriqni yozib oladilar.

15-ma'ruza. TO'LQIN JARAYONLAR.

Reja

7. Bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar.
8. Yuguruvchi to'lqin va uning tenglamasi.
9. To'lqin uzunligi, to'lqin soni.
10. To'lqinning fazoviy va gruppaviy tezliklari.
11. To'lqinlar superpozitsiya va interferentsiyasi.
12. Yaxlit muxitlarning xususiy tebranishlari.

TAYANCH SO'Z VA IBORALAR

To'lqin jarayoni, bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar, elastic to'lqinlar, to'lqin maydoni, to'lqin fronti, sferik to'lqinlar, to'lqin tarqalish tezligi, to'lqin uzunligi, to'lqinning harakat tenglamasi, fazaviy va guruhli tezlik.

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, boshqacha aytganda, zarrachalar har xil fazada tebranadilar.

Tebranma harakatning muhitda tarqalishiga **to'lqin jarayon** deb ataladi. To'lqin jarayoniga misol sifatida suv yuziga tushgan toshdan tarqaladigan to'lqinlarni olish mumkin.

To'lqinning tarqalish yo'nalishiga nur deyiladi. Agar muhit zarralari nurga perpendikulyar ravishda tebransa, bunday to'lqinga ko'ndalang to'lqin deyiladi, agar zarralar nurga parallel ravishda tebransa, bunday to'lqinlarga bo'ylama to'lqinlar deyiladi. Ko'ndalang to'lqinga misol sifatida suv yuzidagi to'lqinni, bo'ylama to'lqinga misol sifatida tovush to'lqinlarini keltirish mumkin.

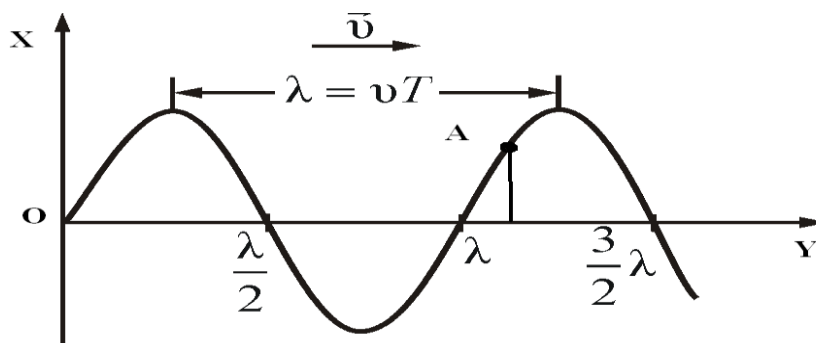
To'lqin jarayonda to'lqin xuddi o'zini yuzaga keltirgan manbadan yugurib qochayotganday tuyiladi. Shuning uchun uni yuguruvchi to'lqin deb ataladi. Bir jinsli izotrop muhit uchun to'lqin tenglamasini yozaylik. Bu tenglama to'lqin jarayonida qatnashayotgan zarrachalarning siljishi x va bu zarralarning tebranishlar manbai joylashgan O nuqttagacha bo'lgan masofa y o'rtasidagi munosabatni istalgan vaqt uchun qanday bo'lishini aniqlaydi.

Aytaylik muhitni O nuqtasida manba $x = A \sin \omega t$ (7.1)
qonun bo'yicha garmonik tebrana boshlasin.

Buning natijasida muhitning zarralari xam A amplituda va ω chastota bilan tebrana boshlaydi. Muhit zarrasi manbadan qancha uzoq bo'lsa, ular shuncha kechikib tebranadi. Natijada 7.1-rasmda ko'rsatilgan sinusoidal to'lqin paydo bo'ladi.

Bu to'lqin grafigi tebranishlar tenglamasi (7.2) ni eslatadi, lekin ularning farqi bor. Tebranishlar tenglamasi berilgan zarraning istalgan t vaqtdagi siljishini

belgilaydi. To'liqin grafigi esa berilgan t vaqt uchun istalgan (hamma) zarrachalarning x siljishi manbagacha bo'lgan y masofaga qanday bog'liq ekanligini bildiradi.



7.1-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 erda τ - tebranishlarning O nuqtadan A nuqttagacha tarqalish vaqti, boshqacha aytganda $\tau = \frac{y}{v}$. U holda A zarrachaning tebranish tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$x = A \sin \omega \left(t - \frac{y}{v} \right) \quad (7.3)$$

(7.3) munosabat to'liqinning istalgan nuqtasining istalgan vaqtdagi siljishinin aniqlashga imkon beradi va u yuguruvchi to'liqin to'liqin tenglamasi deb ataladi. Bu yerda sinusning argumenti $t - \frac{y}{v}$ to'liqinning fazasi deb ataladi. λ bir xil fazada tebranadigan bir - biriga eng yaqin ikki qo'shni do'nglik orasidagi masofani (7.1-rasm) bildiradi va to'liqin uzunligi deb ataladi.

To'liqin uzunligi $\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$ bo'lganligi uchun (bu erda ν - chiziqli chastota, T - tebranish davri) (7.3) tenglamaga $\nu = \frac{\lambda}{T}$ ni qo'ysak va $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$ ekanligini hisobga olsak, to'liqin tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$x = A \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{y}{\lambda} \right) = A \cdot \sin 2\pi \left(\nu \cdot t - \frac{y}{\lambda} \right) = A \cdot \sin \left(\omega \cdot t - 2\pi \frac{y}{\lambda} \right) = A \cdot \sin(\omega \cdot t - ky) \quad (7.4)$$

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

To'liqin sirti deb, bir xil fazada tebranayotgan nuqtalarning geometrik o'rniga aytiladi. To'liqin manbalarining shakliga qarab to'liqin sirtlari ham har xil ko'rinishga ega bo'ladi. Agar to'liqin sirti tekislikdan iborat bo'lsa – **yassi to'liqin**, sferadan iborat bo'lsa – **sferik to'liqin** deyiladi.

To'liqinning eng oldingi, ya'ni to'liqin manbaidan eng uzoqda joylashgan sirti to'liqin fronti bo'ladi. Ixtiyoriy t vaqtda tebranishlar yetib kelgan muhit zarralarining geometrik o'rinlari **to'liqin fronti** deyiladi.

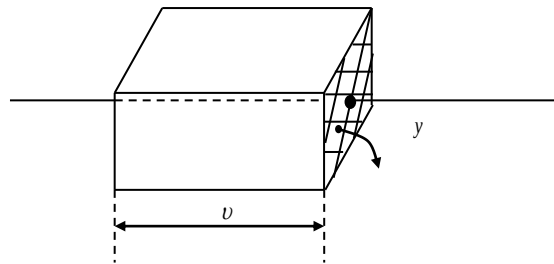
To'liqin tarqaganda zarrachalar tebranganligi uchun to'liqinning energiyasi bo'ladi va u to'liqin bilan birga tarqaladi. Yuza birligidan vaqt birligida o'tadigan energiya miqdori to'liqinning intensivligi (yoki energiya oqimining zichligi) deb ataladi. Uni I bilan belgilaymiz.

Muhitning 1sm^3 hajmda har birining massasi m bo'lgan n_0 ta zarracha bor deylik (7.2-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.:

$$E = n_0 \cdot W = n_0 \frac{m\omega^2}{2} A^2 = \frac{\rho\omega^2 A^2}{2} \quad (7.5)$$

Bu erda $\rho = mn_0$ -muhitning zichligi, ω - burchak chastota, A - to'liqin amplitudasi. 1sm^2 yuzadan 1 sekund ichida o'tayotgan energiya yuzasi 1sm^2 va uzunligi ν ga teng to'g'ri burchakli parallepiped ichida joylashgan bo'ladi va to'liqinning intensivligi I ga teng:

$$I = E \cdot \nu = \frac{1}{2} \rho \nu \omega^2 A^2 \quad (7.6)$$



7.2-rasm

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

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

$$\nu = \frac{\omega}{k} \quad (7.7)$$

Ko'p hollarda fazoviy tezlik muhitning xossalriga bog'lik bo'ladi. Masalan, bir qancha chastotali to'lqinlar muayyan muxitda bir xil fazoviy tezlik bilan tarqaladi. Ammo, shunday to'lqinlar borki, ularning faza tezliklari chastotalariga bog'lik bo'ladi, chunki

$$K = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{VT} = \frac{\omega}{V}$$

yoki $v = \omega / k$

Bu bog'liqlik **to'lqin dispersiyasi** deb ataladi. Turli chastotali to'lqinlar yig'indisini **to'lqinlar gruppasi** yoki to'lqin "paketi" deyiladi. 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. Dispersiyaga ega bo'lgan to'lqinlarni "paketi" harakatlanish protsessida "sochilib" boradi. Paketni tezligi uni tarkibidagi to'lqinlarning birontasini xam tezligi mos kelmaydi. Bu holda to'lqinlar gruppasining maksimumini ko'chish tezligi – **gruppaviy tezlik** tushunchasi kiritiladi.

Gruppali tezlik sug yordamida fazoda energiyaning tarqalish tezligini bildiradi. Bu tezlik sug amplitudasini fazodagi tezligini anglatadi va u quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$\lambda, \lambda + d\lambda$ oralig'ida to'lqin "paket" ning gruppaviy tezligi

$$U_r = V - \lambda \cdot \frac{dV}{d\lambda}$$

1. Agar $\frac{dV}{dx} > 0$ bo'lsa, dispersiya normal hisoblanadi;
2. Agar anomal dispersiya yuzaga keladi: $\frac{dV}{dx} < 0$ da $U_r > V$
3. $dV/dx = 0$ $U_r = V$ bo'ladi.

Tajribalar ko'rsatadiki har xil manbalardan taraqluvchi to'lqinlar bir-biri bilan ustma-ust tushsada bir-birini o'zgartirmaydi. Boshqacha aytganda berilgan muhitda to'lqinlarni tarqalishi boshqa to'lqinlarning mavjudligiga bog'liq emas. Bu printsip **superpozitsiya** (ustma-ust tushish) deyiladi. Masalan tinch suv sirtiga bir vaqtda tushirilgan ikkita tosh hosil qilgan to'lqinlar. Superpozitsiya printsipti kichik amplitudali to'lqinlarni tadqiq qilishda kuzatiladi. Agar zarrachalarni siljishi Guk qonuniga bo'ysunmasa ($F = -kx$) bu printsip o'rinli bo'lmaydi. Superpozitsiya printsiptiga binoan ixiyoriy shakldagi to'lqinlar bir-birini buzmasdan ustma-ust tushishi mumkin. Buning natijasida muhitni tekshirilayotgan sohasidagi nuqtalarni kuchli yoki kuchsiz tebranishi yuzaga keladi. Zarrachaning natijali xarakati qo'shiluvchi tebranishlarning chastotalari, amplitudalar va boshlangich fazalariga bog'liq bo'ladi.

Agar tarqaluvchi to'lqinlar bir xil chastotaga ega bo'lsalar va ular fazoning berilgan nuqtasida zarrachalarni to'g'ri chiziqli tebranishini yuzaga keltirsalar u holda dastlabki tebranishlarni faza farqiga bog'liq holda natijali tebranish goh kuchayadi, goh susayadi va hodisa **interferentsiya** deb ataladi.

Shunday hodisa bo'lishi uchun qo'shiluvchi to'lqinlar o'zaro kogerent bo'lishlari lozim, ya'ni ular bir xil chastotaga va faza farqi vaqt o'tishi bilan o'zgarmasligi va natijali tebranish bir tug'ri chiziq bo'yicha yuzaga kelishi lozim. Aytaylik, bizga quyidagi tenglamalar bilan xarakterlanuvchi ikkita tebranish berilgan bo'lsin.

$$x_1 = A_1 \sin \omega \left(t - \frac{y_1}{V} \right) = A_1 \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{y_1}{\lambda} \right)$$

$$x_2 = A_2 \sin \omega \left(t - \frac{y_2}{V} \right) = A_2 \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{y_2}{\lambda} \right)$$

Ularni faza farki

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{y_1}{\lambda} \right) - 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{y_2}{\lambda} \right) = 2\pi \frac{y_2 - y_1}{\lambda} = 2\pi \frac{\delta}{\lambda}$$

$\delta = y_2 - y_1$ - yo'l farqidir.

1. Agar $\delta = 2k \lambda/2$ bo'lsa ya'ni faza farqi $\Delta\Phi = 2\pi, 4\pi, 6\pi$ va x.k. qo'shiluvchi to'lqinlar bir-birini kuchaytiradi.

2. Agar $\delta = (2k+1) \lambda/2$ bo'lsa, $\Delta\Phi = \pi, 3\pi, 5\pi, \dots$ x.k. bo'lib interferentsiya minimum yuzaga keladi.

Interferentsiyaning eng sodda holi yuguruvchi va qaytuvchi to'lqinlarni ustma-ust tushishda kuzatiladi. Ular uzaro kogerent bo'lib turgun to'lqinlarni hosil qiladilar.

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

$$v = \sqrt{\frac{k}{\rho}} \quad (7.1)$$

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

NAZORAT SAVOLLARI

1. Tebranma harakatning tarqalishi qanday yuz beradi?
2. Qanday to'lqinlarga ko'ndalang va bo'ylama to'lqinlar deyiladi?
3. Yassi va sferik to'lqinlarni izohlang?
4. To'lqin uzunligi va fazaviy tezlik o'zaro qanday bog'langan?
5. To'lqin son va to'lqin paketi nima?
6. Fazaviy va guruhli tezliklarni tushuntiring?
7. To'lqin tenglamasini izohlang

16-ma'ruza	ELEKTROSTATIKA
1.1. Ta'lim berish texnologiyasining modeli	
Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 nafargacha
Mashg'ulot shakli	Axborot ma'ruza, B.B.B. jadvali
Ma'ruza rejasi	1. .Elektr zaryadi. Zaryadning diskretligi. Elektr zaryadining saqlanish qonuni. 2. Elektrostatiikaning asosiy qonuni – Kulon qonuni 3 Elektr maydoni. Maydon kuchlanganligi. Nuqtaviy zaryad maydonning kuchlanganligi. 4.Superpozitsiya prinsipi. Nuqtaviy zaryadlar tizimining maydon kuchlanganligi. 5.Gaussning elektrostatik teoremasi va uning sodda elektr maydonlarini hisoblashda qo'llanilishi
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Talabalarga vakuumda elektrostatik hodisalarning asosiy qonunlarini o'rgatish.	
Pedagogik vazifalar: • Elektrostatik maydon haqida tushuncha btrish; • Elektr zaryadi. Zaryad zichligi. Kulon qonunining mohiyatini yetkazish; • Elektr maydon kuchlanganligi va uning superpozitsiya prinsipini tushuntirish; • Gauss teoremasi va uning qo'llanishini o'rganish;	O'quv faoliyati natijalari: • Elektrostatik maydonga ta'rif beradi; • Elektr zaryadi xossalari aytib beradi; • Kulon qonuni qanday shartlar asosida o'rinli ekanligini tushuntiradi; • Elektr maydon kuchlanganligi mohiyatini aytib beradi; • Maydon superpozitsiyasi printsipini tatbiqini tushuntiradi; Gauss teoremasi va uning turli xil zaryadli jismlar uchun qo'llanishini sharhlaydi;
Ta'lim berish usullari	“Aqliy hujum”, suhbat, ko'rgazmali
Ta'lim berish shakllari	Ommaviy, ana'naviy
Ta'lim berish vositalari	O'quv qo'llanma, proektor, slaydlar
Ta'lim berish sharoiti	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og'zaki nazorat: savol-javob

1.2 “Elektrostatika” ma’ruza mashg’ulotining texnologik xaritasi

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta’lim beruvchi	Ta’lim oluvchilar
Tayyorgarlik bosqichi.	- Mavzu bo’yicha o’quv materiallarni, ya’ni taqdimot va tarqatma materiallarni tayyorlash. - Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish. - O’quv kursini o’rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro’yxatini tartiblashtirish.	
1-bosqich. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	- Talabalarning ma’ruza darsiga tayyorgarligi nazoratdan o’tkaziladi. - Talabalarning ma’ruzaga qatnashsish davomatini tekshirish. - Mavzuning nomini doskaga yozadi va mazkur mavzuni yoritishdan ko’zlangan asosiy natijalar to’g’risida axborot beradi.	Tinglaydilar Savollarga javob beradilar
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	“Elektr vakuumda elektrostatik xodisalarning asosiy qonunlari” haqidagi ma’ruzani reja asosida tushuntiradi. - Power Point dasturi asosida asosiy ishchi formulalar va rasmlarni namoyish etadi. - Talabalarning yozib olishlarini ta’kidlaydi. - Mavzuga oid qiziqarli masalalar berib talabalar mustaqil fikr yuritishini nazoran qilinadi. - Talabalarga mavzuga oid bilimlarni mustahkamlash uchun savollar beradi: - Zaryadning xossalari aytib bering? - Kulon qonuni nimadan iborat? U qanday shartlar asosida o’rinli? - Elektrostatik maydon kuchlanganligi nimani xarakterlaydi. Unga ta’rif bering? - Maydon superpozitsiyasi printsipli nimadan iborat? - Kuchlanganlik chiziqlari qanday tuziladi va u nimani xarakterlaydi? - Kuchlanganlik vektor oqimi nima? Uning birligi qanday?	Tinglaydilar, yozadilar. Muhokama etadilar Savollarga javob beradilar
3. Yakuniy bosqich (10 daqiqa)	- Mavzu bo’yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi. - Talabalarga mavzuga qiziqarli ma’lumotlar topib kelish aytiladi.	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

B.B.B. texnikasi

№	Mavzu savoli	Bilaman	Bilishni xohlayman	Bildim
1	Elektrostatik maydonga ta'rif bering.			
2	Elektr zaryadi xossalari ayting.			
3	Kulon qonuni qanday shartlar asosida o'rinli bo'ladi.			
4	Ostrogradskiy-Gauss teoremasini sharhlang.			

16- ma'ruza. ELEKTROSTATIKA

Reja

1. Elektr zaryadi. Zaryadning diskretligi. Elektr zaryadining saqlanish qonuni.
2. Elektrostatiikaning asosiy qonuni – Kulon qonuni
3. Elektr maydoni. Maydon kuchlanganligi. Nuqtaviy zaryad maydonning kuchlanganligi.
4. Superpozisiya prinsipi. Nuqtaviy zaryadlar tizimining maydon kuchlanganligi.
5. Gaussning elektrostatik teoremasi va uning sodda elektr maydonlarini hisoblashda qo'llanilishi

Elektr zaryadi. Jismlarning elektrlanishi

Qo'zg'almas zaryadlangan jismlarning o'zaro ta'siri va ular bilan bog'liq hodisalar qonuniyatlari haqidagi fizikaning bo'limi elektrostatika deb ataladi.

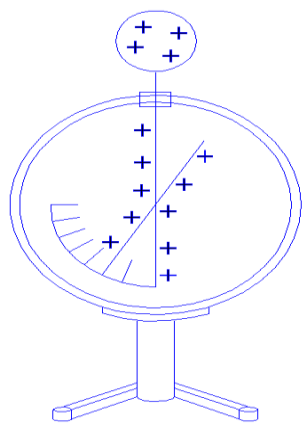
Elektr yunoncha “elektron” so'zidan olingan bo'lib, qahrabo demakdir. Jismlarning ishqalanishi tufayli o'ziga yengil buyumlarni tortishi elektrlangan yoki zaryadlangan deb hisoblanadi.

Umuman, elektr hodisalari qadimdan kuzatilib kelinadi. Masalan: chaqmoq, avliyo Elma chiroqlari, qutb yog'dusi, shuningdek, mo'yna yoki junga ishqalangan qahraboning o'ziga yengil buyumlar (pat, qog'oz qirqimlari, soch tolalari)ni tortishi kabilar. 1600 yilda ingliz olimi Gilbert yigirmaga yaqin moddalar (olmos, xrustal, oltingugurt)ning qahraboga o'xshash yengil buyumlarni tortish qobiliyatini namoyon qilishini italiyalik Galvani esa elektrning fiziologik ta'sirini aniqlagan.

Elektr haqidagi ta'limot XIX asrning ikkinchi yarmida ayniqsa rivojlandi. Shu davrga kelib, elektr toki, uning issiqlik magnit ta'sirga ega ekanligi aniqlanib, elektromagnit induksion hodisasi kashf etildi.

Elektr haqidagi ta'limot hozirgi zamon fan – texnika, ishlab chiqarish hamda xalq xo'jaligining barcha tarmoqlarini rivojlantirishda asosiy hal qiluvchi va yetakchi kuchga aylangan.

Jismlarni elektrlanish darajasini aniqlashda G.Rixman tomonidan kashf etilgan elektrometrdan foydalaniladi (1.1 - rasm).



1.1 – rasm

Sodda tajribalarda elektrlangan jismlar ba'zan bir – birlari bilan itarishsa, ba'zan bir – birlari bilan tortishishlari kuzatiladi. Bu esa elektr zaryadining ikki turi mavjudligidan darak beradi. Shartli ravishda fransuz olimi Sh.Dyufoni (1733-y) taklifiga ko'ra teri yoki ipakka ishqalanish tufayli shisha tayoqchada vujudga kelgan elektrlanish manfiy deb qabul qilingan. Bir xil ishorali zaryadlangan jismlar bir – birlari bilan itarishadi, har xil ishorali zaryadlangan jismlar bir – biriga tortiladi.

Jismlarning elektrlanishini tushuntirishda ularning atom molekulyar tuzilishiga asoslanamiz. Hozirgi zamon tasavvurlariga muvofiq moddalar yanada soddaroq tarkibiy

qismga ajralmaydigan elementar zarrachalar (elektron, proton, pozitron, neytron, neytrino)dan tashkil topgan. *Elementar zarrachalarning gravitatsion ta'sirga o'xshash* ($F \sim \frac{1}{r^2}$) *lekin undan ko'ra juda kuchli* (10^{39} marta) *ta'sir etish qobiliyatiga ega bo'lganlari borki, ular elektr zaryadlari yoki elementar zaryadlar deb yuritiladi.* Elektr zaryadi zarrachalarning ta'sir etish intensivligini belgilaydi. Zaryadsiz zarrachalar mavjud, lekin elektr zaryadini zarrachasiz tasavvur etib bo'lmaydi.

Zaryad va zarracha bir butun bo'lgan yagona obyektib reallikdir. Modda atom molekulalari ana shunday zarrachalardan tashkil topganligi uchun elektr zaryadi barcha jismlar tarkibiga organik ravishda kirgan bo'ladi. Odatda jismlar atom molekulalari tarkibiga kirgan turli ishorali zaryadga ega bo'lgan zarrachalar soni teng bo'ladi. Shu tufayli jismlar elektr jihatidan neytral (zaryadsiz) bo'ladi. Agar biror usul bilan (ishqalanish, elektr induksiya, ionlashtirish) jismdagi ma'lum ishorali zaryadli zarrachalar qayta taqsimlansa, bu jism zaryadlagan bo'ladi. Jismlarni bunday elektrlashda ularning har ikkalasi (qahrabo ham, mo'yna ham) absolyut miqdorlari teng, ishora jihatdan qarama – qarshi zaryadlanadi. Shu tufayli elektrlangan jismning zaryad miqdori elementar zarrachalar zaryad miqdorlari yig'indisidan iborat bo'lib, unga butun son karralidir.

$$q = \pm Ne \quad (1.1)$$

e-elementar zaryad miqdori.

Elektr zaryadi obyektiv reallik bo'lib, u g'oyibdan vujudga kelmaydi va o'z – o'zidan yo'qolmaydi ham. Faqat bir jismdan ikkinchisiga uzatilishi yoki shu jism hajmida qayta taqsimlanishi mumkin. Bu xulosa elektr haqidagi ta'limotning asosi bo'lib, zaryad miqdorining saqlanish qonuni deb yuritiladi: *Elektr jihatdan izolyatsiyalangan jismlar sistemasi umumiy zaryad miqdorining algebraik yig'indisi o'zgarmas kattalikdir.*

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const} \quad (1.2)$$

Agar zaryadlangan zarrachalar masalan elektronlar, ionlar biror jism hajmida ma'lum erkinlik bilan harakatlansa, bunday jism elektrni o'tkazadi ya'ni tok hosil qiladi. Elektr o'tkazish xususiyatiga qarab tabiatda uchraydigan barcha moddalar: dielektriklar (izolyatorlar), o'tkazgichlar va yarim o'tkazgichlarga ajratiladi.

Elektrostatikaning asosiy qonuni – Kulon qonuni

Tajribalar ko'rsatishicha, zaryadlangan jismlarning o'zaro ta'siri zaryadlarning o'lchami, shakli ular orasidagi masofaga bog'liq bo'ladi. Bu bog'lanishlardan istisno bo'lish uchun nuqtaviy zaryad tushunchasidan foydalaniladi. *Nuqtaviy zaryad deb, o'lchamlari ular orasidagi masofaga nisbatan kichik bo'lgan zaryadlangan jismlarga aytiladi.*

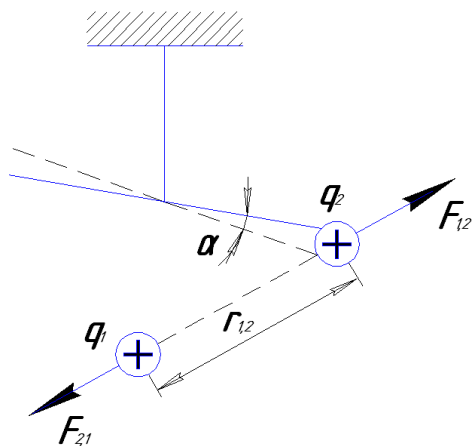
Nuqtaviy zaryadlarning o'zaro ta'sir qonunini 1785 – yilda fransuz olimi Kulon buralma tarozi yordamida tajribada aniqlagan (1.2 - rasm).

Kulon qonuniga muvofiq *vakuumdagi joylashgan ikki nuqtaviy zaryad, zaryad miqdorlarining ko'paytmasiga to'g'ri proporsional kuch bilan ta'sirlashadi.* Agar zaryadlar bir xil ishorali bo'lsa, bu kuch ularning

tutashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalgan bo'lib itarishish, aksincha, q arama – qarshi ishorali bo'lsa, tortishish xarakteriga ega bo'ladi. Kulon qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1.3)$$

k – proporsionallik koeffitsiyenti.



1.2 – rasm

(1.3)-formuladagi kuch va masofani etalon birligidan foydalanib, zaryad miqdorining birligini keltirib chiqaramiz. SGS – absolyut birliklar sistemasida zaryad miqdorining birligi absolyut elektrostatik birlik 1 – SGSE – deb yuritiladi. Bu sistemada Kulon qonunidagi proporsionallik koeffitsiyenti ($k=1$) 1 ga teng deb olinadi.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1.4)$$

Agar $|q_1| = |q_2| = q$ bo'lsa, zaryad miqdorining birligi quyidagi ifodadan

aniqlanadi.

$$[q] = [r \cdot \sqrt{F}] = [1\text{sm} \cdot \sqrt{1\text{din}}] = [1\text{SGSE} \cdot \text{zaryadbirligi}]$$

Bu shunday zaryadning miqdoriki, vakuumda joylashgan zaryad, o'ziga teng zaryad miqdoriga bir santimetr masofadan bir dina kuch bilan ta'sir etadi. Tajribalar elementar zaryad miqdorining SGS-dagi qiymati $e=4,8 \cdot 10^{-10}$ SGSE zaryad birligiga tengligini ko'rsatadi.

Xalqaro birliklar sistemasi (SI) elektr va magnit kattaliklarni aniqlashda, tokli o'tkazgichlarning o'zaro ta'siriga asoslanadi. Bir amper tok o'tib turgan o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzidan bir sekundda ko'chirilgan zaryad miqdori 1 Kulon deb yuritiladi:

$$1 \text{ Kl} = 1 \text{ A} \cdot \text{sek}$$

Hisoblashlar, $1 \text{ Kl} = 3 \cdot 10^9 \text{ SGSE}$ – zaryad miqdorining SI-sistemadagi qiymati quyidagiga teng:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$$

Kulon qonunini SI-sistema (ratsionallashtirilgan ko'rinish) da ifodalash uchun, $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ tarzida yozish kelishilgan. U holda kulon qonuni quyidagicha ko'rinishda ifodalanadi:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1.5)$$

ϵ_0 - absolyut elektrostatik doimiy.

Agar zaryad miqdori kulonlarda, masofa metrlarda ifodalansa, vakuumda joylashgan ikki nuqtaviy zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi $F=9 \cdot 10^9 \text{ N}$ ligi ma'lum bo'ladi. Shular yordamida absolyut elektrostatik doimiyni aniqlaymiz:

$$\epsilon_0 = \frac{q_1 q_2}{4\pi F r^2} = \frac{1 \text{ Kl}^2}{4 \cdot 3,14 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^2} = 8,86 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Kl}^2}{\text{Nm}^2} \quad (1.6)$$

Barcha shart – sharoitlar o'zgarmaganda ikkala zaryad, bir jinsli modda (suv, kerosin, parafin...) ichiga joylashtirilsa, ularning o'zaro ta'sir kuchi kamayishini kuzatish mumkin.

Agar zaryadlarning vakuumda o'zaro ta'sir kuchini F_0 deb, modda ichida F deb belgilansa, $\varepsilon = \frac{F_0}{F}$ nisbat moddalarning elektr xususiyatini belgilaydi va dielektrik singdiruvchanlik deb ataladi. Dielektrik sindiruvchanlik zaryadlangan zarrachalarning muhitdagi o'zaro ta'sir kuchi vakuumdagi o'zaro ta'sir kuchidan necha marta kichikligini bildiradi va har xil moddalar uchun turli qiymatga ega.

Modda	ε	Modda	ε
Havo	1	Karbolit	3-5
Kerosin	2	Shisha	6-8
Parafin	2,2	Slyuda	8-9
Ebonit	2,7	Etil spirti	27
		Suv	81

Dielektrik singdiruvchanlikni hisobga olib, Kulon qonuni umumiy ko'rinishda quyidagicha ifodalanadi:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1.7)$$

Elektrostatik maydon kuchlanganligi

Elektrlangan jismlar bilan o'tkaziladigan tajribalar asosida, olimlar elektr zaryadining bu o'zaro ta'siri, zaryad bilan bevosita bog'liq bo'lgan, elektr maydoni deb ataladigan materiyaning o'ziga xos formasi orqali uzatiladi degan xulosaga keldilar, lekin shu bilan bir qatorda uni boshqa maydonlar (gravitasion, yadroviy) bilan aralashtirib yuborishga yo'l qo'yilmaydi: Elektr maydoni boshqa xil maydonlar kabi moddiy olam materiyasining o'ziga xos yashash formasi bo'lib, u obyektiv reallikdir.

- a) Elektr maydoni faqat zaryadga bo'lgan ta'sir orqali namoyon bo'ladi.
- b) Elektr maydoni faqat zaryadlangan jismlar atrofidagi fazoda mavjud.
- c) Elektromagnit o'zaro ta'sir juda katta, lekin chekli tezlik bilan uzatiladi. ($3 \cdot 10^8$ m/sek)

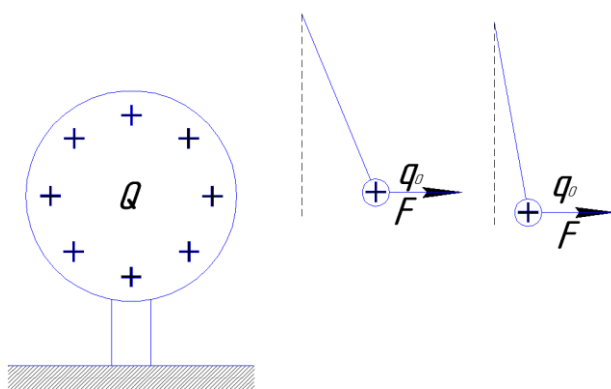
Elektr maydonini miqdoriy jihatdan xarakterlash uchun maydon kuchlanganligi

tushunchasidan foydalanadilar. Qo'zg'almas q-zaryad maydoniga q_s -sinov zaryadini kiritamiz (1.3-rasm). Kulon qonuniga muvofiq, sinov zaryadiga ta'sir etadigan kuch:

$$F = q_s \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \quad (1.8)$$

Vektor ko'rinishda

$$\vec{F} = q_s \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^3} \vec{r} \quad (1.9)$$



1.3 – rasm

Tajribalar ko'rsatishicha, har xil kattalikdagi sinov zaryadiga har xil kuchlar ta'sir etadi:

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= q_s \left(\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \right) \\ F_2 &= q_s \left(\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \right) \\ &\dots\dots\dots \\ F_n &= q_s \left(\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1.10)$$

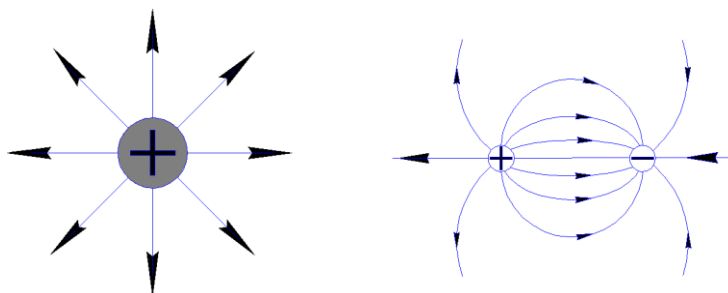
Bu kuchlarning sinov zaryadiga nisbati maydonning har bir nuqtasi va har qanday sinov zaryadi uchun o'zgarmas kattalik bo'lib, maydonning asosiy kuch xarakteristikasi hisoblanadi va elektr maydon kuchlanganligi deb yuritiladi. Elektr maydon kuchlanganligi birlik musbat zaryadga ta'sir etuvchi kuchga son jihatdan teng kattalik bo'lib, u quyidagicha ifodalanadi:

$$E = \frac{F}{q_s} \quad (1.11)$$

Kulon qonuniga muvofiq: $F = q_s \left(\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \right)$

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (1.12)$$

(1.12) vakuumda joylashgan nuqtaviy zaryad maydonining kuchlanganligi ifodasidir. Elektr maydon kuchlanganligi vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalishi musbat zaryaddan tashqariga, manfiy zaryad uchun zaryadga tomon yo'nalgan bo'ladi. (1.4-rasm)



1.4 – rasm

(1.13) ifodaga muvofiq, maydon kuchlanganligining birligi qilib, Xalqaro birliklar sistemasi (SI)da $1 \frac{N}{Kl}$ qabul qilingan, u shunday maydon kuchlanganligiki, miqdori 1-Kulon bo'lgan zaryadga 1 Nyuton kuch ta'sir qiladi:

$$1 \frac{N}{Kl} = 1 \frac{V}{m}$$

Agar elektr maydonini ikki yoki undan ortiq zaryadlar sistemasi vujudga keltirsa, u holda maydon kuchlanganligi, alohida zaryadlar maydoni kuchlanganligi vektorining geometrik yig'indisi tarzida aniqlanadi. Bu usul superpozitsiya prinsipi deb yuritiladi.

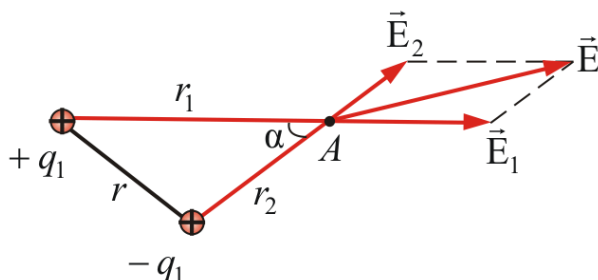
q_1 va q_2 zaryadlarning elektr maydoni ustma – ust tushgan bo'lsin (1.5-rasm). U holda maydonning istalgan nuqtasidagi kuchlanganlik vektori superpozitsiya prinsipiga ko'ra aniqlanadi:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \quad (1.14)$$

Kuchlanganlik vektorining moduli:

$$E^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \alpha \quad (1.15)$$

bu yerda, $\alpha - \vec{E}_1$ va $\vec{E}_2$ vektorlar hosil qilgan burchak. Agar $\alpha - \pi/2$ bo'lsa, $E^2 = E_1^2 + E_2^2$



1.5 – rasm

Zaryadlar sistemasi maydonidagi sinov zaryadiga har bir zaryad mustaqil ta'sir etadi.

$$F_1 = k \frac{q_1 q_s}{r_1^2}; \dots \quad F_2 = k \frac{q_1 q_s}{r_2^2} \quad (1.6)$$

$$\text{Bu kuchlarning bosh vektori: } \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n \quad (1.17)$$

(3)-ifodaga asosan maydon kuchlanganligi:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_s} = \frac{\vec{F}_1}{q_s} + \frac{\vec{F}_2}{q_s} + \dots + \frac{\vec{F}_n}{q_s} \quad (1.18)$$

yoki

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n \quad (1.19)$$

(1.19) superpozitsiya prinsipining ifodasi bo'lib, istalgan zaryadlar sistemasining maydon kuchlanganligini hisoblash imkoniyatini yaratadi. Zaryadlar sistemasi ikkita qarama – qarshi, birday miqdordagi ($l \ll r$) zaryaddan iborat bo'lsa, u dipol (qo'sh qutb) deb yuritiladi.

Dipol maydoni kuchlanganligi:

a) Kuzatilayotgan nuqta dipol o'qida yotgan

bo'lsa,

Dipol zaryadlaridan birining modulini ular orasidagi masofaga ko'paytmasidan iborat kattalik dipol momenti deb yuritiladi.

$$\vec{P} = |q| \cdot l \quad (1.20)$$

Dipol momenti vektor kattalik bo'lib, manfiy zaryaddan musbatga tomon yo'nalgan bo'ladi.

$$E_A = k \frac{q_+}{r_1^2} - k \frac{q_-}{r_2^2} = k \left(\frac{q_+}{r_1^2} - \frac{q_-}{r_2^2} \right)$$

$$(1.6\text{-rasm}) \quad r_1 = r - \frac{l}{2}; \quad r_2 = r + \frac{l}{2}; \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$E_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2ql}{r^3} \quad (1.21)$$

b) Kuzatilayotgan nuqta dipol o'qiga perpendikulyar chiziqli yotgan bo'lsa: $\vec{E}_+$ va $\vec{E}_-$ - vektorlar modullari o'zaro teng bo'ladi.

$$E_+ = E_- = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (1.22)$$

rasmdan, $\frac{E_-}{E_+} = \frac{1}{\sqrt{r^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2}} \approx \frac{1}{r}$

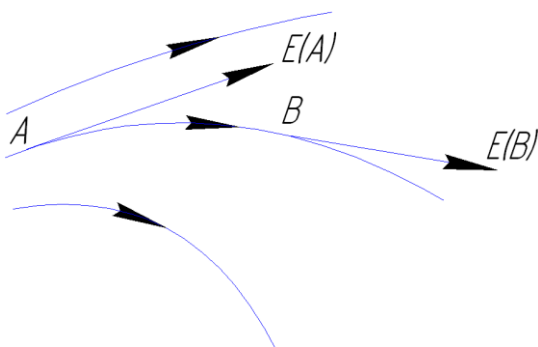
(1.22) ni e'tiborga olib,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{ql}{r^3} = \frac{P}{4\pi\epsilon_0 r^3} \quad (1.23)$$

Dipol maydonining har qanday nuqtasidagi kuchlanganlik quyidagi formula yordamida hisoblash mumkinligini ko'rsatish mumkin.

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{P}{r^3} \sqrt{1 + 3\cos^2 \alpha} \quad (1.24)$$

Elektr maydonini ko'rgazmali tasvirlash uchun kuchlanganlik chiziqlari tushunchasidan foydalaniladi. Kuchlanganlik chiziqlari fazoda shunday o'tkaziladiki, uning har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinma kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ -bilan mos tushadi. Elektr maydon kuchlanganlik chiziqlariga o'tkazilgan urinma

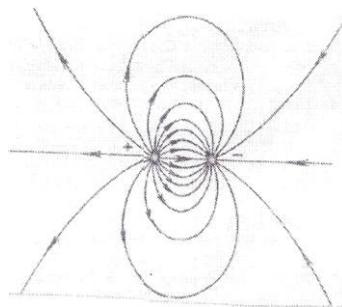
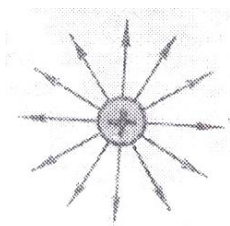


1.7 – rasm

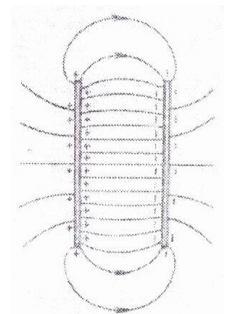
maydonni yo'nalishi jihatdan xarakterlasa, chiziqlar zichligi esa uni miqdoriy jihatdan xarakterlaydi. Kuchlanganlik chiziqlari maydonning qaysi nuqtasida zich bo'lsa, o'sha yerda maydon kuchlanganligi ham katta bo'ladi. Elektr maydoni o'sha nuqtada zaryadga kattaroq kuch bilan ta'sir etadi va aksincha (1.7-rasm).

Elektr maydon kuchlanganlik chiziqlarining shakli zaryadlar ishorasi va elektrodning shakliga bog'liq bo'ladi. (1.8-rasm)

Kuchlanganlik chiziqlari o'zaro parallel bo'lib, zichligi barcha nuqtalarda bir xil bo'lgan maydon bir jinsli elektr maydoi deb yuritiladi.

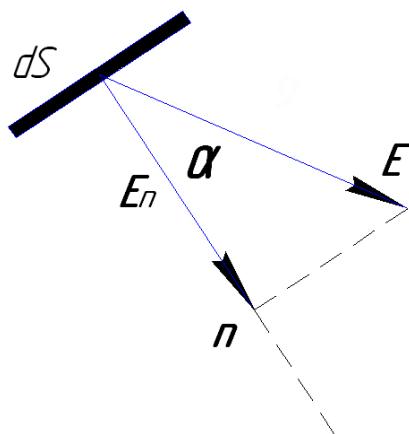


1.8 – rasm



Elektr maydon kuchlanganlik vektorining oqimi. Gauss teoremasi va uning tadbiqlari

Elektr maydonini xarakterlashda nafaqat kuchlanganlik chiziqlari tushunchasidan, balki elektr maydon kuchlanganlik vektori oqimi tushunchasidan ham foydalaniladi. Bir jinsli elektr maydoniga joylashtirilgan ds-elementar yuzani kuzatamiz.



1.9 – rasm

Kuchlanganlik vektorining oqimi deb, elementar yuza orqali o'tayotgan kuchlanganlik chiziqlari soniga teng kattalikka aytiladi va kuchlanganlik vektorini unga perpendikulyar bo'lgan yuzaga ko'paytmasi bilan aniqlanadi:

$$d\Phi_E = \vec{E} dS \cos \alpha \quad (1.25)$$

9-rasmdan $\vec{E}_n = \vec{E} \cos \alpha$

$$d\Phi_E = E_n dS \quad (1.26)$$

Agar maydon bir jinsli bo'lmasa, S-sirtini shunday elementar bo'lakchalarga ajratamizki, uning har bir bo'lakchasi uchun (1.26) ifodani yozish mumkin bo'lsin.

Ixtiyoriy berk sirt orqali maydon kuchlanganligi vektorining oqimi, shu elementar bo'lakchalardan o'tayotgan oqimning algebraik yig'indisiga teng bo'ladi:

$$\Phi_E = \oint_S E_n dS \quad (1.27)$$

Ixtiyoriy berk sirt orqali nuqtaviy zaryad maydonining kuchlanganlik vektori oqimini hisoblaymiz.

Sirt ichida markazi nuqtaviy zaryadda bo'lgan r-radiusli sfera sirt chizamiz (1.10-rasm).

(1.27) ga nuqtaviy zaryad maydoni kuchlanganligi vektori ifodasini qo'yib sirt bo'yicha integrallaymiz:

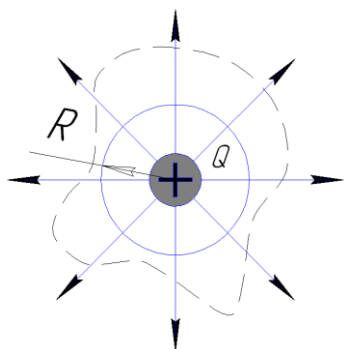
$$\Phi_E = \oint_S E dS = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot \oint_S dS_{sf} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (1.28)$$

Sferik sirtdan qancha kuchlanganlik chiziqlari o'tsa, egri sirtdan ham shuncha chiziqlar chiqadi. Demak, bundan nuqtaviy zaryad maydon

kuchlanganligining ixtiyoriy sirt bo'yicha oqimi $\frac{q}{\epsilon_0}$

dan ortiq bo'lmaydi degan xulosa chiqadi. Bu xulosa istalgan zaryadlar sistemasi uchun o'rinli bo'lib, Ostrogradskiy – Gauss tomonidan aniqlangan:

Istalgan shakldagi berk sirt orqali elektr maydon kuchlanganligi vektorining oqimi, shu sirt o'rab olgan zaryadlar algebraik yig'indisining absolyut elektrostatik doimiysi nisbatiga teng:



1.10-rasm

$$\oint_S E_n dS = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum q_i \quad (1.29)$$

Elektr maydon kuchlanganlik chiziqlari sirtni toq son marta kesib o'tib, oqimni hisoblashda faqat bir marta qatnashadi (1.11-rasm).

Superpozitsiya prinsipiga ko'ra zaryadlar sistemasi maydonining kuchlanganligi alohida zaryadlar hosil qilgan maydon kuchlanganligining geometrik yig'indisiga teng.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n \quad (1.30)$$

Shu tufayli to'la oqim:

$$\oint_S E_n dS = \oint_S (\sum E_i) dS$$

(1.28) ga ko'ra algebraik yig'indi ostidagi har bir integralning qiymati $\frac{q}{\varepsilon_0}$ ga teng.

Demak:

$$\oint_S E_n dS = \frac{q_1}{\varepsilon_0} + \frac{q_2}{\varepsilon_0} + \frac{q_3}{\varepsilon_0} + \dots + \frac{q_n}{\varepsilon_0} = \frac{q}{\varepsilon_0} \sum q_i$$

(1.31)

Bu esa Ostrogradskiy – Gauss teoremasining matematik ifodasidir. Agar zaryad biror hajmda tekis taqsimlangan bo'lsa, elektr maydoni kuchlanganligining oqimi quyidagicha aniqlanadi:

$$\oint_S E_n dS = \frac{q}{\varepsilon_0} \cdot \oint_V \rho dV \quad (1.32)$$

Agar $q = 0$ yoki $\sum q_i = 0$ bo'lsa, har qanaday berk sirt orqali elektr maydon kuchlanganlik vektorining oqimi ham nolga teng bo'ladi.

$$\oint_S E_n dS = 0$$

Bundan quyidagi xulosalar chiqarish mumkin.

a) Berk sirt ichidagi zaryad bo'lmasa yoki zaryadlarning algebraik yig'indisi nolga teng bo'lsa, elektr maydon kuchlanganlik chiziqlari sirt ichidan boshlanmaydi ham, tugallanmaydi ham. Sirtga kirishda qancha manfiy oqim hosil bo'lsa, chiqishda shuncha musbat oqim hosil bo'ladi:

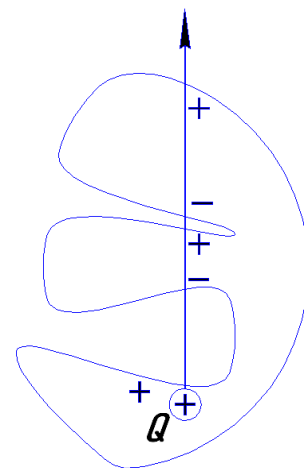
b) Elektr maydon kuchlanganlik chiziqlari faqat musbat zaryaddan boshlanadi va manfiy zaryadda yoki cheksizlikda tugallanadi.

Ostrogradskiy – Gauss teoremasining tadbiqlari

1) Bir jinsli tekis zaryadlangan cheksiz tekislik maydoni kuchlanganligi:

Yuza birligiga to'g'ri keladigan zaryad miqdoriga son jihatdan teng kattalik, zaryadning sirt zichligi deb yuritiladi.

$$\sigma = \frac{\sum q_i}{S} \left[\frac{Kl}{m^2} \right]$$



1.11-rasm

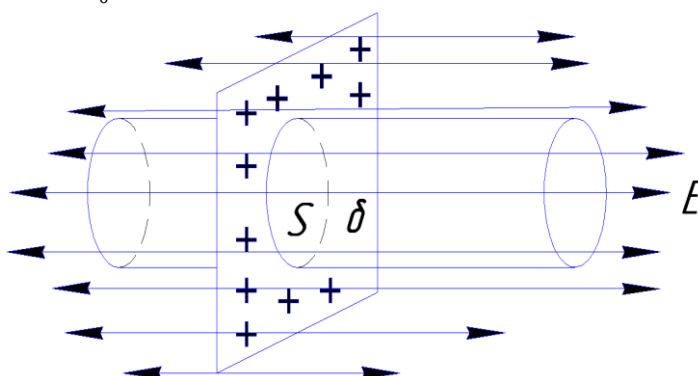
Elektr maydon kuchlanganlik chiziqlari tekislik sirtiga perpendikulyar bo'lib, musbat zaryadlangan tekislik uchun (1.12-rasm)da ko'rsatilgan.

Yasovchi kuchlanganlik vektoriga parallel, tekislikka nisbatan simmetrik silindrik sirt ajratamiz. Ta'rifga ko'ra:

$$\oint_S E_n dS = \left(\oint E dS \cos \alpha \right)_{yon} + 2 \left(\oint E dS \cos \alpha \right)_{asos}$$

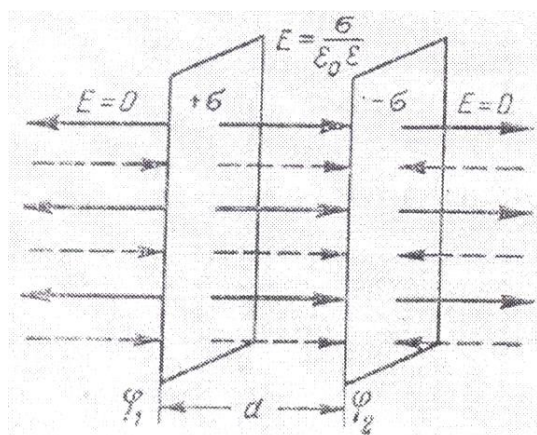
Silindr yasovchi E-elektr maydon kuchlanganlik chiziqlariga parallel bo'lib, uning yon sirtiga o'tkazilgan normal ($\vec{n}$) bilan $\frac{\pi}{2}$ burchakni tashkil e tishi tufayli (9)-ning birinchi hadi nolga teng bo'ladi. Maydon kuchlanganligi oqimi $\oint E ds = 2ES_{as}$ Gauss teoremasiga muvofiq,

$$2ES_{as} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_1 \quad \text{yoki} \quad E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$



1.12-rasm

2) Har xil ishorali tekis zaryadlangan qo'sh tekislik maydonining kuchlanganligi.



1.13-rasm

Tekisliklar oralig'idagi sohada kuchlanganlik chiziqlari bir tomonga yo'nalgan bo'ladi. Superpozitsiya prinsipiga muvofiq (1.13-rasm)

$$\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_- \\ E_+ = E_- = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

(1.33)

Shunday qilib, qarama – qarshi ishorali, bir xil zaryad zichligi bilan zaryadlangan qo'sh tekislik maydonining kuchlanganligi ular orasidagi sohada mujassamlashgan bo'ladi. Kuchlanganlik chiziqlari bu sohaning har bir nuqtada zichligi birday va bir tomonga yo'nalgan parallel chiziqlardan iborat bir jinsli elektr maydonini hosil qiladi.

Tekisliklardan tashqaridagi sohada kuchlanganlik chiziqlari qarama – qarshi yo’nalgan bo’lib, bir – birini kompensatsiyalaydi, shu tufayli maydon kuchlanganligi nolga teng bo’ladi.

$$E = E_+ + E_- = 0$$

3) Hajm bo’yicha tekis zaryadlangan shar maydonining kuchlanganligi.

$$\rho = \frac{\sum q}{V}$$

bu yerda, ρ - zaryadning hajmiy zichligi.

Hosil bo’lgan maydon markaziy simmetrik bo’ladi. Shar ichida ($r < R$) zaryad $q = \rho V = \rho \frac{4}{3} \pi r^3$ ga teng bo’ladi. Kuchlanganlik oqimi ta’rifiga ko’ra:

$$\oint E_n dS = E(r) 4\pi r^2 \quad (1.34)$$

kabi ifodalanadi.

Gauss teoremasiga muvofiq

$$\oint E_n dS = \frac{1}{\varepsilon_0} \rho \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (1.35)$$

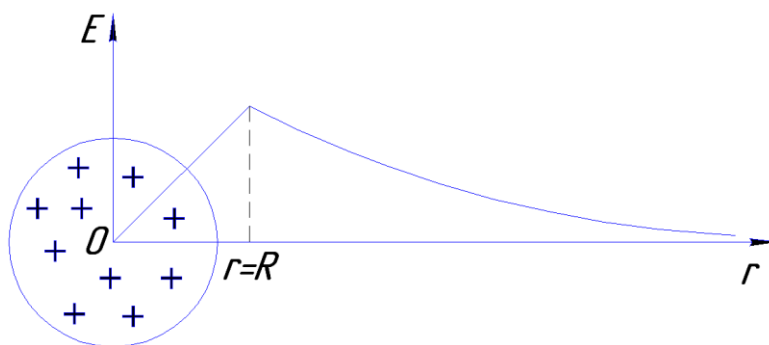
(1.34) va (1.35) dan foydalanib,

$$E(r) = \frac{1}{\varepsilon_0} \rho \frac{1}{3} r \quad (1.36)$$

Sharning $r < R$ – bilan o’ralgan hajmidagi zaryadning zichligi:

$$\rho = \frac{q}{\frac{4}{3} \pi R^3}$$

buni hisobga olib (1.37)dan $E(r) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R^3} \cdot r$ (1.38) ni hosil qilamiz



1.14-rasm

Shar ichida maydon kuchlanganligi radiusga proporsional ortadi. Shar tashqarisida esa maydon kuchlanganligi radiusning kvadratiga teskari proporsional ravishda kamayadi. (1.14-rasm)

Nazorat savollari:

1. Zaryad nimani xarakterlaydi?
2. Zaryadning xossalarini aytib bering?
3. Kulon qonuni nimadan iborat? U qanday shartlar asosida o’rinli?

4. Elektrostatik maydon kuchlanganligi nimani xarakterlaydi. Unga ta'rif bering?
5. Elektrostatik maydon kuchlanganligining yo'nalishi qanday aniqlanadi?
6. Kuchlanganlik birliklarini keltirib chiqaring?
7. Kuchlanganlik chiziqlari qanday tuziladi va u nimani xarakterlaydi?
8. Kuchlanganlik vektor oqimi nima? Uning birligi qanday?
9. Maydon superpozitsiyasi printsipli nimadan iborat?

17-ma'ruza	ELEKTROSTATIK MAYDONNING POTENSIALI	
1.1. Ta'lim berish texnologiyasining modeli		
Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 nafargacha	
Mashg'ulot shakli	Axborot ma'ruza, B.B.B. jadvali	
Ma'ruza rejasi	1.Elektrostatik maydon kuchlarining bajargan ishi. 2.Elektrostatik maydon kuchlanganlik vektorining sirkulyasiyasi. 3. Elektrostatik maydon potentsiali. Nuqtaviy zaryad va zaryad tizimi maydonlarining potentsiali. 4.Elektrostatik maydon kuchlanganligi bilan potentsiali orasidagi bog'lanish. 5. Maydonlar superpozitsiyasi prinsipi. Elektr dipoli va dipol maydoni.	
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Talabalarning elektrostatik maydonning potentsiali haqidagi bilimlarni chuqurlashtirish va mustahkamlash.		
Pedagogik vazifalar: 1. Talabalarga elektr maydonning zaryadni ko'chirilganda bajarilgan ishini tushuntirish; 2. Elektrostatik maydonning potentsialli maydon ekanligini isbotlab ko'rsatish; 3. Elektr maydon kuchlanganligining sirkulyatsiya to'g'risida teorema mohiyatini yetkazish; 4. Elektrostatik maydon potentsial energiyasi bilan potentsiali o'rtasida qanday farq bor tushuntirish; 5. Talabalarga elektrostatik maydon kuchlanganlik bilan potentsial orasidagi bog'lanish ifodasi kelib chiqishini ko'rsatish;		O'quv faoliyati natijalari: Zaryadni elektrostatik maydonda ko'chirganda bajargan ishning yo'lining shakliga bog'liq bo'lmasligini isbotlab beradi; Elektrostatik kuchlarni nima uchun konservativ kuch deb atalishini tushuntiradi; Elektrostatik maydonning potentsialiga ta'rif beradi; Elektrostatik maydon kuchlanganligining yopiq kontur bo'yicha sirkulyasiyasi nimaga tengligini isbotlab beradi; Elektrostatik maydonning potentsiali bilan kuchlanganlik o'rtasida qanday bog'lanish borligini yozib beradi; Elektrostatik maydonning ekvipotensial sirti deb nimaga aytilishini izohlaydi;
Ta'lim berish usullari		“Aqliy hujum”, suhbat, ko'rgazmali
Ta'lim berish shakllari		Ommaviy, ana'naviy
Ta'lim berish vositalari		O'quv qo'llanma, proektor, slaydlar
Ta'lim berish sharoiti		O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash		Og'zaki nazorat: savol-javob

1.2 “Elektrostatik maydonning potentsiali” ma’ruza mashg’ulotining texnologik xaritasi

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta’lim beruvchi	Ta’lim oluvchilar
Tayyorgarlik bosqichi.	• Mavzu bo’yicha o’quv materiallarni, ya’ni taqdimot va tarqatma materiallarni tayyorlash. • Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish. • O’quv kursini o’rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro’yxatini tartiblashtirish.	
1-bosqich. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	• Talabalarning ma’ruza darsiga tayyorgarligi nazoratdan o’tkaziladi. • Talabalarning ma’ruzaga qatnashsish davomatini tekshirish. • Mavzuning nomini doskaga yozadi va mazkur mavzuni yoritishdan ko’zlangan asosiy natijalar to’g’risida axborot beradi.	Tinglaydilar Savollarga javob beradilar
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	“Elektrostatik maydon potentsiali” haqidagi ma’ruzani reja asosida tushuntiradi. • Power Point dasturi asosida asosiy ishchi formulalar va rasmlarni namoyish etadi. • Talabalarning yozib olishlarini ta’kidlaydi. • Mavzuga oid qiziqarli misollar berib talabalar mustaqil fikr yuritishini nazorat qiladi. • Talabalarga mavzuga oid bilimlarni mustahkamlash uchun savollar beradi: 1. Elektrostatik kuchlarni nima uchun konservativ kuch deb ataydi? 2. Elektrostatik maydonning potentsiali deb nimaga aytiladi? 3. Elektrostatik maydon kuchlanganligining yopiq kontur bo’yicha sirkulyasiyasi nimaga teng? 4. Potensial energiya bilan potensial o’rtasida qanday farq bor? Elektrostatik maydonning potentsiali bilan kuchlanganlik o’rtasida qanday bog’lanish bor?	Tinglaydilar, yozadilar. Muhokama etadilar Savollarga javob beradilar
3. Yakuniy bosqich (10 daqiqa)	• Mavzu bo’yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi. • Talabalarga mavzuga qiziqarli ma’lumotlar topib kelish aytiladi.	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

B.B.B. texnikasi

№	Mavzu savoli	Bilaman	Bilishni xohlayman	Bildim
1	Elektrostatik maydonning potentsiali deb nimaga aytiladi?			
2	Elektrostatik maydon kuchlanganligining yopiq kontur bo'yicha sirkulyasiyasi nimaga teng?			
3	Potensial energiya bilan potensial o'rtasida qanday farq bor?			
4	Elektrostatik maydonning potentsiali bilan kuchlanganlik o'rtasida qanday bog'lanish bor?			
5	Teng potentsialli yoki ekvipotensial sirtlar deb nimaga aytiladi?			

17- ma'ruza. ELEKTROSTATIK MAYDONNING POTENSIALI.

Reja

1. Elektrostatik maydon kuchlarining bajargan ishi.
2. Elektrostatik maydon kuchlanganlik vektorining sirkulyasiyasi.
3. Elektrostatik maydon potentsiali. Nuqtaviy zaryad va zaryad tizimi maydonlarining potentsiali.
4. Elektrostatik maydon kuchlanganligi bilan potentsiali orasidagi bog'lanish.
5. Maydonlar superpozitsiyasi prinsipi. Elektr dipoli va dipol maydoni.

Elektrostatik maydonda zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish

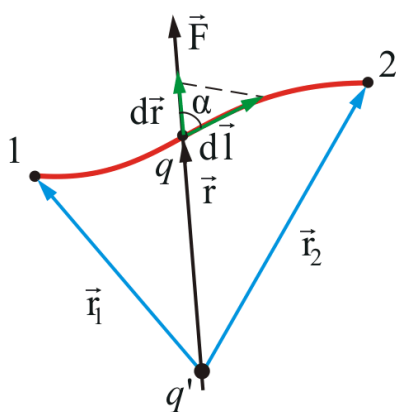
Elektr maydonga joylashtirilgan har qanday zaryadga maydon kuchlari ta'sir etadi.

$$\vec{E} = q_0 \vec{E} \quad (2.1)$$

Tajribalar ko'rsatishicha, bu kuchlar markaziy kuchlar bo'lib, ularning maydoni potensial xarakterga ega, ya'ni markaziy kuchlar maydonida bajarilgan ish zaryadning qanday traektoriya bo'ylab, qanday tezlik va qanday yo'nalishga ko'chirilishiga bog'liq bo'lmay, balki faqat zaryadning maydondagi boshlang'ich va oxirgi holat parametrlariga bog'liqdir.

Qo'zg'almas q-musbat zaryad maydonidagi q_0 -sinov zaryadini ko'chirishda bajarilgan ishni hisoblaymiz (2.1-rasm). Zaryadni elementar dl masofaga ko'chirishda bajarilgan ish ta'rifga ko'ra,

$$dA = F dl \cos \alpha \quad (2.2)$$



2.1-rasm

Nuqtaviy zaryad maydonning kuchlanganligi ifodasidan foydalanib:

$$F = q_0 E = q_0 \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (2.3)$$

rasmdan,

$$dr = dl \cos \alpha \quad (2.4)$$

(2.2), (2.3) va (2.4) ga asosan

$$dA = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr \quad (2.5)$$

yozamiz.

(2.5) ni integrallab, zaryadni maydonning bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga ko'chirishda bajarilgan ish uchun quyidagini hosil qilamiz:

$$A_{12} = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0} \int_1^2 \frac{dr}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{qq_0}{r_1} - \frac{qq_0}{r_2} \right) \quad (2.6)$$

(2.6) dan, elektrostatik maydonda zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish, zaryadning maydondagi boshlang'ich va oxirgi holat parametrlariga bog'liq degan xulosa kelib

chiqadi. Bu xulosani zaryadlarning istalgan sistemasi uchun umumlashtirish mumkin.

$q_1, q_2, q_3 \dots Q_n$ zaryadlar sistemasi maydonida turgan q_0 -sinov zaryadiga har bir zaryad mustaqil ravishda $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3 \dots \vec{F}_n$ - kuch bilan ta'sir etadi.

Sinov zaryadini ko'chirishda bu kuchlarning bajargan ishi (2.2) va (2.4) ga asoslanib.

$$\begin{aligned} dA_1 &= F_1 dr & dA_2 &= F_2 dr; & dA_n &= F_n \cdot dr & \text{yoki} \\ dA_1 &= q_0 E_1 dr, & dA_2 &= q_0 E_2 dr; & dA_n &= q_0 E_n dr & \text{tarzida} \end{aligned}$$

yoziyadi.

Zaryad bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko'chirishda to'la bajarilgan ish esa:

$$A = \oint^2 q_0 (E_1 + E_2 + E_3 + \dots E_n) dr; \quad A = \oint^2 q_0 E_n dr \quad (2.7)$$

Agar q_0 -zaryad berk kontur bo'yicha ko'chirilsa, elektr maydonida zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish nolga teng bo'ladi.

$$A = \oint q_0 E dr = 0 \quad \text{yoki} \quad A = \oint q_0 E dl \cos \alpha = 0 \quad (2.8)$$

$$(2.8) \text{ ifodadagi } \oint E dl \cos \alpha \text{ yoki } \oint E dl \text{ dan iborat kattalik maydon}$$

kuchlanganligi vektorining serkulyatsiyasi deb yuritiladi.

(2.8) ga muvofiq $q_0 \neq 0$, $e \neq 0$, demak, elektr maydon kuchlanganligi vektorining berk kontur bo'yicha serkulyatsiyasi nolga teng degan xulosa kelib chiqadi.

$$\oint E_1 dl = 0 \quad (2.9)$$

(2.9) maydon potensial maydon ekanligining yetarli va zaruriy sharti ifodasidir. Shunday qilib, elektr maydoni kuchlanganlik chiziqlari musbat zaryaddan boshlangan radial chiziqlardan iborat bo'lgan potensial maydondir degan xulosaga kelamiz.

Elektr maydonning potensial

Potensial maydonda joylashtirilgan har qanday zaryadlangan jism energiyaga ega bo'ladi. Shu energiya hisobiga zaryadni ko'chirishda maydon kuchlari ish bajaradi.

Faraz qilaylik, potensial elektr maydonining har bir nuqtasi, biror (W) funksiyasi bilan bir qiymatli aniqlansin.

$$W = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0 r} + C \quad (2.10)$$

C-boshlang'ich shartga ko'ra aniqlanadigan o'zgarmas son.

r – cheksizlikka intilsa, C-nolga teng deb shartlashib olamiz.

$$(r \rightarrow \infty, C = 0)$$

$$W = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (2.11)$$

(2.11) ga sinov zaryadining elektr maydonidagi potensial energiyasi deb yuritiladi. Turli sinov zaryadi maydonning tayinli bir nuqtada har xil qiymatli $W^I, W^{II}, W^{III}, \dots, W^n$ energiyaga ega bo'ladi.

$$\frac{W^1}{q_o} = \frac{W^{11}}{q_o} = \dots = \frac{W^n}{q_o} = const \quad (2.12)$$

Lekin maydonning barcha nuqtalari uchun (2.12) o'zgarmas kattalik bo'lib, elektr maydon potentsiali deyiladi.

$$\varphi = \frac{W}{q_o} = \frac{q}{4\pi\epsilon_o r} \quad (2.13)$$

Birlik musbat zaryadning potentsial energiyasiga son jihatidan teng kattalik elektr maydon potentsiali deb ataladi.

(2.13) ni hisobga olib potentsial energiya uchun:

$$W = q_o \varphi \quad (2.14)$$

Ish va energiyaning ekvivalentligidan foydalanib, zaryadni maydonning biror nuqtasidan boshqa nuqtasiga ko'chirishda bajarilgan ish ifodasini potentsiallar ayirmasi orqali quyidagicha yozamiz:

$$A_{12} = W_2 - W_1 = q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (2.15)$$

Shunday qilib elektr maydonida zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish, ko'chirilgan zaryad miqdori potentsiallar ayirmasi ko'paytmasiga teng.

Yuqoridagi shartga ko'ra $r \rightarrow \infty; W = 0$ yoki $\varphi = 0$ bo'lganligidan, zaryadni maydonning tayinli bir nuqtasidan cheksizlikka ko'chirishda bajarilgan ish uchun:

$$A_\infty = q \cdot \varphi \quad (2.16)$$

(2.16) dan

$$\varphi = \frac{A_\infty}{q} \quad (2.17)$$

Birlik musbat zaryadni elektr maydonining muayyan nuqtasida cheksizlikka ko'chirishda bajarilgan ishga son jihatidan teng kattalik elektr maydonning potentsiali deb yuritiladi.

Potentsialning o'lchov birligi qilib, xalqaro birliklar sistemasi (SI)da 1 Volt qabul qilingan.

$$1V = 1 \frac{J}{Kl} = \frac{10^7 \text{ erg}}{3 \cdot 10^9 \text{ CTC} \vartheta_q} = \frac{1}{300} \text{ CTC}$$

Amalda Voltning karrali birliklari:

$$1kV = 10^3 V$$

$$1 mV = 10^{-3} V \text{ ham ishlatiladi.}$$

Ekvopotensial sirtlar

E elektr maydon kuch xarakteristikasi bo'lsa φ uning energetik xarakteristikasidir. Yagona ob'yektiv reallikning bu ikki xarakteristikasi orasidagi bog'lanishni aniqlash uchun ekvopotensial sirt tushunchasidan foydalaniladi. *Birday potentsialli nuqtalarni geometrik o'rnidan iborat sirt – ekvopotensial sirtlar deyiladi.*

Ekvopotensial sirtlar fazoda shunday o'tkaziladiki, ikki qo'shni sirtlar potentsialining har bir nuqtadagi ayirmasi ($\Delta\varphi = const$) bir xil bo'ladi.

Ma'lumki, nuqtaviy zaryad maydonining potentsiali sirt radiusi ortishi bilan kamaya boradi.

Shu tufayli, zaryaddan birday uzoqlikdagi nuqtalar potentsiali bir xil bo'ladi.

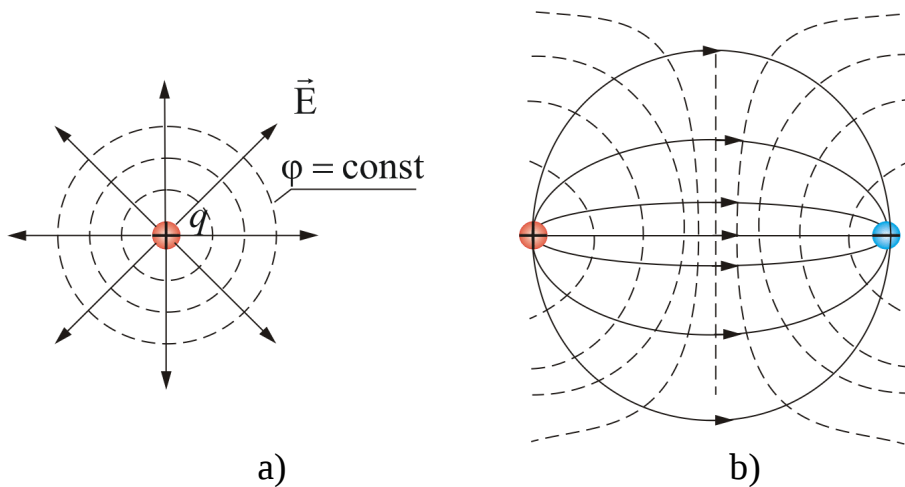
$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (2.18)$$

Agar q-zaryad ekvopotensial sirt bo'ylab, bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko'chirilsa: ($\varphi_1 = \varphi_2$) bajarilgan ish nolga teng bo'ladi.

$$\left. \begin{aligned} A_{12} &= q(\varphi_1 - \varphi_2) = 0 \\ A_{12} &= qEdl \cos \alpha = 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.19)$$

(2.19) ifodadan nuqtaviy zaryad maydoni uchun kuchlanganlik chiziqlari ekvopotensial sirtlarga perpendikulyardir degan xulosa kelib chiqadi, chunki ekvopotensial sirtlar zich joylashgan nuqtada zaryadga katta kuch ta'sir etadi.

$$q \neq 0, E \neq 0, dl \neq 0, \quad \text{demak, } \cos \alpha = 0, \quad \alpha = \pi/2$$



2.2-rasm. a) Nuqtaviy zaryad maydonining ekvopotensial sirtlari; b) Dipol maydonining ekvopotensial sirtlari.

Agar q-zaryad, potentsiali φ_1 nuqtadan, potentsiali φ_2 -nuqtaga ko'chirilsa:

$$\left. \begin{aligned} A_{12} &= qE \cdot dl \cos \alpha = qEdr \\ A_{12} &= q(\varphi_1 - \varphi_2) = q[\varphi - (\varphi + d\varphi)] = -qd\varphi \end{aligned} \right\} \quad (2.20)$$

(2.20) dan quyidagini hosil qilamiz:

$$E = -\frac{d\varphi}{dr} \quad (2.21)$$

(2.21) ifoda potentsialning r -vektor bo'yicha o'zgarish tezligini bildiradi va potentsial gradiyenti deb yuritiladi.

Elektr maydonining ixtiyoriy nuqtasidagi maydon kuchlanganligi vektorini koordinatalar o'qi bo'yicha tashkil etuvchilarga ajratsak, (2.21) quyidagi ko'rinishni oladi.

$$\vec{E}_x = -\frac{\partial \varphi}{\partial x} \vec{i}, \quad E_y = -\frac{\partial \varphi}{\partial y} \vec{j}, \quad E_z = -\frac{\partial \varphi}{\partial z} \vec{k}$$

Bu yerda $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ lar mos ravishda x, y, z o'qlar bo'yicha birlik vektorlardir. Maydon kuchlanganligi:

$$\vec{E} = -\left(\frac{\partial\varphi^-}{\partial x}i + \frac{\partial\varphi^-}{\partial z}k\right) = -grad\varphi \quad (2.22)$$

Elektr maydon kuchlanganligi teskari ishora bilan olingan potensial gradiyentiga teng. Minus ishora kuchlanganlik vektorining potentsiali kamayish tomonga yo'nalganligini bildiradi.

Nazorat savollari:

1. Zaryadni elektrostatik maydonda ko'chirganda bajargan ishning yo'lining formasiga bog'liq bo'lmasligini isbotlang.
2. Elektrostatik kuchlarni nima uchun konservativ kuch deb ataydi?
3. Elektrostatik maydonning potentsialli maydon ekanligini ko'rsating.
4. Elektrostatik maydon kuchlanganligining yopiq kontur bo'yicha sirkulyasiyasi nimaga teng?
5. Potensial energiya bilan potensial o'rtasida qanday farq bor?
6. Elektrostatik maydonning potentsiali bilan kuchlanganlik o'rtasida qanday bog'lanish bor?
7. Teng potentsialli yoki ekvipotensial sirtlar deb nimaga aytiladi?

18-ma'ruza	ELEKTROSTATIK MAYDONDAGI O'TKAZGICH	
1.1. Ta'lim berish texnologiyasining modeli		
Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 nafargacha	
Mashg'ulot shakli	Axborot ma'ruza, B.B.B. jadvali	
Ma'ruza rejasi	1.Zaryadning zichligi. Tashqi elektr maydonidagi o'tkazgich. 2.Elektr sig'imi. Kondensatorlar sig'imi. 3. Elektr zaryadlarining o'zaro ta'sir energiyasi. 4.Zaryadlangan o'tkazgichlar tizimining energiyasi. 5.Zaryadlangan kondensator energiyasi. 6. Elektrostatik maydon energiyasi zichligi	
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Talabalarga elektrostatik maydonga joylashtirilgan o'tkazgichda ro'y beradigan hodisalar haqida ma'lumot to'la berish.		
Pedagogik vazifalar: • Talabalarga o'tkazgichga berilgan zaryad faqat uning sirtida joylashishini isbotlab ko'rsatish; • O'tkazgichdagi zaryadlarning muvozanat shartlari nimadan iboratligini tushuntirish; • $\varphi=\text{const}$ bo'lsa $E=0$ bo'lishini isbotlab ko'rsatish; • Indutsiyalangan zaryadlarni hosil bo'lish mexanizmini tushuntirib berish; • Nima sababdan o'tkazgichning sig'imi uning zaryadi va potentsialiga bog'liq bo'lmasligini tushuntirish; • Kondensator nima, uning turlari va mos holdagi sig'imlarini aytadi; • Elektrostatik maydon energiyasini va uning xajmiy zichligini ifodalovchi formulalarini ketirib chiqaradi;		O'quv faoliyati natijalari: • O'tkazgichga berilgan zaryadning qaday taqsimlanishini tushuntiradi; • $\varphi=\text{const}$ bo'lsa $E=0$ bo'lishini isbotlab ko'rsatadi; • Indutsiyalangan zaryadlarni hosil bo'lish mexanizmini tushuntirib beradi; • Nima sababdan o'tkazgichning sig'imi uning zaryadi va potentsialiga bog'liq bo'lmasligini sharhlaydi; • Kondensator nima, uning turlari va mos holdagi sig'imlari haqida ma'lumot beradi; • Elektrostatik maydon energiyasini va uning xajmiy zichligini ifodalovchi formulalarini yozib beradi;
Ta'lim berish usullari		“Aqliy hujum”, suhbat, ko'rgazmali
Ta'lim berish shakllari		Ommaviy, ana'naviy
Ta'lim berish vositalari		O'quv qo'llanma, proektor, slaydlar
Ta'lim berish sharoiti		O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash		Og'zaki nazorat: savol-javob

1.2 “Elektrostatik maydondagi oʻtkazgich” maʼruza mashgʻulotining texnologik xaritasi

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Taʼlim beruvchi	Taʼlim oluvchilar
Tayyorgarlik bosqichi.	• Mavzu boʻyicha oʻquv materiallarni, yaʼni taqdimot va tarqatma materiallarni tayyorlash. • Talabalar oʻquv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish. • Oʻquv kursini oʻrganishda foydalaniladigan adabiyotlar roʻyxatini tartiblashtirish.	
1-bosqich. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	• Talabalarning maʼruza darsiga tayyorgarligi nazoratdan oʻtkaziladi. • Talabalarning maʼruzaga qatnashsish davomatini tekshirish. • Mavzuning nomini doskaga yozadi va mazkur mavzuni yoritishdan koʻzlangan asosiy natijalar toʻgʻrisida axborot beradi.	Tinglaydilar Savollarga javob beradilar
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	• “Elektrostatik maydondagi oʻtkazgich” haqidagi maʼruzani reja asosida tushuntiradi. • Power Point dasturi asosida asosiy ishchi formulalar va rasmlarni namoyish etadi. • Talabalarning yozib olishlarini taʼkidlaydi. • Mavzuga oid qiziqarli masalalar berib talabalar mustaqil fikr yuritishini nazorat qiladi. • Talabalarga mavzuga oid bilimlarni mustahkamlash uchun savollar beradi: 1. Oʻtkazgichga berilgan zaryadning qaday taqsimlanadi? 2. Nima sababdan $\varphi = \text{const}$ boʻlsa $E = 0$ boʻladi? 3. Oʻtkazgichning elektr sigʻimi nimalarga bogʻliq? 4. Nima sababdan oʻtkazgichning sigʻimi uning zaryadi va potentsialiga bogʻliq boʻlmaydi? 5. Kondensator nima? Uning turlarini va mos xoldagi sigʻimlarini ayting? 6. Kondensatorlarni parallel ulaganda sigʻim qanday oʻzgaradi? Bunda qaysi fizik 7. kattalik oʻzgarmay qoladi? 8. Kondensatorlarni ketma-ket ulaganda natijaviy sigʻim qanday boʻladi. 9. Elektrostatik maydon energiyasini va uning	Tinglaydilar, yozadilar. Muhokama etadilar Savollarga javob beradilar

	xajmiy zichligini ifodalovchi formulalarini yozib, asoslab bering?	
3. Yakuniy bosqich (10 daqiqa)	• Mavzu bo'yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi. • Talabalarga mavzuga qiziqarli ma'lumotlar topib kelish aytiladi.	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

B.B.B. texnikasi

№	Mavzu savoli	Bilaman	Bilishni xohlayman	Bildim
1	O'tkazgichga berilgan zaryadning qaday taqsimlanadi?			
2	Nima sababdan $\varphi = \text{const}$ bo'lsa $E = 0$ bo'ladi?			
3	O'tkazgichning elektr sig'imi nimalarga bog'liq?			
4	Kondensator nima? Uning turlarini va mos xoldagi sig'imlarini ayting?			
5	Elektrostatik maydon energiyasini va uning xajmiy zichligini ifodalovchi formulalarini yozib, asoslab bering?			

18- ma'ruza. ELEKTROSTATIK MAYDONDAGI O'TKAZGICHLAR

Reja

1. Zaryadning zichligi. Tashqi elektr maydonidagi o'tkazgich.
2. Elektr sig'imi. Kondensatorlar sig'imi.
3. Elektr zaryadlarining o'zaro ta'sir energiyasi.
4. Zaryadlangan o'tkazgichlar tizimining energiyasi.
5. Zaryadlangan kondensator energiyasi.
6. Elektrostatik maydon energiyasi zichligi

Elektr maydonida o'tkazgichlar

Tarkibida erkin zaryadlari bo'lgan, elektr zaryadini yengil ko'chiradigan moddalar o'tkazgichlar deb ataladi. O'tkazgichlarga asosan metallar, elektrolitlar, ionlashgan gazlar misol bo'ladi.

O'tkazgichlarni zaryadlasak, berilgan zaryad uning tarkibidagi mikrozaryad bilan o'zaro ta'sirlashib, shunday qayta taqsimlanadiki, metall ichida olingan har qanday nuqtada maydon kuchlanganligi nolga teng bo'ladi.

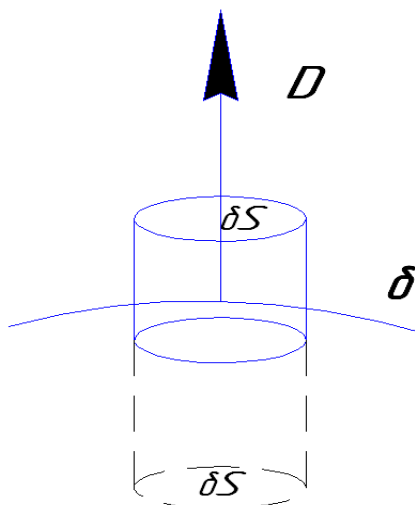
$$E_{\text{ich}}=0 \quad (3.1)$$

Elektr maydon potensialining gradiyentiga ko'ra:

$$E = -\frac{d\varphi}{dr}; \quad \varphi = \text{const} \quad (3.2)$$

Demak, o'tkazgich ichida va sirtidagi barcha nuqtalarning potentsiali bir xil bo'ladi, ya'ni o'tkazgich sirti ekvopotensial sirtidan iboratdir.

(3.1) va (3.2) ifodalar zaryadlarni metallar sirtida tekis taqsimlanish shart deb ataladi. Zaryadlarning tekis taqsimlanish shartiga ko'ra, maydon kuchlanganlik chiziqlari jism sirtida uning har bir nuqtasiga perpendikulyar bo'lishi kelib chiqadi (3.1-rasm).



3.1-rasm

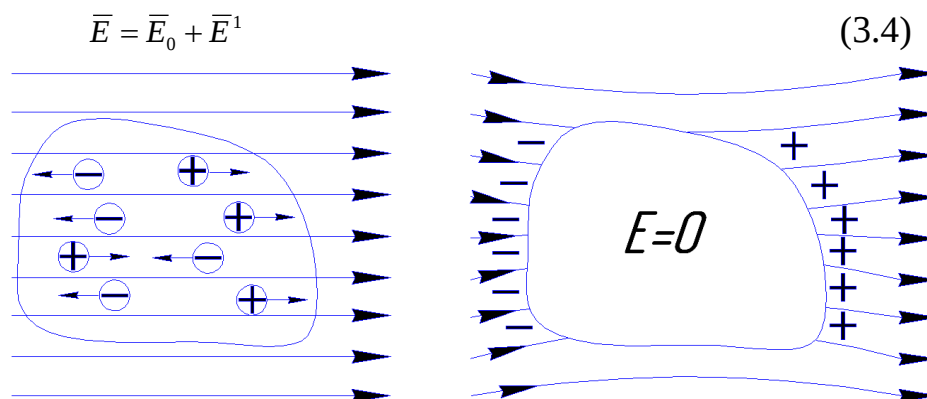
Elektr maydoniga joylashtirilgan o'tkazgichlarda, nafaqat unga uzatilgan zaryadlar, balki uning tarkibidagi mikrozaryadlar ham, musbat zaryadlari maydon yo'nalishida, manfiylari esa qarama – qarshi yo'nalishda ko'chib, induksiya qilingan sirt zaryadlarini vujudga keltiradi.

Bu zaryadlarning maydon kuchlanganligi ham Ostrogradskiy-Gauss teoremasiga muvofiq, zaryadning sirt zichligiga proporsional bo'ladi.

$$E^{\perp} = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0} \quad (3.3)$$

Tashqi maydon kuchlanganligining chiziqlari induksiya qilingan manfiy zaryadlarga uzatiladi va yana musbat zaryadlardan boshlanadi.

Metall ichida maydon kuchlanganligi ($E=0$) bo'ladi (3.2-rasm). Metall tashqarisida esa:

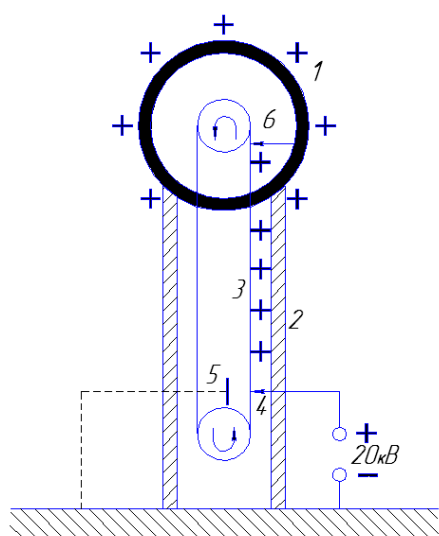


3.2-rasm

Metallarda zaryadning taqsimlanishida uning kovak yoki yaxlit bo'lishi muhim ahamiyatga ega emas. Zaryad faqat metalning sirti bo'ylab, (kovak va yaxlit metallda ham) birday zichlik bilan tekis taqsimlanadi.

O'tkazgichlarning bunday xususiyatidan yuqori kuchlanish manbai olishda, zaryadlarning elektrostatik generatorini yasashda, elektr kuchlaridan himoyalashda, yashin qaytargich sifatida foydalaniladi.

Van-de-Graf (1920 yil) yasagan elektrostatik generatorning tuzilishi bilan tanishamiz. Generatorning asosiy qismi konduktor deb ataladigan kovak metall



3.3-rasm

shar 1 dan iborat bo'lib, izolyator ustun 2 ga o'rnatilgan. Zaryad mashinasida hosil qilingan zaryad 4-uchlik orqali rezina aralash ipak gazlamali lenta 3-ga uzatiladi. Zaryad lentadan 6-taroq orqali konduktorga o'tadi (3.3-rasm).

Konduktor zaryadi ortishi bilan uning potentsiali ham ortib boradi. Bunday generatorlar yordamida erishish mumkin bo'lgan potentsiallar ayirmasi 10^7V -gacha bo'ladi. Elektrostatik generatorlardan zaryadli zarrachalarni tezlatgichlari sifatida yadro reaksiyalarini hosil qilishda foydalaniladi.

Yakkalangan o'tkazgich elektr sig'imi

Yakkalangan o'tkazgichga q -zaryad miqdori berib zaryadlasak, uning atrofida kuchlanganligi E , potentsiali φ -bo'lgan elektr maydoni vujudga keladi. Zaryadlangan har qanday jismni nuqtaviy zaryadlar sistemasi deb qarash mumkin (3.4-rasm). Nuqtaviy zaryadlar sistemasi maydonining kuchlanganligi esa superpozitsiya prinsipiga ko'ra:

$$E = \sum E_1 = \int \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{dq}{r^2} \quad (3.5)$$

ϵ -o'tkazgich joylashgan muhitning dielektrik singdiruvchanligi

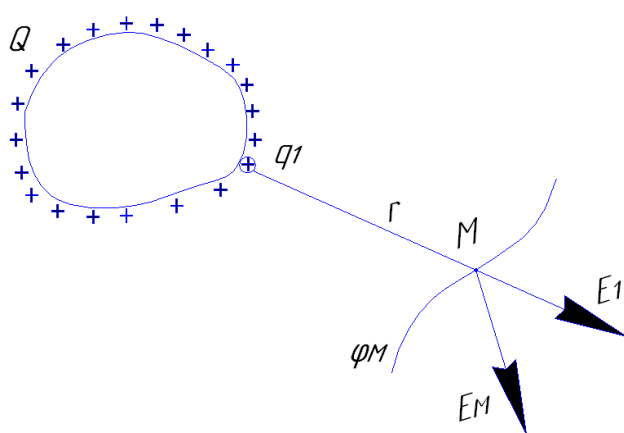
Ma'lumki, elektr maydon kuchlanganligi, teskari ishora bilan olingan potensial gradiyentiga teng:

$$E = -\frac{d\varphi}{dr},$$

$$\varphi = -\int_{\varphi}^0 d\varphi = -\int_{\varphi}^0 E dr = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r} \quad (3.6)$$

Tashqi sirtlar o'zgarmaganda, zaryadlangan jism elektr maydoni potentsiali unga berilgan zaryad miqdoriga proporsionaldir.

$$\varphi \sim q \quad (3.7)$$



3.4-rasm

(3.7) ga proporsionallik koeffitsiyentini kiritib:

$$\varphi = \frac{1}{C} \cdot q \quad (3.7^1)$$

C-proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, yakka o'tkazgichning elektr sig'imi deb yuritiladi.

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad (3.8)$$

O'tkazgich potentsialini bir voltga oshirish uchun unga son jihatdan qanday zaryad miqdori berilishini ko'rsatadigan kattalik

elektr sig'imi deb yuritiladi.

Elektr sig'imining birligi qilib, 1 Farada qabul qilingan.

$$1F = 1 \frac{Kl}{V}$$

Bir faradani tasavvur qilish uchun yer sharining elektr sig'imini hisoblaymiz. (3.1¹ va (3.8) dan:

$$C = \frac{q}{\varphi} = \frac{q}{q/4\pi\epsilon\epsilon_0 r} = 4\pi\epsilon\epsilon_0 r \quad (3.9)$$

$$C = 4 \cdot 3,141 \cdot 8,86 \cdot 10^{-12} \cdot 6400000 \text{ m} \approx 7 \cdot 10^{-5} \Phi \approx 700 \text{ mk}\Phi$$

(3.9) dan

$$r = \frac{1\Phi}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \Phi / M} = \frac{1\Phi}{111,16 \cdot 10^{-12} \Phi / M} = 0,0090 \cdot 10^{12} \text{ m} = 9 \cdot 10^9 \text{ m} = 9 \cdot 10^6 \text{ km}$$

1 farada sig'imga ega bo'lish uchun, jismning radiusi esa 6400 km.

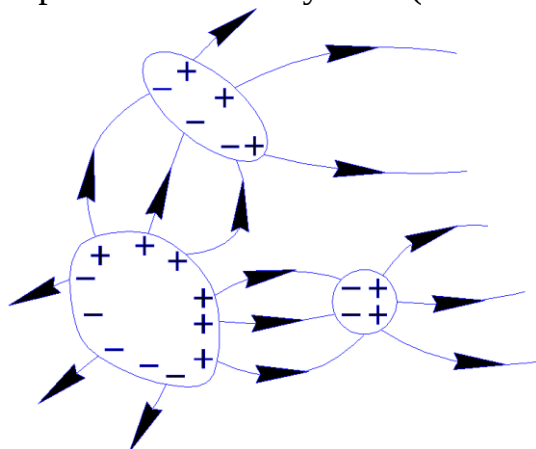
Bundan ko'rinib turibdiki, bir farada juda katta o'lchov birligi bo'lib shu tufayli amalda faradaning ulushli birliklari $10^{-6}\Phi = 1\text{mk}\Phi$ $10^{-9}\Phi = 1\text{n}\Phi$

$10^{-12}\text{F} = 1\text{pkF}$ – qo'llaniladi.

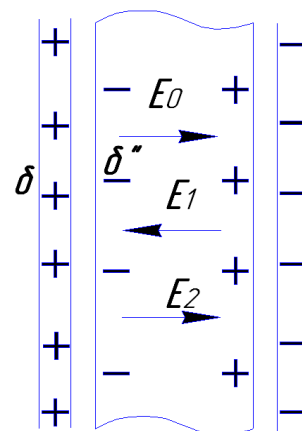
Kondensatorlar

Tajribalar ko'rsatishicha, yakkalangan o'tkazgichning elektr sig'imi jism shakli, uning o'lchami va u joylashgan muhit xossalariga bog'liq bo'ladi.

Agar o'tkazgich yaqiniga boshqa o'tkazgichlar ham joylashtirilgan bo'lsa, u holda elektr maydon kuchlanganlik chiziqlari induksiyalangan zaryadlarda uzilib, maydon potensialini kamaytiradi (3.5-rasm)



3.5-rasm



3.6-rasm

Natijada jismlar sistemasining elektr sig'imi ortadi. O'tkazgichlarning bunday sistemasi kondensator deb yuritiladi.

Sodda kondensatorlar dielektrik qatlam bilan ajratilgan parallel metall plastinkalari sistemasidan iborat bo'ladi (3.6-rasm).

Elektr maydoni kondensator qoplamlari oralig'ida bo'lgani uchun kuchlanganlik chiziqlari ularning biridan boshlanib, ikkinchisida tugaydi.

Kondensator elektr sig'imi uning qoplamlaridagi zaryad miqdorining, qoplamlar orasidagi kuchlanishga nisbati bilan aniqlanadi.

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U} \quad (3.10)$$

Ikki nuqta potensialining ayirmasi esa kuchlanish deb yuritiladi.

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U = Ed$$

Ostrogradskiy-Gauss teoremasiga muvofiq,

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0 S}; \quad C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} \quad (3.11)$$

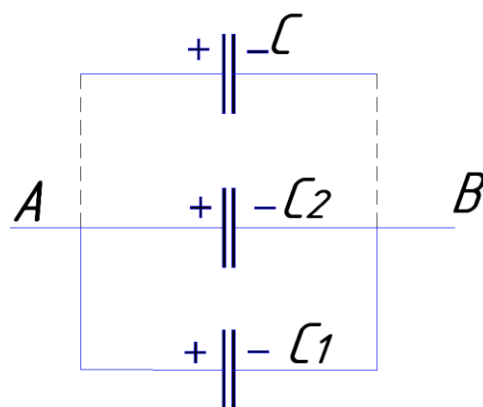
bu yerda, S-kondensator qoplamasining yuzi, d-qoplamalar orasidagi masofa.

(3.11) dan ko'rinadiki, yassi kondensator elektr sig'imini oshirish uchun qoplamalar sirti yuzini oshirish, ular orasidagi masofani mumkin qadar kamaytirish lozim. Bunday imkoniyatlar cheklangan, chunki yuza ortsa, qurilmaning o'lchami katta bo'ladi. Qoplamalari orasidagi masofa kamaytirilsa, dielektrikning izolyatorlik sifati yo'qolib "teshilish" sodir bo'ladi, shu tufayli masofani biror minimal qiymatdan ortiq kamaytirib bo'lmaydi.

$U_T = d_{\min} \cdot E$ -bilan aniqlangan kuchlanish "teshilish" kuchlanishi deyiladi.

Kondensatorlar sig'imini kerakli maqsadga muvofiq o'zgartirish uchun ularni ketma – ket yoki parallel qilib ulanadi.

1) Kondensatorlarni parallel ulash (3.7-rasm).



3.7-rasm

Barcha kondensatorlar uchun kuchlanish bir xil bo'ladi.

$$q_1 = C_1 U;$$

$$q_2 = C_2 U$$

tarifga ko'ra,

$$C = \frac{q}{U}$$

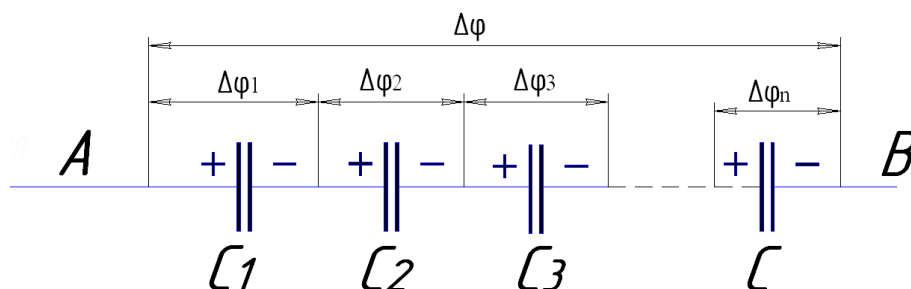
$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n;$$

$$C_0 = \sum C_i$$

Agar $C_1 = C_2 = \dots = C$ bo'lsa

$$C_0 = n \cdot C_1 \text{ bo'ladi.}$$

Kondensatorlarni ketma – ket ulash (3.8-rasm)



3.8-rasm

Bunday ulashda umumiy kuchlanish har bir kondensator qoplamalaridagi kuchlanishlarning yig'indisiga teng bo'ladi.

$$q = q_1 = q_2 = \dots = q_n;$$

$$U = U_1 + U_2 = q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

Bataryaning elektr sig'imini esa:

$$\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} = \sum \frac{1}{C_i}$$

Agar batareya ikkita kondensatordan iborat bo'lsa: $C =$

Elektr maydon energiyasi

Ma'lumki, elektrostatik kuchlar konservativ kuchlardir. Konservativ kuchlarning bajargan ishi zaryadni qanday trayektoriya bo'ylab, qanday tekislik

bilan va qanday yo'nalishda ko'chirishga bog'liq bo'lmay, faqat boshlang'ich va oxirgi holat parametrlari orqali aniqlanadi.

Konservativ kuchlar maydonida turgan jism potensial energiyaga ega bo'ladi. Maydon kuchlari ana shu energiya hisobidan ish bajaradi.

O'zaro ta'sirlashayotgan ikkita zaryadlangan jismlarni kuzatsak, ularning har biri ikkinchisining maydonida

$$W_1 = q_1 \varphi_{12}; \quad W_2 = q_2 \varphi_{21} \quad (3.12)$$

potensial energiyaga ega bo'ladi.

φ_1, φ_2 - lar mos holda q_1 va q_2 zaryadlangan jismlarning berilgan nuqtada hosil qilgan potentsiallari bo'lib, u quyidagicha ifodalanadi.

$$\varphi_{1,2} = \frac{q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_{12}}, \varphi_{2,1} = \frac{q_1}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_{21}} \quad (3.13)$$

(3.12) va (3.13) dan (3.14) ni hosil qilamiz.

$$W_1 = W_2 = W \quad \text{yoki} \quad W = q_1 \varphi_{12} = q_2 \varphi_{21} \quad (3.14)$$

Sistemasining energiyasi ifodasiga har ikkala zaryad ham simmetrik ravishda kirishi uchun (3.14) ni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$W = \frac{1}{2} (q_1 \varphi_{12} + q_2 \varphi_{21}) \quad (3.15)$$

Bu ifoda barcha zaryadlar sistemasi uchun o'rinli bo'lib, umumiy holda

$$W = \frac{1}{2} \sum q_i \varphi_i \quad (3.16)$$

(3.16) zaryadlar sistemasi maydonining energiyasini ifodalaydi.

Zaryadi q -bo'lgan o'tkazgich zaryadini dq -ga oshirish uchun potentsiali φ -bo'lgan maydon kuchlari ustidan ma'lum bir ish bajarish lozim.

$$dA = \varphi \cdot dq = \frac{1}{C} \cdot q \cdot dq \quad (3.17)$$

Bu ish o'tkazgichning potensial energiyasini oshirishga sarflanadi.

$$dA = dW = \frac{1}{C} q dq \quad (3.18)$$

(3.18) ni integrallab, yakkaqlangan o'tkazgichning potensial energiyasini hosil qilamiz.

$$W = \frac{q^2}{2C} + const \quad (3.19)$$

boshlang'ich shartga ko'ra $const=0$, chunki zaryadlanmagan o'tkazgich elektr energiyasiga ega emas.

Elektr sig'imi va potentsiali orasidagi munosabatni hisobga olib (8) ni quyidagicha ifodalash mumkin.

$$W = \frac{q^2}{2C}; \quad W = \frac{q \cdot \varphi}{2}; \quad W = \frac{C \varphi^2}{2} \quad (3.20)$$

Zaryadlangan kondensator energiyasini ifodalash uchun φ -potensial o'rniga qoplamalar orasidagi potentsiallar ayirmasi $\varphi_1 - \varphi_2 = U$ dan foydalanish kifoya.

$$W_k = \frac{q^2}{2C}; \quad W = \frac{q \cdot U}{2}; \quad W = \frac{CU^2}{2} \quad (3.21)$$

Ma'lumki, zaryadlangan o'tkazgich ichida elektr maydon bo'lmaydi shu tufayli maydon ham, energiya ham, fazoda kuchlanganlikka bog'liq holda biror zichlik bilan taqsimlangan bo'ladi.

Agar (3.21) ga yassi kondensator elektr sig'imi ifodasini qo'ysak,

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 SU^2}{2d} \cdot \frac{d}{d} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0}{2} \left(\frac{U}{d}\right)^2 Sd$$

$$\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{U}{d} = E; \quad S \cdot d = V \text{ ekanligini hisobga olib:}$$

$$W = \frac{\varepsilon\varepsilon_0}{2} E^2 V \quad (3.22)$$

Maydon bir jinsli bo'lsa, energiya o'zgarish zichlik bilan taqsimlanadi. *Hajm birligidagi energiya miqdoriga son jihatdan teng kattalik energiya hajmiy zichligi deb yuritiladi va quyidagicha ifodalanadi:*

$$\varpi = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0}{2} E^2 \quad \left[\frac{J}{m^3} \right] \quad (3.23)$$

Nazorat savollari

1. O'tkazgichga berilgan zaryadning qaday taqsimlanadi?
2. Nima sababdan $\varphi = \text{const}$ bo'lsa $E=0$ bo'ladi?
3. O'tkazgichning elektr sig'imi nimalarga bog'liq?
4. Nima sababdan o'tkazgichning sig'imi uning zaryadi va potentsialiga bog'liq bo'lmaydi?
5. Kondensator nima? Uning turlarini va mos xoldagi sig'imlarini ayting?
6. Kondensatorlarni parallel ulaganda sig'im qanday o'zgaradi? Bunda qaysi fizik
7. kattalik o'zgarmay qoladi?
8. Kondensatorlarni ketma-ket ulaganda natijaviy sig'im qanday bo'ladi.
9. Elektrostatik maydon energiyasini va uning xajmiy zichligini ifodalovchi formulalarini yozib, asoslab bering?

19-ma'ruza	ELEKTROSTATIK MAYDONDAGI DIELEKTRIKLAR	
1.1. Ta'lim berish texnologiyasining modeli		
Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 nafargacha	
Mashg'ulot shakli	Axborot ma'ruza, B.B.B. jadvali	
Ma'ruza rejasi	1.Dielektriklarning turlari. Qutblanish zaryadlari. Bir jinsli bo'lmagan qutblanish. 2.Dielektriklarning qutblanishi. 3.Elektr siljish vektori. Dielektrik singdiruvchanlik. Dielektriklar uchun elektrostatikaning asosiy tenglamasi. Gauss teoremasi. 4.. Segnetoelektriklar va ularning texnikada qo'llanilishi. «Dielektrik-dielektrik» va «o'tkazgich-dielektrik» chegarasidagi chegaraviy shartlar. 5. Dielektrikdagi elektrostatik maydon energiyasining zichligi.	
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Talabalarga dielektriklardagi elektrostatik hodisalar haqida ma'lumot berish.		
Pedagogik vazifalar: • Dielektriklarning tuzilishi va ularning elektr maydoni qanday ta'sir ko'rsatishini tushuntirish; • Qutblanish vektori qanday fizik ma'noga ega ekanligini aytish; • Elektr siljish vektoriga ta'rif berish; • Dielektrik uchun Gauss teoremasining ko'rinishga kelishini yozib berish; • Nisbiy dielektrik singdiruvchanlik bilan muxitning dielektrik kabul kiluvchanligi o'rtasida qanday boglanish borligini isbotlab ko'rsatish; • Segnetoelektriklar va ularning boshqa dielektriklardan farki sharhlab berish; • Qattiq jismlarning qutblanishining oddiy dielektriklardan farqini tushuntirish; To'g'ri va teskari p'ezoelektrik effekt haqida ma'lumot berish;		O'quv faoliyati natijalari: • Dielektriklarning tuzilishi va ularning elektr maydoni qanday ta'sir ko'rsatishini tushuntiradi; • Qutblanish vektori qanday fizik ma'noga ega ekanligini aytadi; • Elektr siljish vektoriga ta'rif beradi; • Dielektrik uchun Gauss teoremasining ko'rinishga kelishini yozib beradi; • Nisbiy dielektrik singdiruvchanlik kattaligining fizik ma'nosini aytadi; • Segnetoelektriklar va ularning boshqa dielektriklardan farki sharhlab beradi; • To'g'ri va teskari p'ezoelektrik effekt haqida ma'lumot berdi;
Ta'lim berish usullari		“Aqliy hujum”, suhbat, ko'rgazmali
Ta'lim berish shakllari		Ommaviy, ana'naviy
Ta'lim berish vositalari		O'quv qo'llanma, proektor, slaydlar

Ta'lim berish sharoiti	O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash	Og'zaki nazorat: savol-javob

“Elektrostatik maydondagi dielektriklar” ma’ruza mashg’ulotining texnologik xaritasi

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta'lim beruvchi	Ta'lim oluvchilar
Tayyorgarlik bosqichi.	- Mavzu bo'yicha o'quv materiallarni, ya'ni taqdimot va tarqatma materiallarni tayyorlash. - Talabalar o'quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish. - O'quv kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro'yxatini tartiblashtirish.	
1-bosqich. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	- Talabalarning ma'ruza darsiga tayyorgarligi nazoratdan o'tkaziladi. - Talabalarning ma'ruzaga qatnashsish davomatini tekshirish. - Mavzuning nomini doskaga yozadi va mazkur mavzuni yoritishdan ko'zlangan asosiy natijalar to'g'risida axborot beradi.	Tinglaydilar Savollarga javob beradilar
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	“Elektrostatik maydondagi dielektriklar” haqidagi ma'ruzani reja asosida tushuntiradi. - Power Point dasturi asosida asosiy ishchi formulalar va rasmlarni namoyish etadi. - Talabalarning yozib olishlarini ta'kidlaydi. - Mavzuga oid qiziqarli masalalar berib talabalar mustaqil fikr yuritishini nazoran qilinadi. - Talabalarga mavzuga oid bilimlarni mustahkamlash uchun savollar beradi: - Elektr maydoni dipolga qanday ta'sir ko'rsatadi? - Qutblangan va qutblanmagan molekuladan iborat bo'lgan dielektrikning qutblanishida qanday fark bor? - Qutblanish vektori qanday fizik ma'noga ega? - Elektr siljish vektori, kuchlanganlik vektori va qutblanish vektorlari o'rtasida qanday boglanish bor? - Qutblangan zaryad bilan qutblanish vektori orasida qanday boglanish bor? - Dielektrik uchun Gauss teoremasining ko'rinishi qanday bo'ladi? - Nisbiy dielektrik singdiruvchanlik bilan muxitning	Tinglaydilar, yozadilar. Muhokama etadilar Savollarga javob beradilar

	dielektrik kabul kiluvchanligi o'rtasida qanday boglanish bor? 7 Segnetoelektriklar va ularning boshqa dielektrlardan farki nima?	
3. Yakuniy bosqich (10 daqiqa)	- Mavzu bo'yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi. - Talabalarga mavzuga qiziqarli ma'lumotlar topib kelish aytiladi.	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

B.B.B. texnikasi

№	Mavzu savoli	Bilaman	Bilishni xohlayman	Bildim
1	Dielektrlarning tuzilishi va ularning elektr maydoni qanday ta'sir ko'rsatadi?			
2	Elektr siljish vektoriga ta'rif bering.			
3	Dielektrik uchun Gauss teoremasining ko'rinishga kelishini yoziladi?			
4	Nisbiy dielektrik singdiruvchanlik kattaligining fizik ma'nosini ayting.			
	Segnetoelektriklar va ularning boshqa dielektrlardan farki sharhlab bering.			

19- ma'ruza. ELEKTROSTATIK MAYDONDAGI DIELEKTRIKLAR

Reja

1. Dielektriklarning turlari. Qutblanish zaryadlari. Bir jinsli bo'lmagan qutblanish.
2. Dielektriklarning qutblanishi.
3. Elektr siljish vektori. Dielektrik singdiruvchanlik. Dielektriklar uchun elektrostatikaning asosiy tenglamasi. Gauss teoremasi.
4. Segnetoelektriklar va ularning texnikada qo'llanilishi. «Dielektrik-dielektrik» va «o'tkazgich-dielektrik» chegarasidagi chegaraviy shartlar.
5. Dielektrikdagi elektrostatik maydon energiyasining zichligi.

Elektr maydonda dielektriklar. Elektr siljish vektori.

Elektr zaryadini uzatmaydigan, tarkibida erkin zaryadlari bo'lmagan moddalar dielektriklar deyiladi. Dielektriklarning elektr o'tkazuvchanligi metallarga nisbatan 10^{15} - 10^{20} marta kam bo'ladi.

Dielektriklar struktura tuzilishiga ko'ra, qutbli va qutbsiz dielektriklarga bo'linadi. Tashqi elektr maydoni bo'lmaganda, musbat va manfiy zaryadlarining markazi umumiy bo'lgan molekulalardan tashkil topgan moddalar qutbsiz dielektriklar deb yuritiladi. Qutbsiz dielektriklarga olmos, benzol, azot, vodorod, oltingugurt va shunga o'xshash moddalar misol bo'ladi.

Tashqi elektr maydoni bo'lmaganda ham, musbat va manfiy zaryadlarining markazi siljigan, ionli bog'lanishga ega bo'lgan nosimmetrik molekulalardan tashkil topgan moddalar qutbli dielektriklar hisolanadi. Qutbli dielektriklarga (NaCl), (KCl), (KRr), tuzlar, kvars (SiO_2), korund (Al_2O_3), rutil (TiO_3), kabilar misol bo'ladi.

Tashqi elektr maydoniga kiritilgan qutbsiz dielektrik modda atom molekulalari tarkibidagi musbat va manfiy zaryadlar markazlari siljib, qutblanish hosil qiladi. Natijada jism sirtida bog'langan zaryadlar vujudga keladi. Qutbli dielektriklar ham tashqi elektr maydoni bo'lmaganda neytral bo'ladi, chunki molekulalar dipol momenti jism hajmida tartibsiz yo'nalgan.

Elektr maydonida qutbli dielektrik modda molekulalariga maydon kuchlari oriyentatsion (yo'nalishga ega bo'lgan) kuchlar momenti bilan ta'sir etib, noldan farqli qutblanish hosil qiladi (4.1-rasm).

$$\overline{M} = \overline{F}h = qE \cdot l \sin \alpha \quad (4.1)$$

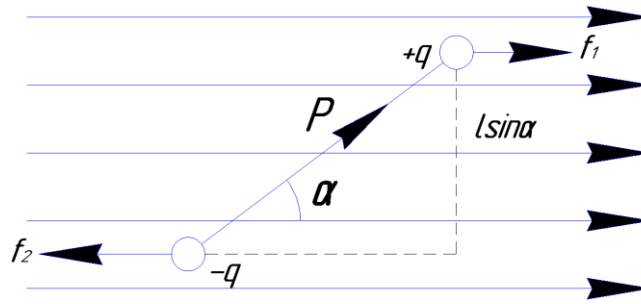
$\overline{P} = q \cdot l$ dipol momentini hisobga olib:

$$\overline{M} = [\overline{P} \overline{E}] \quad (4.2)$$

Moddalarning qutblanishini hisobga olish uchun qutblanish vektori tushunchasi kiritiladi. *Hajm birligidagi dipol momenti vektorining algebraik yig'indisiga son jihatidan teng kattalik qutblanish vektori deb yuritiladi.*

$$\overline{P} = \frac{\sum p_i}{V} = \frac{\overline{P}_v}{V} \quad (4.3)$$

Bir jinsli elektr maydoniga joylashtirilgan, yuzasi-S, qalinligi d-bo'lgan dielektrikni kuzatamiz.



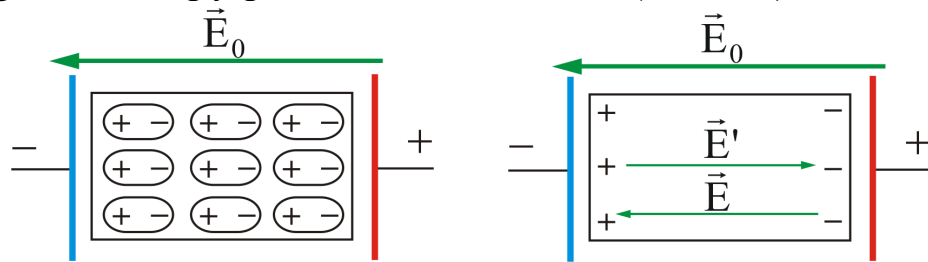
4.1-rasm

Tajribalar ko'rsatishicha,

$$\vec{P} = \chi \epsilon_0 \vec{E} \quad (4.4)$$

χ -moddaning tabiatiga bog'liq bo'lgan o'zgarmas kattalik bo'lib, dielektrik qabul qiluvchanlik deyiladi.

Qutblanish tufayli elektr maydon kuchlanganlik chiziqlari dielektrik chegarasida qisman uziladi. Maydon kuchlanganligi tashqi (erkin zaryad maydoni) va qutblanish tufayli vujudga kelgan bo'lgan zaryadlar (ichki maydon) kuchlanganligi vektorining yig'indisidan iborat bo'ladi (4.2-rasm)



4.2-rasm

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}^1$$

Superpozitsiya prinsipiga asosan:

$$E = E_0 - E^1$$

Ostrogradskiy-Gauss teoremasiga muvofiq:

$$E^1 = \frac{\sigma^1}{\epsilon_0}; \quad \sigma^1 = \frac{q}{S}$$

σ^1 -bog'langan zaryadlarning sirt zichligi ta'rifiga ko'ra, dielektrik qatlam hajmidagi dipol momenti $\vec{P}_v = \vec{P}V = \vec{P}S \cdot d\vec{P}_T = q_{bog}d = \sigma^1 S \cdot d$ demak, bog'langan zaryadlar sirt zichligi qutblanish vektoriga son jihatidan teng degan xulosa kelib chiqadi.

$$\sigma^1 = P$$

Buni hisobga olib, moddaning maydoni kuchlanganligini

$$E = E_0 - \frac{\sigma^1}{\epsilon_0} = E_0 - \frac{P}{\epsilon_0} = E_0 - \frac{\chi \epsilon_0 E}{\epsilon_0} \quad (4.5)$$

$$E_0 = E + \chi E = (1 + \chi)E \quad (4.6)$$

(4.6) dagi $(1 + \chi)$ ni ε - bilan belgilanadi va dielektrik kirituvchanlik deb ataladi.

$$\varepsilon = (1 + \chi) = \frac{E_0}{E} \quad (4.7)$$

ε -elektr maydon kuchlanganligining dielektrik modda ichida qanchaga kamayganligini bildiradi.

ε -moddalarning ximiyaviy tabiati, qutblanish darajasi hamda temperaturasi bog'liq. Temperatura ortishi bilan dipol momentlari elektr maydonida tartibsiz joylashib, qutblanish darajasini, shuningdek dielektrik kirituvchanlikni ham kamaytiradi. Shunday qilib, elektr maydon kuchlanganligi, vakuumda dielektrik chegarasiga o'tganda yoki ikki dielektrik muhit chegarasida keskin o'zgaradi. Maydonni hisoblashda bu o'zgarish ancha noqulayliklarga olib keladi. Bu noqulaylikni bartaraf etish uchun elektr induksion (siljish) vektoridan foydalaniladi. (4.4) ga asoslanib (4.5)dan:

$$\bar{D} = \varepsilon_0 \bar{E} + \bar{P} = \varepsilon_0 E = (1 + \chi) \varepsilon_0 E \quad (4.8)$$

(4.8) va (4.7) ni, hisobga olib:

$$\bar{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \bar{E} \quad (4.8^1)$$

$\bar{D}$ - elektr induksiya vektori deb yuritiladi va Kl/m^2 bilan o'lchanadi. Gauss teoremasiga muvofiq, vakuumda induksiya vektori oqimi uchun:

$$\oint D_n dS = \oint \varepsilon_0 E_n dS = \varepsilon_0 \oint E_n dS = \varepsilon_0 \sum \frac{q_{el}}{\varepsilon_0}$$

yoki

$$\Phi_D = \oint D_n dS = \sum q_i \quad (4.9)$$

Ixtiyoriy berk sirt orqali elektr induksiya vektorining oqimi, shu sirt bilan chegaralangan zaryadlar algebraik yig'indisiga teng.

Agar zaryadlar biror hajmiy zichlik bilan taqsimlangan bo'lsa:

$$\oint_S D_n dS = \int_V \rho dV$$

tarzida yoziladi.

Segnetoelektriklar

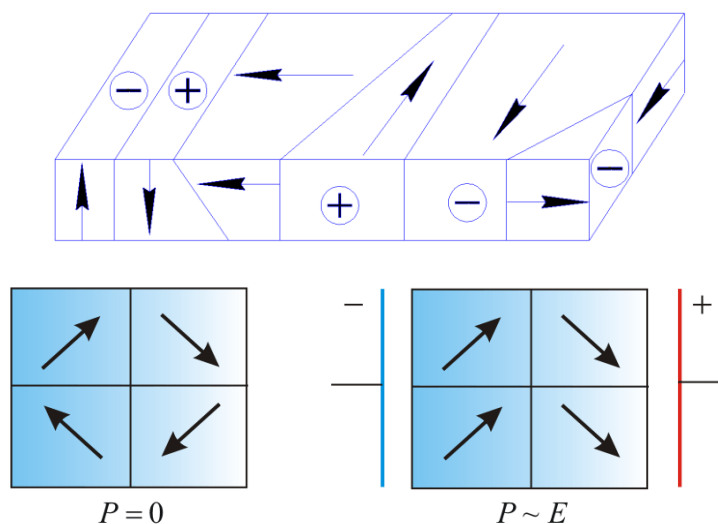
Dielektriklarning shunday alohida turlari borki, ular tashqi elektr maydoni bo'lmaganda ham, o'z - o'zidan to'yunish darajasigacha qutblangan elementar hajm (domenlar)ga bo'lingan bo'ladi (4.3-rasm). Domenlar dipol momenti vektori tartibsiz yo'nalganligi sababli, segnetoelektrik jism dipol momentining algebraik yig'indisi nolga teng bo'ladi.

Elektr maydoniga kiritilgan segnetoelektriklar qator xossalari bilan dielektriklardan farq qiladi:

1) Normal sharoitda segnetoelektriklarning dielektrik singdiruvchanligi dielektriknikidan 10^4 -marta katta bo'ladi;

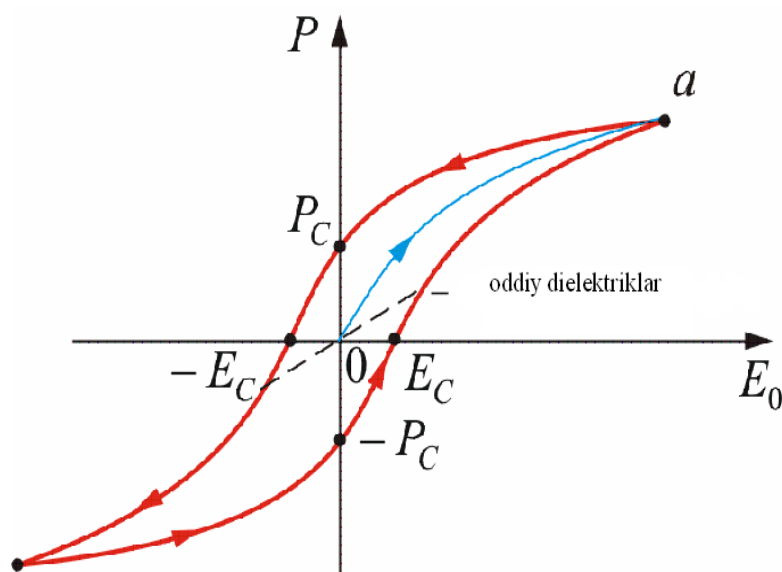
2) Segnetoelektriklarning dielektrik singdiruvchanligi ularning nafaqat kimyoviy tabiati, balki temperaturasi hamda qutblanish darajasiga ham bog'liq bo'ladi;

3) Segnetoelektriklar *gisterezis* xossasiga egadir.



4.3-rasm

Dastlab segnetoelektriklar tashqi elektr maydonida P_1 -to'yinish darajasigacha qutblanadi. Tashqi maydon kuchlanishi (E) kamayishi bilan qutblanish P sekin-asta kamayib, $E=0$ da P_0 -qoldiq qutblanishni vujudga keltiradi (4.4-rasm).



4.4-rasm

Qoldiq qutblanishni yo'qotish uchun jismga teskari yo'nalishda kuchlanish berilishi lozim. Qoldiq qutblanish nolga teng bo'lganda segnetoelektrikka qo'yilgan teskari kuchlanishning qiymati *konservativ* kuch deb yuritiladi.

4) Elektr maydonining gisterezis sirtmog'i bo'yicha davriy o'zgarishida energiyaning yutilishi kuzatiladi. (Bu yo'qotilgan energiya segnetoelektrikni qizdirish uchun sarflanadi).

5) Har bir segnetoelektrik uchun o'ziga xos temperatura T_K -mavjud bo'lib, u Kyuri nuqtasi deb yuritiladi. T_K -dan yuqori temperaturada segnetoelektriklar o'z xususiyatlarini yo'qotib, qutbli dielektriklar kabi bo'lib qoladi.

Quyida ba'zi segnetoelektriklarning Kyuri-temperaturasi ko'rsatilgan:

4.1-jadval

mi	Segnetol.no	Xim.tarkibi	Kyuri temp.
	Titanat bariy	BaTiO_3	406°K (133°C)
	Niobit litiy	LiNbO_3	1488°K (1210°C)
	Cignit tuzi	$\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ $4\text{H}_2\text{O}$	255°K (-18°C)- 297°K (24°C)

Nazorat savollari.

1. Dielektriklarning tuzilishi.
2. Elektr maydoni dipolga qanday ta'sir ko'rsatadi?
3. Qutblangan va qutblanmagan molekuladan iborat bo'lgan dielektrikning qutblanishida qanday farq bor?
4. Qutblanish vektori qanday fizik ma'noga ega?
5. Elektr siljish vektori, kuchlanganlik vektori va qutblanish vektorlari o'rtasida qanday boglanish bor?
6. Qutblangan zaryad bilan qutblanish vektori orasida qanday boglanish bor?
7. Dielektrik uchun Gauss teoremasining kurinishi qanday buladi?
8. Nisbiy dielektrik singdiruvchanlik bilan muxitning dielektrik kabul kiluvchanligi o'rtasida qanday boglanish bor?
9. Segnetoelektriklar va ularning boshka dielektriklardan farki nima?
10. Kattik jismlarning qutblanishining oddiy dielektriklardan farki? To'g'ri va teskari p'ezoelektrik effekt nimadan iborat?

20-ma'ruza	O'ZGARMAS ELEKTR TOKI	
1.1. Ta'lim berish texnologiyasining modeli		
Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 nafargacha	
Mashg'ulot shakli	Axborot ma'ruza, B.B.B. jadvali	
Ma'ruza rejasi	1.O'tkazgichlardagi elektr toki. Elektr tokining mavjud bo'lish sharti. 2.Metallarda elektr o'tkazuvchanligining klassik nazariyasi. 3.Om va Joule-Lens qonunlarining differensial va integral ko'rinishlari. 4.Tashqi kuchlar. Elektr yurituvchi kuch (EYUK). Butun zanjir uchun Om qonuni. 5. Kirxgof qoidalari. 6.Vakuumda elektr toki.	
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Talabalarga o'zgarmas elektr toki va uning qonunlari haqidagi bilimlarni kengaytirish.		
Pedagogik vazifalar: - Elektr toki, tok kuchi va uning zichligi kattalilariga ta'rif berish; - Elektr yurituvchi kuch va kuchlanish kattaliklari orasidagi farq mohiyatini tushuntirish; - Om qonuni va uning integral hamda differentsial ko'rinishidagi ifodasini yozib, izohlash; - O'tkazgichlar qarshiligi va uning qanday kattaliklarga bog'liqligi haqida qisqacha ma'lumot berish; - Tokning ishi va quvvati. Joule'-Lents qonuni ifodalarini sharhlab berish; - Zanjirning tarmoqlangan qismi uchun Kirxgof qoidalari misollar orqali talabalarga yetkazish;		O'quv faoliyati natijalari: - Elektr toki, tok kuchi va uning zichligi kattalilariga ta'rif beradi; - Zanjirning bir qismi va yopiq zanjir uchun Om qonuni nimadan iboratligini tushuntiradi; - Om qonuni va Joule'-Lents qonunining differentsial ko'rinishini keltirib chiqaradi; - Tokning solishtirma issiqlik quvvatining fizik ma'noni aytib beradi; - Kirxgofning birinchi qoidasini ta'riflab, u qanday qonunga asoslanganligini tushuntiradi; - Kirxgofning ikkinchi qoidasini ta'riflang, u qanday qonunga asoslanganligini aytib beradi; - Kirxgof qoidalarini ifodalovchi tenglamalar qanday tuzilishini misollar bilan tushuntiradi;
Ta'lim berish usullari		“Aqliy hujum”, suhbat, ko'rgazmali
Ta'lim berish shakllari		Ommaviy, ana'naviy
Ta'lim berish vositalari		O'quv qo'llanma, proektor, slaydlar
Ta'lim berish sharoiti		O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash		Og'zaki nazorat: savol-javob

1.2 “O’zgarmas elektr toki ” ma’ruza mashg’ulotining texnologik xaritasi

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta’lim beruvchi	Ta’lim oluvchilar
Tayyorgarlik bosqichi.	• Mavzu bo’yicha o’quv materiallarni, ya’ni taqdimot va tarqatma materiallarni tayyorlash. • Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish. • O’quv kursini o’rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro’yxatini tartiblashtirish.	
1-bosqich. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	• Talabalarning ma’ruza darsiga tayyorgarligi nazoratdan o’tkaziladi. • Talabalarning ma’ruzaga qatnashsish davomatini tekshirish. • Mavzuning nomini doskaga yozadi va mazkur mavzuni yoritishdan ko’zlangan asosiy natijalar to’g’risida axborot beradi.	Tinglaydilar Savollarga javob beradilar
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	“O’zgarmas elektr toki va uning qonunlari ” haqidagi ma’ruzani reja asosida tushuntiradi. • Power Point dasturi asosida asosiy ishchi formulalar va rasmlarni namoyish etadi. • Talabalarning yozib olishlarini ta’kidlaydi. • Mavzuga oid qiziqarli masalalar berib talabalar mustaqil fikr yuritishini nazoran qilinadi. • Talabalarga mavzuga oid bilimlarni mustahkamlash uchun savollar beradi: 1. Elektr toki, tok kuchi va uning zichligi kattalilariga ta’rif bering. 2. Zanjirning bir qismi va yopiq zanjir uchun Om qonuni fizik ma’nosini ayting. 3. Om qonuni va Joul’-Lents qonunining differentsial ko’rinishini keltirib chiqaring. 4. Tarmoqlangan zanjirlar uchun Kirxgof qoidasilarini aytib, izohlang.	Tinglaydilar, yozadilar. Muhokama etadilar Savollarga javob beradilar
3. Yakuniy bosqich (10 daqiqa)	• Mavzu bo’yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi. • Talabalarga mavzuga qiziqarli ma’lumotlar topib kelish aytiladi.	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

B.B.B. texnikasi

Mavzu savoli	Bilaman	Bilishni xohlayman	Bildim
Elektr toki, tok kuchi va uning zichligi kattalilariga ta'rif bering.			
Zanjirning bir qismi va yopiq zanjir uchun Om qonuni fizik ma'nosini ayting.			
Om qonuni va Joul'-Lents qonunining differentsial ko'rinishini keltirib chiqaring.			
Tarmoqlangan zanjirlar uchun Kirxgof qoidasilarini aytib, izohlang.			

20- ma'ruza. O'ZGARMAS ELEKTR TOKI

Reja

1. O'tkazgichlardagi elektr toki. Elektr tokining mavjud bo'lish sharti.
2. Metallarda elektr o'tkazuvchanligining klassik nazariyasi.
3. Om va Joule-Lenz qonunlarining differensial va integral ko'rinishlari.
4. Tashqi kuchlar. Elektr yurituvchi kuch (EYUK). Butun zanjir uchun Om qonuni.
5. Kirxgof qoidalar.
6. Vakuumda elektr toki.

Elektr toki. Tok kuchi. Tok zichligi.

Zaryadlangan zarrachalarning har qanday tartibli yo'nalgan harakati elektr toki deb yuritiladi. Zaryadlangan zarrachalarning tartibli harakatini turli yo'llar bilan hosil qilish mumkin:

a) Zaryadlangan zarrachalarning fazoda jism bilan birgalikda ko'chishi konveksion tok deyiladi. Masalan: zaryadlangan bulutning yerga nisbatan ko'chishi, ortiqcha zaryad manbaiga ega yerning orbitadagi harakati;

b) Elektr kuchlari ta'siri ostida zaryadli zarrachalar (erkin elektronlar) ning o'tkazgichga nisbatan ko'chishi o'tkazuvchanlik toki deyiladi;

v) O'tkazuvchanlik berik kontur orqali magnit oqimining o'zgarishi induksion tok hosil qiladi;

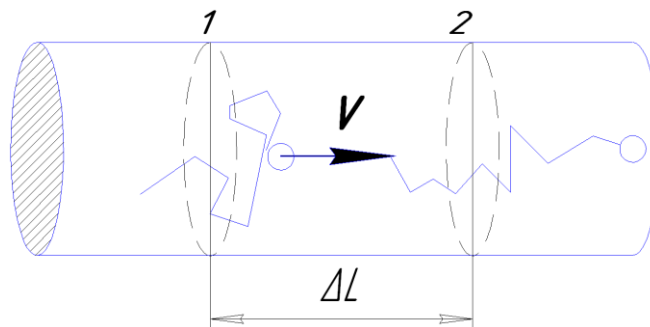
g) Dielektrlarda o'zgaruvchan elektr maydoni toklarga xos magnit maydonini vujudga keltirishi siljish toki deb yuritiladi.

Elektr tokini miqdor jihatdan xarakterlash uchun tok kuchi deb ataluvchi fizik kattalik kiritiladi.

Vaqt birligi ichida o'tkazgichning ko'ndalang kesimi yuzidan o'tayotgan zaryad miqdoriga son jihatdan teng kattalik tok kuchi deyiladi.

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (5.1)$$

Elektr maydoniga joylashtirilgan o'tkazgich tarkibidagi zaryadli zarrachalar, ikki xil: tartibsiz issiqlik harakatida va maydon kuchlarining tartibli harakatida qatnashadi (5.1-rasm).



5.1-rasm

Tartibsiz harakat tezligi - v , tartibli harakat tezligini u -deb belgilasak, zaryadli zarrachalar umumiy tezligining o'rtacha qiymati uchun quyidagini yoza olamiz:

$$\langle\langle v+u \rangle\rangle = \langle\langle v \rangle\rangle + \langle\langle u \rangle\rangle = \langle\langle u \rangle\rangle$$

Agar 1sm^3 da n -ta zaryad tashuvchi bo'lsa, dS -yuza orqali dt – vaqt oralig'ida ko'chirilgan zaryad miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$dq = e \cdot n \langle\langle u \rangle\rangle dS \cdot dt \quad (5.2)$$

tok kuchining ta'rifi ko'ra

$$i = en \langle\langle u \rangle\rangle dS \quad (5.3)$$

Tok o'tkazgichlarda taqsimlanishini to'laroq xarakterlash uchun tok zichligini tushunchasidan foydalaniladi.

O'tkazgichning perpendikulyar kesimi yuzasi birligiga to'g'ri kelayotgan, tok kuchiga son jihatidan teng bo'lgan kattalikka tok zichligi deb ataladi.

$$\vec{j} = \frac{di}{dS} \quad (5.4)$$

(5.3) va (5.4) lardan

$$\vec{j} = en\vec{u} \quad (5.5)$$

Tok kuchi esa:

$$i = \oint_S j dS \quad (5.6)$$

Shunday qilib, tok kuchi – tok zichligi vektorining biror sirt orqali oqimini ifodalaydi.

Vaqt o'tishi bilan zichligi, kuchi va yo'nalishi o'zgarmaydigan tok, o'zgarmas tok deb ataladi.

$$I = \frac{q}{t} \quad (5.7)$$

O'zgarmas tokning yo'nalishi sifatida musbat zaryadli zarrachalarning harakat yo'nalishi qabul qilingan. Xalqaro birliklar sistemasida tok kuchining birligi qilib, 1 Amper qabul qilingan.

1 Amper shunday tok kuchidirki u vakuumda joylashgan ikki parallel tokli o'tkazgichlar 1 metr oraliqda uzunligi bir metr bo'lgan o'tkazgichga $2 \cdot 10^{-7}$ N kuch bilan o'zaro ta'sir etadi.

$$1A = 1Kl \cdot sek$$

Elektr yurituvchi kuch

O'tkazgichlar uchida potensiallar farqi hosil qilinib, uni saqlab turish choralari ko'rilmasa tok tezda yo'qoladi, chunki zaryadlar o'tkazgich sirtida tekis taqsimlanib, ekvopotensial sirt hosil qiladi.

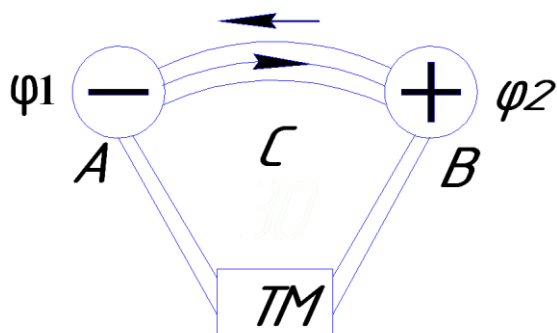
Tok davomli o'tib turishi uchun:

- Zanjirning barcha qismlarida erkin elektr zaryad tashuvchi bo'lishi;
- Erkin elektr zaryadlarni berk kontur bo'ylab, doimiy tartibli harakatga keltiruvchi tashqi kuch bo'lishi lozim.

Tashqi kuchlar zaryadni berk zanjir bo'ylab ko'chirishda ish bajarib, o'tkazgich uchlarida potensiallar farqini hosil qiladi, ya'ni *noelektrostatik* kuchlar

energiyasini elektr energiyasiga aylantiradi. Bunday tashqi kuchlar manbai tok manbai deb yuritiladi (30-rasm).

Tok manbalariga kimyoviy reaksiya energiyasi hisobiga zaryadlarni ajratadigan galvanik elementi, akkumulyator batareyasi, turli jinsli metallardan tuzilgan termobatareya, tok generatori, quyosh batareyalari misol bo'la oladi.



5.2-rasm

Tok manbalarini xarakterlashda elektr yurituvchi kuch tushunchasidan foydalaniladi. *Birlik musbat zaryadni elektr maydonida ko'chirishda tashqi kuchlarning bajarilgan ishiga son jihatdan teng kattalik elektr yurituvchi kuch deb ataladi.*

$$\varepsilon = \frac{A_{TK}}{q} \quad (5.8)$$

Xalqaro birliklar sistemasida E.Yu.K. (elektr yurituvchi kuch)ning

birligi qilib 1 Volt qabul qilingan.

$$1V = 1 \frac{J}{Kl}$$

Tashqi kuchlar maydoni kuchlanganligining vektorini $\vec{E}$ -deb belgilasak:

$$F_{TK} = \vec{E} \cdot q \quad (5.9)$$

Zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish:

$$A = \oint_L \vec{F} dl = q \oint_L \vec{E} dl \quad (5.10)$$

ta'rifga ko'ra:

$$\varepsilon = \frac{A}{q} = \oint_L \vec{E} dl \quad (5.11)$$

Shunday qilib, E.Yu.K. – tashqi kuchlar maydon kuchlanganligi vektorining kontur bo'yicha sirkulyatsiyasini ifodalaydi.

Agar zaryadga tashqi kuchlar bilan birga elektrostatik kuchlar ham ta'sir etsa, zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish:

$$A = q \oint_L \vec{E} dl + q \oint_L E_l dl = q[\varepsilon + (\varphi_1 - \varphi_2)] \quad (5.12)$$

bu yerdagi,

$$U = \varepsilon + (\varphi_2 - \varphi_1) \quad (5.13)$$

(5.13) dan iborat kattalik kuchlanish deb yuritiladi. *Kuchlanish – birlik musbat zaryadni zanjir bo'ylab ko'chirishda tashqi va elektr kuchlar bajarilgan ishni bildiradi.*

Zanjirning bir jinsli qismi uchun Om qonuni. O'tkazgichlarning qarshiligi

Ma'lumki, o'tkazgichlardan tok o'tib turishi uchun uning uchlaridagi potentsiallar farqi $U = (\varphi_1 - \varphi_2)$ saqlanib turilishi lozim.

Tajribalar ko'rsatishicha, bir jinsli o'tkazgich uchlaridagi kuchlanish ortishi bilan, undagi tok kuchi ham kuchlanishga to'g'ri proporsional ravishda ortadi:

$$I \sim U \quad (5.14)$$

Tok kuchi bilan kuchlanish orasidagi bunday bog'lanish 1897-y. nemis olimi G.S.Om tomonidan tajribada aniqlangan.

Kuchlanishning tok kuchiga nisbati har xil o'tkazgichlar uchun o'ziga xos o'zgarmas kattalik bo'lib, *qarshilik* deb yuritiladi.

$$R = \frac{U}{I} \quad (5.15)$$

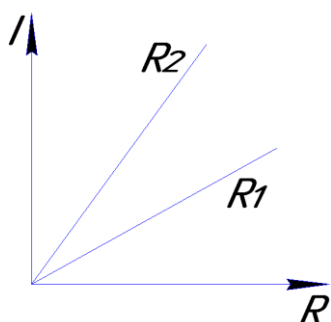
Qarshilikning xalqaro birliklar sistemasidagi birligi 1 Om deb yuritiladi. U shunday o'tkazgichning qarshiligiki, 1 Amper tok o'tib turgan o'tkazgich uchlaridagi potentsiallar farqi 1 Voltga teng bo'ladi. (5.14) va (5.15) dan

$$I = \frac{U}{R} \quad (5.16)$$

(5.16) bir jinsli zanjir uchun Om qonunini ifodalaydi.

Zanjirning bir jinsli qismidagi tok kuchi unga qo'yilgan kuchlanishga to'g'ri proporsional, qarshilikka esa teskari proporsionaldir. Tok kuchi bilan kuchlanish orasidagi bu bog'lanish har bir o'tkazgich uchun o'zgarmas va bir qiymatli bo'lib, u o'tkazgichning Volt – Amper xarakteristikasi (VAX) deb ataladi. Quyida qarshiligi $R_1 > R_2$ bo'lgan ikkita o'tkazgichning V.A.X.si keltirilgan (5.3-rasm).

O'tkazgichlarning qarshiligi ularning geometrik shakli, o'lchamlari va kimyoviy tarkibiga bog'liq



5.3-rasm

Silindrik jism uchun:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (5.17)$$

ρ -otkazgichning materialiga bog'liq bo'lgan o'zgarmas kattalik bo'lib, solishtirma qarshilik deb yuritiladi.

$$\rho = \frac{RS}{l} \quad (5.18)$$

Solishtirma qarshilik $\text{om} \cdot \text{m}$ -da o'lchanadi va qirralari 1 m bo'lgan kub shaklidagi jismning qarshiligini bildiradi.

Masalan: $\rho_{\text{si}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ om} \cdot \text{m}$;

$\rho_{\text{el}} = 2,9 \cdot 10^{-8} \text{ om} \cdot \text{m}$

Tok zichligi vektori $\vec{j}$ – bilan, maydon kuchlanganligi vektori $\vec{E}$ orasidagi bog'lanishni aniqlaymiz. Ma'lumki, uchlarida kuchlanishi $U = I \cdot R$ bo'lgan zanjirning bir jinsli qismida $\vec{j}$, kuchi I bo'lgan tok oqadi. Potensiallar ayirmasi bilan kuchlanish orasidagi $U = (\varphi_2 - \varphi_1) = E \cdot l$ bog'lanishni hisobga olib, Om qonunini quyidagicha ifodalaymiz.

$$\vec{j} \cdot S = \frac{U}{R} = \frac{\vec{E} \cdot l}{\rho l / S}$$

Tok zichligi uchun esa

$$\vec{j} = \frac{1}{\rho} \vec{E} \quad \text{yoki} \quad \vec{j} = \sigma \vec{E} \quad (5.19)$$

bu yerda, $\sigma = \frac{1}{\rho}$ - solishtirma elektr o'tkazuvchanlik deb ataladi.

(5.19) ifoda har qanday elektr maydoni va ixtiyoriy shakldagi o'tkazgich uchun o'rinli bo'lib, Om qonunining differensial ko'rinishidir.

O'tkazgichlarning qarshiligi nafaqat shakli va o'lchamiga, balki tashqi shart-sharoitlarga – temperaturaga ham bog'liq bo'ladi. Metall o'tkazgichlarning solishtirma qarshiligi temperaturaga chiziqli proporsional bo'lib, u quyidagicha ifodalanadi:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t^0) \quad (5.20)$$

bu yerda ρ_0 - o'tkazgichning 0°C temperaturasiidagi solishtirma qarshiligi

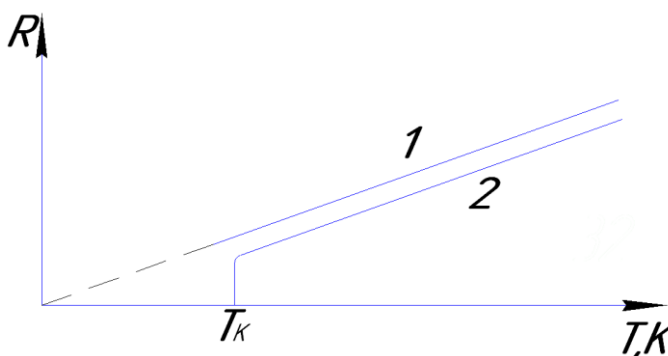
α - qarshilikning termik koeffitsiyenti bo'lib temperatura bir gradusga o'zgarganda qarshilikning qanchaga o'zgarishini bildiradi.

$$\alpha = 4 \cdot 10^{-3} \text{ grad}^{-1}$$

(5.17) va (5.20) ifodalardan

$$R = \frac{\rho_0 \cdot l}{S} (1 + \alpha t^0) = R_0 (1 + \alpha t^0) \quad (5.21)$$

quyidagi qarshilikning temperaturaga bog'liq holda o'zgarish grafigi keltirilgan (5.4-rasm):



5.4-rasm

Ba'zi moddalar, shuningdek qotishmalar ma'lum temperaturagacha sovitilsa, absolyut nol temperatura yaqinida ularning qarshiligi keskin o'zgaradi (0 ga teng bo'ladi). Moddalar bunday temperaturada o'ta o'tkazuvchan holatda bo'ladilar. O'ta o'tkazuvchan moddadan tuzilgan berk zanjirda bir marta tok hosil qilinsa, tok kuchi o'zgarmay uzoq muddat saqlanib turadi. Qarshilikning temperaturaga bunday bog'liqligidan amalda elektro *termometr*, *termorezistor*, *tenzometrlar* yasashda foydalaniladi.

Berk zanjir uchun Om qonuni

Har qanaday berk elektr zanjirlar tashqi qism deb yuritiladigan iste'molchi va

ichki qism deb ataladigan tok manбайдan iborat bo'ladi. Bunday zanjir zaryadga elektr kuchlari bilan bir qatorda tashqi kuchlar ham ta'sir etadi. Shu tufayli tok zichligi quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{j} = \sigma(E_e + E^*) = \frac{1}{\rho}(\vec{E}_e + E^*) \quad (5.22)$$

(5.22) ning ikkala tomonini dl – ga ko'paytirib, integrallash natijasida quyidagini hosil qilamiz.

$$\oint_L \frac{I\rho}{S} dl = \oint_L E_1 dl + \oint_L E^* dl$$

yoki

$$1 = \frac{\varepsilon + (\varphi_2 - \varphi_1)}{R^*} \quad (5.23)$$

(5.23) bir jinsli bo'lmagan tok zanjiri uchun Om qonunidir. R' - zanjirining to'la qarshiligi.

$$R' = \oint_L \frac{\rho}{S} dl$$

Berk zanjir uchun tashqi va ichki qarshiliklarni mos holda R va r deb belgilasak:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \quad (5.24)$$

(5.24 3) bekr zanjir uchun Om qonuning ifodasidir. *Berk zanjirda tok kuchi E.Yu.K.ga to'g'ri proporsional, zanjirning tashqi va ichki qarshiliklarining yig'indisiga esa teskari proporsionaldir.*

Agar $R \rightarrow 0$ bo'lsa, tok maksimal qiymatga erishsa, qisqa tutashuv sodir bo'ladi. $I = \frac{\varepsilon}{r} = I_{\max}$. Qisqa tutashuv ko'ngilsiz voqealarning sababchisi hisoblanadi, buning oldini olish uchun zanjir elektr saqlagich bilan jihozlanadi.

Agar $R \rightarrow \infty$ bo'lsa, zanjir ochiq bo'lib, kuchlanish E.Yu.K. ga teng bo'ladi.

$$U = IR = \frac{\varepsilon}{R+r} \cdot R = \frac{\varepsilon}{I + \frac{r}{\infty}} = \varepsilon$$

Joul – Lens qonuni

Kuchlanish manbaiga ulangan tok zanjirining bir jinsli qismini kuzatamiz. Elektr kuchlari dt –vaqt oralig'ida $q=Idt$ zaryadni ko'chirib ish bajaradi:

$$dA = q \cdot U = IUdt \quad (5.25)$$

Om qonuniga muvofiq, bu ish quyidagicha ifodalanadi:

$$dA = I^2 R dt = \frac{U^2}{R} dt \quad (5.26)$$

Agar zanjir qo'zg'almas bo'lib, unda hech qanday ximiyaviy o'zgarishlar sodir bo'lmasa, bajarilgan ish o'tkazgichning ichki energiyasini oshirishga sarflanadi hamda o'tkazgich qiziydi. Buni Joul va Lenslar (1844-y) bevosita tajribada aniqlaganlar. Energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq $dQ=dA$

$$Q = \int_0^1 I^2 R dt \quad (5.27)$$

(5.28) Joul-Lens qonunining ifodasi.

Tokli o'tkazgichlardan ajralib chiqqan issiqlik miqdori, tok kuchining kvadrati bilan o'tkazgich qarshiligi va o'tish vaqtining ko'paytmasiga to'g'ri proporsionaldir.

Tokli o'tkazgichlardagi issiqlik hodisalarini xarakterlash uchun solishtirma issiqlik quvvati tushunchasidan foydalaniladi. *Birlik hajmda bir sekund vaqt oralig'ida ajralib chiqqan issiqlik miqdoriga son jihatdan teng kattalik solishtirma issiqlik quvvati deyiladi.*

$$\omega = \frac{dQ}{dVdt} \quad (5.29)$$

Tok kuchini uning zichligi orqali ifodalab:

$$dQ = I^2 R dt = (j dS)^2 \rho \frac{dl}{dS} \cdot dt = j^2 \rho dV dt \quad (5.30)$$

(5.29) va (5.30) lardan:

$$\omega = \rho j^2 \quad \text{yoki} \quad \omega = \sigma E^2 \quad (5.31)$$

(5.31) Joule-Lens qonuning differensial ko'rinishidir.

(Elektr tokining issiqlik ta'siridan har xil maqsadlarda foydalanish mumkin. cho'g'lanma tolali lampa yaratilishi. Mufel pechlarining ishlash prinsiplari elektr tokining issiqlik ta'siriga asoslangan).

Tarmoqlangan zanjirlar uchun Kirxgof qoidasi

Tarmoqlangan zanjir kattaliklarini hisoblashda Kirxgof qoidasiga rioya qilish hisoblashlarni ancha soddalashtiradi. Bu qoidalardan biri tugun (uch yoki undan ortiq o'tkazgichlarning tutashgan nuqtasi)ga tegishli bo'lib, u quyidagicha ta'riflanadi:

Tugunda uchrashuvchi toklarning algebraik yig'indisi nolga teng.

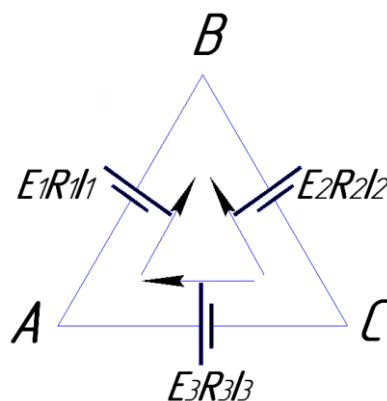
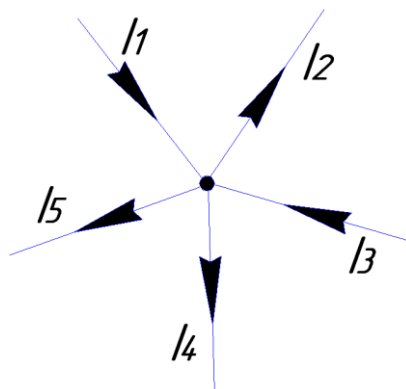
$$\sum I_i = 0 \quad (5.32)$$

Masalan: Quyida ko'rsatilgan tugun uchun (33-rasm) Kirxgofning birinchi qoidasi:

$$I_1 - I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0 \quad (5.33)$$

Odatda tugunga kelayotgan toklar musbat ishora bilan, chiqayotgan toklar manfiy ishora bilan olinadi.

Bu qoidaning to'g'riligi quyidagi mulohazadan kelib chiqadi: Agar toklarning algebraik yig'indisi noldan farqli bo'lganda edi, tugunda zaryadlarning to'planishi yoki kamayishi sodir bo'lib, bu esa o'z navbatida zanjirdan o'tuvchi tokning o'zgarishiga olib kelar edi.



5.5-rasm

5.6-rasm

Kirxgofning ikkinchi qoidasi tarmoqlangan zanjirda olingan berk konturga tegishli bo'lib, Om qonunini umumlashtirilishi tufayli vujudga kelgan. Har qanday berk konturdagi tok kuchlari bilan qarshiliklari ko'paytmasining algebraik yig'indisi, shu konturdagi EYuK – larning algebraik yig'indisiga teng. (5.6-rasm)

$$\sum_{i=1}^k I_i R_i = \sum \varepsilon_i \quad (5.34)$$

Kirxgof tenglamalarini tuzishda quyidagi tartibga rioya qilish lozim:

- a) Zanjirning barcha qismlaridagi tok yo'nalishi tanlab olinib, belgilab qo'yiladi;
- b) Mustaqil berk kontur uchun tenglamalar sistemasi tuziladi.

Nazorat savollari.

1. Elektr tokining turlari: O'tkazuvchanlik toki, siljish toki, qutblanish toki, induksion tok, vakuumdagi toklarning xossalari.
2. Elektr tokining umumiy ta'rifi va uning ifodasini yozing.
3. Begona kuchlar hosil bo'lish sababi va uning elektrostatik kuchlardan farqi va o'xshashligi nimada?.
4. Elektr yurituvchi kuch, kuchlanish va potentsiallar ayrimasining fizik ma'nosini tushuntiring.
5. Zanjirning bir qismi va yopiq zanjir uchun Om qonuni nimadan iborat? Ularning fizik ma'nosi nima?
6. Om va Joul-Lens qonunlarining differensial formalarini chiqaring?. Bu qonunlarning integral va differensial formalarining ekvivalentligini ko'rsatib bering.
7. Om qonunining butun zanjir uchun formulasini energiyaning saqlanish qonunidan foydalanib chiqaring?
8. Kirxgofning birinchi qoidasi - zaryadning saqlanish qonunidan kelib chiqishini asoslab bering, zaryadning saqlanish qonunining oqim chiziqlarining uzluksizligi haqidagi teoremdan kelib chiqishini ko'rsating.
9. Kirxgofning ikkinchi qonunini ifodasini yozing va u murakkab elektr zanjiri uchun energiyaning saqlanish qonunining qo'llanishi ekanligini ko'rsatib bering.
10. Kirxgof qoidalaridan foydalanib, noma'lum o'tkazgichning qarshiligini, noma'lum elektr yurituvchi kuchning kattaligini ko'prik va kompensasiya usullari orqali aniqlashning sxemalarini tuzing.
11. Kirxgof qoidalaridan foydalanib, o'tkazgichlar parallel va ketma-ket ulangan hollarda tok kuchi va kuchlanishning qiymatlarini hisoblang.
12. Hidravlik sistema (suv ta'minoti) bilan elektrik sistema (elektr ta'minoti) zanjirlari o'rtasida qanday o'xshashliklar bor.

21-ma'ruza	Kontaktdagi termoelektrik hodisalar	
1.1. Ta'lim berish texnologiyasining modeli		
Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 nafargacha	
Mashg'ulot shakli	Axborot ma'ruza, B.B.B. jadvali	
Ma'ruza rejasi	1.Metallardan elektronlarning chiqish ishi. 2.Kontaktdagi potentsiallarning farqi. 3. Termoelektrik hodisalari (Zeebek, Tomson va Pelte effektlari) va ularning qo'llanilishi. 3.Termoelektron emissiya. Gazlarda elektr toki. Ionlanish va rekombinasiyalanish jarayonlari. 4. Gaz razryadining to'liq volt-amper xarakteristikasi. 5.Plazma haqida tushuncha. Plazmaning elektr o'tkazuvchanligi.	
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Talabalarga o'zgarmas elektr toki va uning qonunlari haqidagi bilimlarni kengaytirish.		
Pedagogik vazifalar: - Elektr toki, tok kuchi va uning zichligi kattalilariga ta'rif berish; - Elektr yurituvchi kuch va kuchlanish kattaliklari orasidagi farq mohiyatini tushuntirish; - Om qonuni va uning integral hamda differentsial ko'rinishidagi ifodasini yozib, izohlash; - O'tkazgichlar qarshiligi va uning qanday kattaliklarga bog'liqligi haqida qisqacha ma'lumot berish; - Tokning ishi va quvvati. Joul'-Lents qonuni ifodalarini sharhlab berish; Zanjirning tarmoqlangan qismi uchun Kirxgof qoidalarini misollar orqali talabalarga yetkazish;		O'quv faoliyati natijalari: - Elektr toki, tok kuchi va uning zichligi kattalilariga ta'rif beradi; - Zanjirning bir qismi va yopiq zanjir uchun Om qonuni nimadan iboratligini tushuntiradi; - Om qonuni va Joul'-Lents qonunining differentsial ko'rinishini keltirib chiqaradi; - Tokning solishtirma issiqlik quvvatining fizik ma'noni aytib beradi; - Kirxgofning birinchi qoidasini ta'riflab, u qanday qonunga asoslanganligini tushuntiradi; - Kirxgofning ikkinchi qoidasini ta'riflang, u qanday qonunga asoslanganligini aytib beradi; - Kirxgof qoidalarini ifodalovchi tenglamalar qanday tuzilishini misollar bilan tushuntiradi;
Ta'lim berish usullari		“Aqliy hujum”, suhbat, ko'rgazmali
Ta'lim berish shakllari		Ommaviy, ana'naviy
Ta'lim berish vositalari		O'quv qo'llanma, proektor, slaydlar
Ta'lim berish sharoiti		O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash		Og'zaki nazorat: savol-javob

1.2 “O’zgarmas elektr toki ” ma’ruza mashg’ulotining texnologik xaritasi

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta’lim beruvchi	Ta’lim oluvchilar
Tayyorgarlik bosqichi.	• Mavzu bo’yicha o’quv materiallarni, ya’ni taqdimot va tarqatma materiallarni tayyorlash. • Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish. • O’quv kursini o’rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro’yxatini tartiblashtirish.	
1-bosqich. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	• Talabalarning ma’ruza darsiga tayyorgarligi nazoratdan o’tkaziladi. • Talabalarning ma’ruzaga qatnashsish davomatini tekshirish. • Mavzuning nomini doskaga yozadi va mazkur mavzuni yoritishdan ko’zlangan asosiy natijalar to’g’risida axborot beradi.	Tinglaydilar Savollarga javob beradilar
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	“O’zgarmas elektr toki va uning qonunlari ” haqidagi ma’ruzani reja asosida tushuntiradi. • Power Point dasturi asosida asosiy ishchi formulalar va rasmlarni namoyish etadi. • Talabalarning yozib olishlarini ta’kidlaydi. • Mavzuga oid qiziqarli masalalar berib talabalar mustaqil fikr yuritishini nazoran qilinadi. • Talabalarga mavzuga oid bilimlarni mustahkamlash uchun savollar beradi: 5. Elektr toki, tok kuchi va uning zichligi kattalilariga ta’rif bering. 6. Zanjirning bir qismi va yopiq zanjir uchun Om qonuni fizik ma’nosini ayting. 7. Om qonuni va Joul’-Lents qonunining differentsial ko’rinishini keltirib chiqaring. 8. Tarmoqlangan zanjirlar uchun Kirxgof qoidasilarini aytib, izohlang.	Tinglaydilar, yozadilar. Muhokama etadilar Savollarga javob beradilar
3. Yakuniy bosqich (10 daqiqa)	• Mavzu bo’yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi. • Talabalarga mavzuga qiziqarli ma’lumotlar topib kelish aytiladi.	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

B.B.B. texnikasi

Mavzu savoli	Bilam an	Bilishn i xohlayman	Bildi m
Elektr toki, tok kuchi va uning zichligi kattalilariga ta'rif bering.			
Zanjirning bir qismi va yopiq zanjir uchun Om qonuni fizik ma'nosini ayting.			
Om qonuni va Joul'-Lents qonunining differentsial ko'rinishini keltirib chiqaring.			
Tarmoqlangan zanjirlar uchun Kirxgof qoidasilarini aytib, izohlang.			

21-ma'ruza. Kontaktdagi termoelektrik hodisalar

Reja

1. Elektronning metalldan chiqish ishi
2. Termoelektron emissiya. Gazlarda elektr toki. Ionlanish va rekombinasiyalanish jarayonlari.
3. Kontaktdagi potentsiallarning farqi.
4. Termoelektrik hodisalari (Zeebek, Tomson va Pelte effektlari) va ularning qo'llanilishi.
5. Gaz razryadining to'liq volt-amper xarakateristikasi. 5. Plazma haqida tushuncha. Plazmaning elektr o'tkazuvchanligi.

Elektronning metalldan chiqish ishi

Elektronning metalldan vakuumga ajralib chiqib ketishi uchun sarflanadigan energiyasini *elektronning chiqish ishi* deyiladi. U bilan bog'liq ikkita sabab mavjud.

1. Agar elektron qandaydir sabab bilan metalldan chiqib ketsa, o'sha joyda ortiqcha musbat zaryad hosil bo'ladi va elektron unga tortiladi.

2. Ayrim elektronlar metallni tark qilib chiqqach uning sirtida to'planib, manfiy zaryadli «elektron buluti»ni yaratadi. Bu bulut sirtqi qatlamdagi kristall panjaraning musbat ionlari bilan birgalikda, maydonni yassi kondensator maydoniga mos keluvchi, ikkilanma elektrik qatlam hosil qiladi.

Shuning uchun elektron, metalldan ajralib chiqish jarayonida uni ushlab qoluvchi, o'sha qatlamlar orasidagi elektrostatik maydon kuchlariga qarshi ish bajarishga majbur bo'ladi:

$$A = e\Delta\varphi$$

bundagi $\Delta\varphi$ -potentsiallar farqini *sakrab o'zgaruvchi sirt potentsiali* deyiladi. Qatlamlar tashqarisida elektr maydoni mavjud emasligi uchun, muhitning potentsiali nolga teng bo'ladi. Metall ichidagi elektronning potentsial energiyasi vakuumga nisbatan manfiy bo'lib, uning miqdori $-e\Delta\varphi$ ga teng. CHiqish ishi elektron volt (eV)larda ifodalanadi:

$$1\text{eV}=1,6\cdot 10^{-19}\text{KIV}=1,6\cdot 10^{-19}\text{J}$$

CHiqish ishi metallarning ximiyaviy tabiatiga va ular sirtining tozaligiga bog'liq bo'lib, u turli metallar uchun bir necha elektron-volt qiymati chegarasida o'zgaradi (masalan, qalay uchun 2,2eV). Agar metall sirtini ishqoriy yer metallari (Sa, Sr, Ba) bilan qoplansa, unda chiqish ishi 2eV gacha kamayadi.

Termoelektron emissiya hodisasi

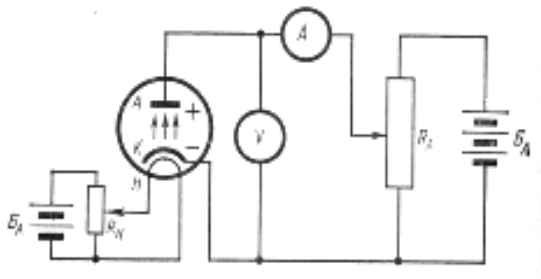
Qizdirilgan metallardan elektronlarning ajralib chiqish hodisasini termoelektron emissiya hodisasi deb aytiladi. Oddiy, ikki elektrodli lampa, vakuumli diod yordamida termoelektron emissiya qonunlarini o'rganish mumkin. Havosi so'rib olingan bu lampa ichida K katod va A anod deb ataluvchi ikkita elektrod joylashgan (6.1 -rasm).

Agar diodni zanjirga ulab, katod qizdirilsa va anodga musbat kuchlanish berilsa, elektr toki hosil bo'ladi. Bu bog'lanish vakuumli diodning volt amper xarakteristikasi deyiladi. Bu holda, anod toki va kuchlanishi orasidagi bog'lanish diagrammasi egri chiziqdan iborat bo'ladi, ya'ni mazkur bog'lanish Om qonuniga bo'ysunmaydi. (6.2- rasm).

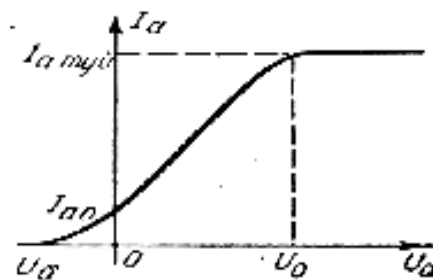
U ning kichik, musbat qiymatlari sohasida termoelektron tok va anod kuchlanishi orasidagi bog'lanishni *Boguslavskiy - Lengmyur qonuni* yoki ba'zi hollarda «*uch taqsim ikki*» qonuni deb ham yuritiladi.

$$I = BU^{3/2}$$

bunda B - elektrodning shakli, o'lchamlari va o'zaro joylashuvigagina bog'liq bo'luvchi koeffitsient.



6.1-rasm



6.2-rasm.

Agar anod kuchlanishi oshirilib borilsa, dastlab zanjirdagi tok kuchi ham o'sib boradi. So'ngra esa, uning miqdori *to'yinish toki* deb ataluvchi maksimal qiymatga etgach, o'sishdan to'xtaydi. Bu jarayon, temperaturasi o'zgarmas bo'lgan katoddan ajralib chiquvchi barcha elektronlarning to'liq holda anodga etib borishi ro'y bergunga qadar davom etadi. Bu esa to'yinish tokining zichligi katod materialining emissiya qobiliyatini xarakterlaydi degan xulosaga olib keladi.

To'yinish tokining zichligi *Richardson-Deshman formulasi* bilan aniqlanadi:

$$j_m = CT^2 e^{-A/(kT)}$$

bunda A elektronning katoddan chiqish ishi, T - termodinamik temperatura, C - barcha metallar uchun bir xil bo'lgan doimiy. Bu formuladan ko'rinib turibdiki, katod temperaturasi qanchalik yuqori bo'lsa va katoddan elektronlarning chiqish ishi qanchalik kichik bo'lsa, to'yinish tokning zichligi shunchalik katta bo'ladi. Xaqiqatdan xam, sof vol'framdan yasalgan katod temperaturasini 1000 K dan 3000 K gacha ko'tarilishi natijasida to'yinish tokning zichligi deyarli 10^{16} marta ortadi.

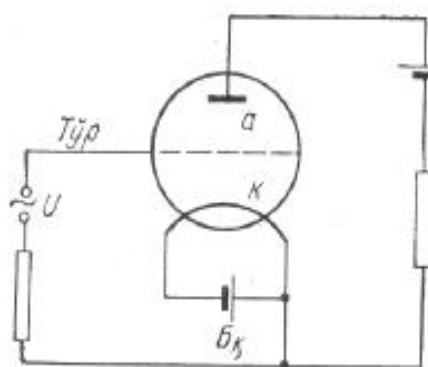
Diodning asosiy xususiyati elektr tokini faqat bir yo'nalishda o'tkazishidir. Diodda anod katodga nisbatan musbat potentsialga ega

bo'lgandagina katoddan anod tomon elektronlar oqimi o'tadi. Dioddan o'zgaruvchan toklarni to'g'rilash maqsadida foydalanish mumkin.

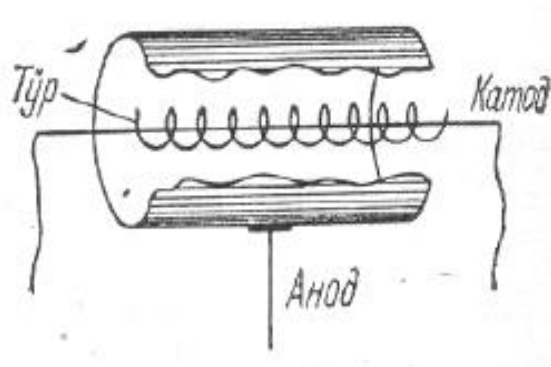
Tok yarim davrlarda anodning potentsiali musbat, katodniki esa manfiy bo'ladi. Shuning uchun lampa orqali tok o'tadi. Juft yarim davrlarda esa anodning potentsiali manfiy, katodniki musbat bo'lganligi uchun lampa berk bo'ladi, ya'ni elektr tokini o'tkazmaydi. Demak, diod orqali faqat bir yo'nalishdagina elektr toki o'tadi. Uchta elektrodi bo'lgan lampani *triode* deb ataladi (6.3-rasm).

Uchinchi elektrod katod bilan anod orasida (katodga yaqin masofada) joylashtirilgan to'rdan iborat bo'ladi. 6.4-rasmda triodning eng ko'p qo'llanilgan konstruksiyasi tasvirlangan.

Bu lampada katod bevosita qizdiriladi. Katod atrofidagi spiral to'r vazifasini o'taydi. Katod va to'rn o'rab turgan metall tsilindr esa anod bo'lib xizmat qiladi.



6.3-rasm.



6.4-rasm.

To'rga musbat kuchlanish berilganda to'r va katod orasida vujudga kelgan elektr maydon termoelektronlarga tezlashuvchi ta'sir ko'rsatadi. To'r anodga qaraganda katodga ancha yaqin bo'lganligi uchun to'rdagi kuchlanishning ozgina o'zgarishi anod tokining ancha o'zgarishiga sababchi bo'ladi. Demak, to'rga beriladigan kuchlanishini o'zgartirish yo'li bilan triodning anod zanjiridagi tokni boshqarish mumkin. Umuman elektronlar oqimi hosil qilish lozim bo'lgan qurilmalarda keng qo'llaniladi.

Kontakt potentsallar farqi

1797 yilda A.Volta ikki metall o'zaro kontaktlashsa, ulardan biri musbat ikkinchisi esa manfiy zaryadlanishini aniqladi. Natijada metallar orasida *kontakt potentsiallar farqi* deb yuritiluvchi potentsiallar farqi vujudga keladi. Agar *Al, Zn, Sn, Pb, Sb, Bi, Hg, Fe, Cu, Ag, Au, Pt, Pd* kabi metallar, ko'rsatilgan ketma- ketlikda kontaktlashtirilsa. unda har bir metall o'zidan keyingi istalgan metall bilan musbat zaryad namoyon etib kontaktlashadi. Bu qatorni *Volta qatori* deb yuritiladi. *Volta tajribaga tayanib quyidagi ikki qonunni aniqladi:*

Kontakt potentsiallari farqi o'zaro tegishuvchi metallarni faqat ximiyaviy tarkibiga va temperaturasiga bog'liq bo'ladi.

O'zaro ketma-ket ulangan bir xil temperaturali turli o'tkazgicblardan tasbkil topuvchi tizimning kontakt potentsiallari ayirmasi oraliq o'tkazgichlarning ximiyaviy tarkibiga bog'liq emas, balki faqatgina ikki chetdagi metallarning bevosita ulanishidan hosil bo'luvchi kontakt potentsiallar ayirmasigagina teng bo'ladi. Turli metallarda chiqish ishining turlicha bo'lishi buning birinchi bosh sababi hisoblanadi. Elektronlarning, chiqish ishi kichik bo'lgan metallardan chiqish ishi katta bo'lgan metallga o'tishi oson bo'lgani uchun birinchi metall musbat, ikkinchisi esa manfiy zaryadlanib qoladi. Ularning chegarasida-ichida kuchli elektr maydoni bo'lgan, turli ishorali zaryadlarning qo'sh qatlami hosil bo'ladi. Bu maydon elektronlarning bundan buyon, birinchi metallardan ikkinchisiga o'tishiga to'sqinlik qilib, teskari jarayonga esa yordamlasha boshlaydi. Natijada bu ikki jarayon orasida *dinamik muvozanat* yuzaga keladi, qo'sh qatlam orasidagi kuchlanganlik (potentsiallar farqi) o'zining maksimal qiymatiga erishadi.

Agar 1-metalldan chiqish ishi A_1 , 2-metalldan chiqish ishi A_2 ($A_2 > A_1$) bo'lsa, toki potentsiallar farqi: $\Delta\varphi_{1,2} = \frac{A_2 - A_1}{e} = \frac{A_1 - A_2}{e}$ ga tenglashmaguncha 1-metalldan 2-siga o'taveradi.

Endi elektronlar chiqish ishlari bir xil ($A_1 = A_2$) bo'lgan, ammo erkin elektronlar kontsentratsiyasi har xil bo'lgan ($n_2 < n_1$) metallar kontaktini ko'rib chiqaylik. Ravshanki, $n_2 < n_1$ bo'lsa, erkin elektronlarning birinchi metallardan ikkinchi metallga ortiqcha o'tishi (diffuziyasi) boshlanadi. Natijada birinchisi musbat, ikkinchisi manfiy zaryadlanib, ular orasida yana potentsiallar farqi hosil bo'ladi. Uning qiymati erkin elektronlar konsentratsiyasiga bo'g'liq bo'ladi:

$$\Delta\varphi_{12} = \frac{kT}{e} \ln \frac{n_1}{n_2}$$

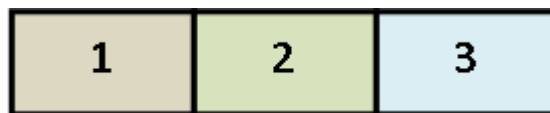
Ko'rib o'tilgan ikki sababning natijaviy ta'siri ostida birinchi va ikkinchi metallar orasidagi kontakt potentsiallar farqi quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta\varphi_{12} = \Delta\varphi'_{1,2} + \Delta\varphi''_{1,2} \quad \text{yoki} \quad \Delta\varphi_{12} = \frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{kT}{e} \ln \frac{n_1}{n_2}$$

Olinagan ifodani kontaktlangan uch xil metall uchun umumlashtirib ko'raylik. 6.5-rasmdan ravshanki, Kirxgofning II qoidasiga binoan, tizimning to'liq kontakt potentsiallar ayirmasi kontaktlangan qismlardagi kontak potentsiallar ayirmalarining yig'indisiga teng:

$$\begin{aligned} \varphi_1 - \varphi_2 &= -\frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{kT}{e} \ln \frac{n_1}{n_2} - \frac{A_2 - A_3}{e} + \frac{kT}{e} \ln \frac{n_2}{n_3} \\ \varphi_1 - \varphi_2 &= -\frac{A_1 - A_3}{e} + \frac{kT}{e} \ln \frac{n_1}{n_3} \end{aligned}$$

Demak, uch va undan ortiq xildagi metallar kontaktga keltirilsa, tizimning to'liq kontakt potentsiallar ayirmasi, oraliqdagi metallarning tabiatiga bog'liq emas ekan. Bu farq ikki chekkadagi metallarning tabiati bilan belgilanar ekan.



6.5-rasm.

Termoelektrik hodisalar

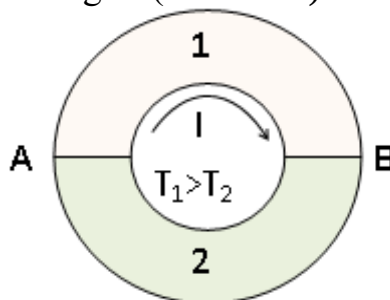
Voltaning ikkinchi qonuniga binoan, bir xil temperaturali, bir nechta metallardan tashkil topuvchi berk zanjirda EYuK vujudga kelmaydi, ya'ni elektr toki hosil bo'lmaydi. Lekin, kontaktlar temperaturasi turlicha bo'lsa, zanjirda *termoelektrik tok* deb ataluvchi, tok paydo bo'ladi. Metallarda, yarim o'tkazgichlarda issiqlik ta'siri ostida elektr hodisasi, elektr ta'sirida issiqlik hodisalari ro'y berishi mumkin. Buni *termoelektrik hodisalar* deb ataladi. Uning hosil bo'lish tabiati bilan bog'liq bo'lgan quyidagi effekt bilan tanishamiz.

Zeebek effekti. 1821 yilda nemis fizigi T.Zeebek *berk zanjirni tashkil elgan ikki xil metalning kavsharlangan qismlarini turli temperaturalarda ushlab turilsa, zanjir bo'ylab oquvchi elektr tokni* qayd qiladi. Kavsharlangan nuqtalardagi temperaturalar farqining ishorasi o'zgartirilsa, tok yo'nalishi ham o'zgaradi. Termo EYuK hosil bo'lishining sababi shuki, kavsharlangan turli metallarning qizigan uchidagi yuqori energiyali elektronlar konsentratsiyasi sovuq uchiga nisbatan ko'proq bo'ladi va tez elektronlarning issiqroq uchidan sovuq uchiga qarab diffuzion oqimi vujudga keladi, o'tkazgichlarning issiq uchlari yaqinida esa elektronlarning kamayishi hisobiga ular musbat zaryadlanadilar. Sovuq uchlari manfiy zaryadlanadi, natijada o'tkazgichlarning uchlarida *potentsiallar farqi* vujudga keladi.

Berk zanjirlarda ko'pgina metallar jufti (masalan Cu-Bi, Ag-Cu, Au-Cu) uchun elektr yurituvchi kuch-kontakdagi temperaturalar farqiga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$\varepsilon = \alpha(T_1 - T_2)$$

bunda ε -termoelektr yurituvchi kuch deyiladi. $T_1 > T_2$ hoi uchun tokning yo'nalishi strelka bilan ko'rsatilgan (6.6-rasm).



6.6-rasm

Masalan, uchun temperaturalar farqi 100 K bo'lgan mis-konstantin metallar jufti uchun termo EYuK bor-yo'g'i 4,25 mV ni tashkil etadi.

Zeebek effekti termodinamikaning ikkinchi qonuniga zid emas, chunki bunda ichki energiya elektr energiyasiga aylanadi. Shu sababli, mazkur zanjirda doimiy tok bo'lishi uchun, doimo kontakdagi temperaturalar farqini

ushlab turish, ya'ni kontaktning bir uchiga issiqlik berish, ikkinchisidan esa issiqlikni olib turish darkor.

Zeebek effektidan temperaturalarni o'lchash uchun foydalaniladi. Undan shuningdek elektr tokining generatsiyalash uchun ham foydalanish mumkin.

Pel't'e effekti. Frantsuz fizigi J. Pel't'e tomonidan 1834 yilda kashf etilgan. Bu effekt quyidagicha ta'riflanadi:

Turli metall yoki yarim o'tkazgichlar kontaktlaridan elektr toki o'tsa, tokning yo'nalishiga bog'liq ravishda shu kontaktda issiqlik yutiladi va yoki ajraladi. *Bu issiqlik miqdori quyidagi formula bilan ainqlanadi.*

$$Q = \Pi \cdot I \cdot t.$$

Bunda Π -Pel't'e koeffitsienti, I -tok kuchi va t -tokning o'tib turish vaqti. Pel't'e hodisasi quyidagicha tushuntiriladi. Agar zaryad tashuvchilar ikki metall kontaktidan o'tib, kichik energiyali (chiqish ishi nisbatan katta) metallga tushsa, ortiqcha energiyani kristall panjaraga beradi, natijada kontakt qiziydi. Aks holda energiya yutiladi.

Pel't'e effektidan foydalanib, xonalarni isitish yoki sovutish mumkin.

Tomson effekti. Termodinamika mulohazalari asosida Vilyam Tomson (Kelvin) 1856 yilda *uzunligi bo'yicha temperature gradienti bo'lgan o'tkazgichdan tok o'tganda Pel't'e issiqligiga o'xshash issiqlik ajralishi va yoki yutilishi kerak* degan fikrni ilgari surdi. Bu gipoteza tajribada tasdiqlanib, Tomson effekti nomini oldi. Uning matematik ifodasi quyidagicha:

$$Q_m = K_m (T_2 - T_1) I \cdot t$$

bunda K_m -Tomson koeffitsienti bo'lib, uning qiymati materialning tabiatiga bog'liq.

22-ma'ruza	VAKUMDA MAGNIT MAYDONI VA UNING XARAKTERISTIKALARI	
Ta'lim berish texnologiyasining modeli		
Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 nafargacha	
Mashg'ulot shakli	Axborot ma'ruza, B.B.B. jadvali	
Ma'ruza rejasi	1.Vakuumda magnit maydoni. Magnit maydon induksiya vektori. 2.Vakuumda magnitostatikaning asosiy tenglamasi. Magnit maydon induksiyasi superpozisiya prinsipi. 3.Bio-Savar-Laplas qonuni. To'g'ri va aylanma tokning magnit maydonini hisoblash. 4.Vakuumdagi magnit maydon induksiya vektorining sirkulyasiyasi. 5.Solenoid va toroidning magnit maydoni.	
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Talabalarga doimiy tokning magnit maydoni va uning qonunlarini o'rgatish.		
Pedagogik vazifalar: • Magnit maydon induksiya vektorining fizik ma'nosini tushuntirish; • Bio – Savar – Laplas qonunining turli xil simmetrik formadagi tokli o'tkazgichlarning magnit maydonini hisoblashda qo'llanilishini o'rgatish; • Magit maydon ta'sirlari haqida tushuncha berish; • Magnit maydon uchun Gauss teoremasi mohiyati tushuntirish; • Tokli o'tkazgichni magnit maydonida ko'chirishda bajariladigan ish hisoblovchi ifodaning kelib chiqishini ko'rsatish; • Vakuumda, magnit maydon uchun induksiya vektorining tsirkulyatsiyasidan chiqadigan xulosani tushuntirish;		O'quv faoliyati natijalari: • Magnit maydon induktsiyasini ta'riflaydi; • B vektorning yo'nalishini qanday aniqlashini aytadi; • Bio-Savar-Laplas qonuni yozib, uning fizik ma'nosini tushuntiradi; • Amper qonuni mohiyatini tushuntiradi; • Magnit maydon uchun B magnit induksiya vektorining tsirkultsiyasini sharhlay oladi; • Magnit maydon uchun Gauss teoremasini yozadi va uning fizik mohiyatini tushuntiradi;
Ta'lim berish usullari		“Aqliy hujum”, suhbat, ko'rgazmali
Ta'lim berish shakllari		Ommaviy, ana'naviy
Ta'lim berish vositalari		O'quv qo'llanma, proektor, slaydlar
Ta'lim berish sharoiti		O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash		Og'zaki nazorat: savol-javob

1.2 “Magnit maydoni va uning xarakteristikalarini” ma’ruza mashg’ulotining texnologik xaritasi

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta’lim beruvchi	Ta’lim oluvchilar
Tayyorgarlik bosqichi.	• Mavzu bo’yicha o’quv materiallarni, ya’ni taqdimot va tarqatma materiallarni tayyorlash. • Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish. • O’quv kursini o’rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro’yxatini tartiblashtirish.	
1-bosqich. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	• Talabalarning ma’ruza darsiga tayyorgarligi nazoratdan o’tkaziladi. • Talabalarning ma’ruzaga qatnashish davomatini tekshirish. • Mavzuning nomini doskaga yozadi va mazkur mavzuni yoritishdan ko’zlangan asosiy natijalar to’g’risida axborot beradi.	Tinglaydilar Savollarga javob beradilar
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	• “Magnit maydoni va uning xarakteristikalarini” haqidagi ma’ruzani reja asosida tushuntiradi. • Power Point dasturi asosida asosiy ishchi formulalar va rasmlarni namoyish etadi. • Talabalarning yozib olishlarini ta’kidlaydi. • Mavzuga oid qiziqarli masalalar berib talabalar mustaqil fikr yuritishini nazoran qilinadi. • Talabalarga mavzuga oid bilimlarni mustahkamlash uchun savollar beradi: 1. Magnit maydon induksiya vektorining fizik ma’nosini tushuntiring. 2. Bio – Savar – Laplas qonuniga tavsif bering. 3. Turli xil simmetrik shakldagi tokli o’tkazgichlarning magnit maydoni induksiyasini ifodalarini yozib bering. 4. Magnit maydon qanday ta’sirlarga ega? 5. Magnit maydon uchun Gauss teoremasi mohiyati tushuntirish. 6. Tokli o’tkazgichni magnit maydonida ko’chirishda bajariladigan ish ifodasini yozib ko’rsating.	Tinglaydilar, yozadilar. Muhokama etadilar Savollarga javob beradilar
3.Yakuniy bosqich (10 daqiqa)	• Mavzu bo’yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi. • Talabalarga mavzuga qiziqarli ma’lumotlar topib kelish aytiladi.	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

B.B.B. texnikasi

№	Mavzu savoli	Bilaman	Bilishni xohlayman	Bildim
1	Magnit maydon induksiya vektorining fizik ma'nosini tushuntiring.			
2	Bio – Savar – Laplas qonuniga tavsif bering.			
3	Turli xil simmetrik shakldagi tokli o'tkazgichlarning magnit maydoni induksiyasini ifodalarini yozib bering.			
4	Magnit maydon qanday ta'sirlarga ega?			
	Magnit maydon uchun Gauss teoremasi mohiyati tushuntirish.			

22- ma'ruza. MAGNIT MAYDONI VA UNING XARAKTERISTIKALARI

Reja

1. Vakuumda magnit maydoni. Magnit maydon induksiya vektori.
2. Vakuumda magnitostatikaning asosiy tenglamasi. Magnit maydon induksiya superpozitsiya prinsipi.
3. Bio-Savar-Laplas qonuni. To'g'ri va aylanma tokning magnit maydonini hisoblash.
4. Vakuumdagi magnit maydon induksiya vektorining sirkulyatsiyasi.
5. Solenoid va toroidning magnit maydoni.

Tok va doimiy magnit joylashgan fazoning bo'lagida magnit maydoni deb ataluvchi kuch maydoni hosil bo'ladi. Uning muhim xususiyati shundaki, u faqat shu maydonda harakatlanuvchi zaryadlargagina ta'sir qiladi. Tajribalardan ma'lum bo'lishicha, magnit maydonining tokka ko'rsatadigan ta'siri o'tkazgichning shakliga, maydondagi joylashishiga va undan o'tayotgan tok kuchiga bog'liq bo'lar ekan. Shu sababli magnit maydonini o'rganish uchun geometrik o'lchamlari juda kichik bo'lgan tokli, yassi kontur (ramka) dan foydalanamiz. Konturning fazodagi joylashuvini shu konturga o'tkazilgan normalning yo'nalishi orqali xarakterlaymiz. Uning musbat yo'nalishi (7.1- rasm) ko'rsatilgan. Berilgan nuqtadagi magnit maydon yo'nalishi sifatida, shu nuqtaga joylashtirilgan tok konturining musbat yo'nalishi olinadi (7.2-rasm). Shuningdek, shu nuqtadagi magnit strelkasi (ignasi) ning shimoliy qutbiga ta'sir qiluvchi kuchning yo'nalishi orqali ham aniqlanishi mumkin. Magnit maydoni tokli konturga aylantiruvchi, juft kuch sifatida ta'sir qilib, uni ma'lum bir yo'nalish bo'yicha joylashishga majbur qiladi. Kuchning aylantiruvchi momenti – maydonning shu nuqtasidagi xossalriga hamda konturning xossalriga bog'liq bo'ladi.

$$\vec{M} = [\vec{P}_m \vec{B}] \quad (7.1)$$

bunda $\vec{B}$ -magnit induksiya vektori bo'lib, u magnit maydonining miqdoriy xarakteristikasi hisoblanadi, $\vec{P}_m$ -tokli konturning magnit momenti vektori. Tok o'tayotgan yassi kontur uchun

$$\vec{P}_m = IS\vec{n} \quad (7.2)$$

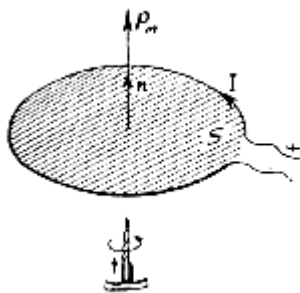
bunda S-kontur sirti yuzasi, $\vec{n}$ -kontur sirtiga o'tkazilgan normalning birlik vektori. $\vec{P}_m$ ning yo'nalishi musbat normal bilan ustma-ust tushadi.

Magnit maydonini magnit maydon induksiya xarakterlaydi:

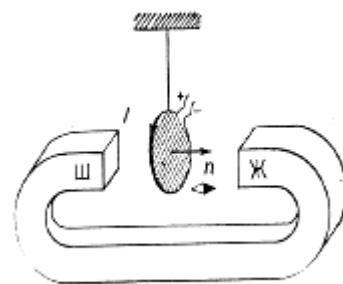
$$B = \frac{M_{\max}}{P_m} \quad (7.3)$$

Magnit maydon grafikasini esa *magnit induksiya chiziqlari* yordamida ifodalash mumkin. Ularning har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinma shu nuqtadagi $\vec{B}$ vektorining yo'nalishi bilan bir xil bo'ladi. Bu yo'nalish *o'ng vint qoidasi* bilan aniqlanadi. Agar vint o'qi tok yo'nalishi bo'ylab ilgarilanma harakatga keltirilsa, unda vint dastasi magnit induksiya chiziqlari yo'nalishida aylanadi.

Magnit induksiya chiziqlari doimo berk va o'tkazgichni qamrab oluvchi tarzda joylashadi.



7.1-rasm

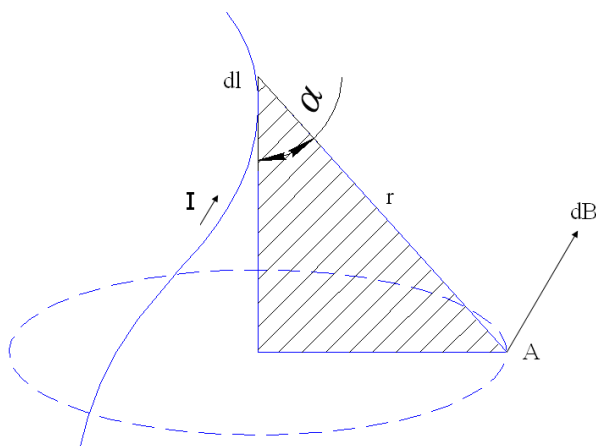


7.2-rasm

Bio – Savar – Laplas qonuni.

1820 yilda Fransuz olimlari J. Bio va F. Savarlar turli shakldagi tokli o'tkazgichlar magnit maydonini o'rganib, barcha hollarda magnit induksiyasi maydonni hosil qiluvchi tok kuchi, tokli o'tkazgich shakli va uning o'lchamlariga bog'liq ekanligini aniqladilar. Magnit induksiyasi vektor xarakterga ega ekanligiga e'tibor berib, (7.3–rasm) Laplas tajriba natijalarini umumlashtirib, tok elementi hosil qilgan ixtiyoriy nuqtadagi magnit induksiyasi vektori uchun quyidagi formulani keltirib chiqaradi:

$$d\vec{B} = k \frac{I |d\vec{r}|}{r^3} \quad (7.4)$$



7.3 – rasm

k – proporsionallik ko'effitsiyenti bo'lib, o'lchov qanday sistemada tanlab olinishiga bog'liq. Agar o'lchov xalqaro birliklar sistemasida tanlab olinsa,

$$k = \mu_0 / 4\pi \quad (7.5)$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ ГН / М} \quad (7.6)$$

bunda μ_0 – magnit doimiysi

Superpozitsiya prinsipiga asosan, har qanday tokli

o'tkazgichning magnit induksiya vektori, uning elementar bo'lakchalari hosil qilgan induksiya vektorlarining geometrik yig'indisiga teng.

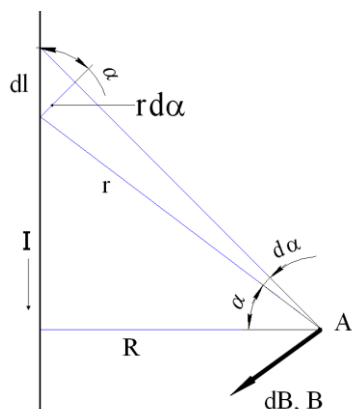
$$\vec{B} = \sum d\vec{B}; \text{ yoki } B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \oint \frac{dl}{r^2} \sin \alpha \quad (7.7)$$

(7.7) Bio – Savar-Laplas qonunining ifodasidir.

Har qanday tokli o'tkazgich magnit maydonining ixtiyoriy nuqtasidagi magnit induksiyasi, tok kuchi va tok elementi uzunligi, tok elementi bilan kuzatish yo'nalishi orasidagi burchak sinusiga to'g'ri proporsional bo'lib, radius – vektor kvadratiga esa teskari proporsionaldir.

Bio – Savar – Laplas qonunining tadbiqlari. To'g'ri tokli o'tkazgich magnit maydoni.

Kuzatilayotgan nuqta o'tkazgichdan R – o'uzoqlikda (7.4–rasm). Barcha tok elementlaridan A – nuqtada hosil bo'layotgan magnit induksiya vektorlari bilan to'g'ri chiziq ustida yotib, bir tomonga yo'nalgan bo'ladi (o'ng vint qoidasiga muvofiq). Shu tufayli $d\vec{B}$ – vektorining yig'indisini ularning moduli yigindisi bilan almashtirish mumkin.



7.4- rasm

7.4-rasmdan:

$$r = \frac{R}{\sin a};$$

$$dl = \frac{r da}{\sin a} = \frac{R da}{\sin^2 a} \quad (7.8)$$

buni (7.7) ga qo'yib:

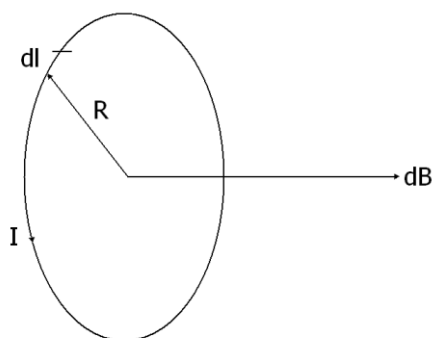
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{R} \sin a da \quad (7.9)$$

(7.9) ni a – ning o'zgarish sohasi ($0 - \pi$) da integrallaymiz:

$$B = \int_0^\pi \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{R} \sin a da = \frac{\mu_0 2I}{4\pi R}; \quad B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \quad (7.10)$$

(7.10) to'g'ri tokli o'tkazgich magnit maydoni induksiyasining ifodasidir.

Doiraviy tokli o'tkazgich markazidagi magnit maydoni.



7.5– rasm

Doiraviy tokli o'tkazgichning barcha elementlari normal vektor bilan bir xil yo'nalgan magnit induksiya vektori ($d\vec{B}$) ni hosil qiladi (7.5- rasm). Rasmdan:

$$a = \pi / 2 \quad \sin a = 1$$

Bio–Savar–Laplas qonuniga asosan:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I dl}{R^2} \quad (7.11)$$

(7.11) ni integrallab, quyidagini hosil qilamiz.

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{R^2} \int dl = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{R^2} \cdot 2\pi R$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} \quad (7.12)$$

(7.12) doiraviy tokli o'tkazgich markazidagi magnit induksiyasining ifodasidir.

Solenoid maydonining magnit induksiyasi.

Solenoid maydonining magnit induksiyasini aniqlash uchun, magnit induksiya vektorining sirkulyatsiyasini hisoblaymiz. Magnit induksiya vektorining kontur elementiga proyeksiyasini shu kontur bo'yicha olingan algebraik yig'indisidan iborat kattaligiga induksiya vektorining sirkulyatsiyasi deyiladi:

$$\oint_L B_L dl = \oint_L B_L dl \cos \alpha \quad (7.13)$$

To'g'ri tokli o'tkazgichga perpendikulyar tekislikda yotgan konturni kuzatamiz. (7.6 - rasm). Konturning har bir nuqtasidagi magnit induksiya vektori shu orqali o'tgan aylanaga urinma tarzda yo'nalgan bo'ladi.

Vektorning skalyarga ko'paytmasidan foydalanib:

$$B_L dl = B dl_B$$

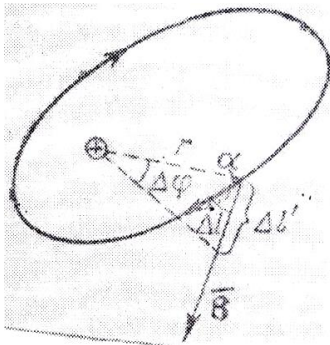
Rasmdan: $dl_B = R d\varphi$ buni hisobga olib (7.13)dan:

$$\oint_L B dl_B = B \oint_L d\varphi \quad (7.14)$$

Konturni aylanib chiqishda, radius vektor bir tomonga siljib, 2π burchakka buriladi.

$$\oint_L B_L dl = BR 2\pi = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} 2\pi R = \mu_0 I;$$

$$\oint_L B_L dl = \mu_0 I \quad (7.15)$$



7.6- rasm

Agar kontur bir necha tokni o'rab olgan bo'lsa, magnit induksiya vektorining sirkulyatsiyasi:

$$\oint_L B_L dl = \mu_0 \sum I_L \quad (7.15^1)$$

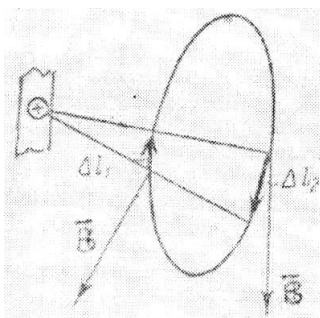
ga teng bo'ladi.

1. Magnit maydonining induksiya chiziqlari berk chiziqlardir. Ularning elektr maydon kuchlanganlik chiziqlari kabi boshlanish nuqtasi ham, tugallanish nuqtasi ham bo'lmaydi. Boshqacha aytganda, tabiatda magnit zaryadlari yo'q;

2. Magnit maydonini faqat harakatdagi zaryadli zarrachalar vujudga keltiradi;

3. Magnit maydon induksiya vektori sirkulyatsiyasi noldan farqli bo'lib, bu uni uyurmali maydon ekanligidan darak beradi.

Agar kontur tokli o'tkazgichni o'rab olmagan bo'lsa; (7.7-rasm) radius – vektor dastlab kontur bo'yicha $1 \rightarrow 2$ yo'nalishda qancha burchakka burilsa,



7.7 - rasm

$1 \rightarrow 2$ yo'nalishda shuncha burchakka siljib, to'la burilish burchagi nolga teng bo'ladi, ya'ni: $\oint_L d\varphi = 0$

demak,

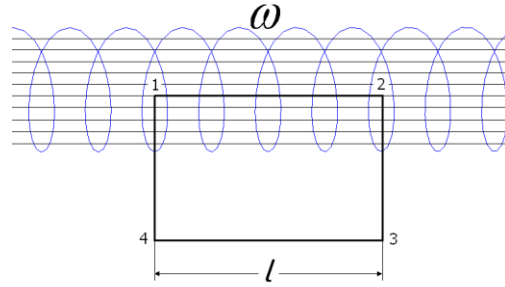
$$\oint_L B_L dl = BR \oint_L d\varphi = 0 \quad (7.16)$$

Endi solenoid maydonining induksiyasini hisoblaymiz. ($l \gg R$ – bo'lgan tokli o'tkazgich solenoid deb yuritiladi (7.8-rasm)

Solenoid kvadrat shaklidagi konturning bir qismini qamrab olgan bo'lsin. Sirkulyatsiyatsining ta'rifiga

muvofig:

$$\oint_L B_L dl = \int_1^2 B_L dl + \int_2^3 B_L dl + \int_3^4 B_L dl + \int_4^1 B_L dl \quad (7.17)$$



7.8– rasm

(7.17) ifodaning ikkinchi, uchinchi va toʻrtinchi hadi nolga teng, chunki konturning integral olinayotgan qismi, tokli oʻtkazgichni qamrab olmagan. Shunday qilib:

$$\oint_L B_L dl = \int_1^2 B_L dl = Bl \quad (7.18)$$

Kontur elementi uzunligi n-ta oʻramdan iborat deb sirkulyatsiya uchun

$$\oint_L B_L dl = \mu_o \sum I = \mu_o nI \quad (7.19)$$

(7.18) va (7.19) lardan

$$B = \frac{\mu_o nI}{l} \quad (7.20)$$

(7.20) solenoidning magnit maydoni induksiyasi ifodasidir.

Magnit oqimi. Gauss teoremasi

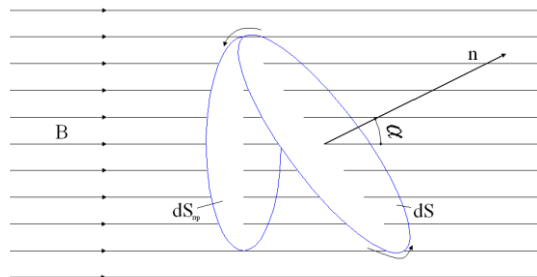
Magnit maydonini xarakterlashda magnit induksiya vektori bilan bir qatorda magnit oqimi tushunchasidan foydalaniladi.

Bir jinsli magnit maydonida joylashgan. dS-yuza orqali oʻtayotgan magnit induksiya vektoriga son jihatidan teng kattalik magnit oqimi deb yuritiladi. (80-rasm)

$$d\Phi_B = \oint_S \vec{B} d\vec{S} \cos \alpha \quad (7.21)$$

7.9-rasmdan, $B \cos \alpha = B_n$ deb belgilab,

$$d\Phi_B = B_n dS \quad (7.22)$$



7.9-rasm

Agar birlik normal vektor ($\vec{n}$) magnit induksiya vektori ($\vec{B}$) bilan o'tmas burchak hosil qilsa, ($\alpha > \pi/2$) $d\Phi_B < 0$ manfiy, aksincha $\alpha < \pi/2$ bo'lsa, $d\Phi_B > 0$ musbat hisoblanadi.

Bir jinsli bo'lmagan magnit maydonida joylashgan berk sirt orqali o'tayotgan magnit oqimini hisoblaymiz, buning uchun sirtni shunday elementar bo'lakchalarga ajratamizki, uning har bir elementi uchun maydon bir jinsli deb hisoblanishi mumkin bo'lsin. U holda (2)-ni har bir elementar bo'lakcha uchun yozib, integrallaymiz.

$$\Phi_B = \oint_S B_n dS \quad (7.23)$$

(7.23) ixtiyoriy sirt bo'yicha magnit maydon induksiya vektorining oqimini ifodalaydi.

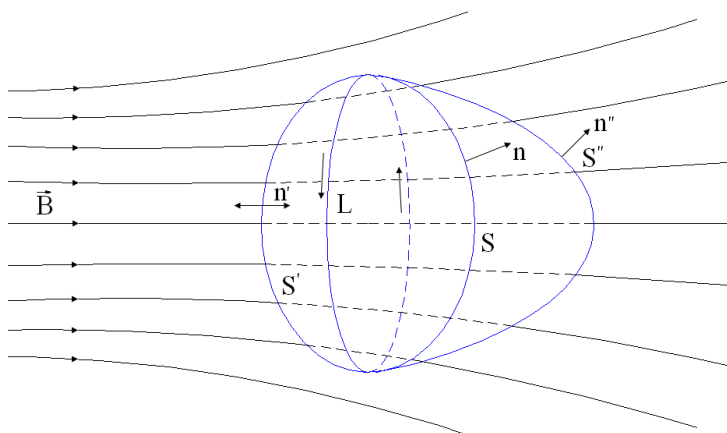
Xalqaro birliklar sistemasida magnit oqimi birligi qilib 1 Veber qabul qilingan.

$$1 \text{ Vb} = 1 \text{ Tl} \cdot \text{m}^2$$

Ma'lumki, magnit induksiya chiziqlari berk chiziqlardir. Shu tufayli biror yopiq sirt bilan chegaralangan sohaga magnit maydon induksiya chiziqlari kirib, qancha magnit oqimi hosil qilsa, chiqishda ham shuncha musbat magnit oqimi hosil qiladi. Shuning uchun, berk sirt bo'yicha to'la oqim nolga teng:

$$\oint_S B_n dS = 0 \quad (7.24)$$

(7.24) magnit induksiya oqimi uchun Gauss teoremasining ifodasidir.



7.10-rasm

L kontur orqali magnit induksiya chiziqlari qancha o'tsa, S, S^1 va S^{11} -sirtlar orqali ham shuncha chiziqlar o'tadi: (81-rasm)

$$\oint_S B_n dS = \oint_S B_n dS = \oint_{S^1} B_n dS + \oint_{S^{11}} B_n dS \quad (7.25)$$

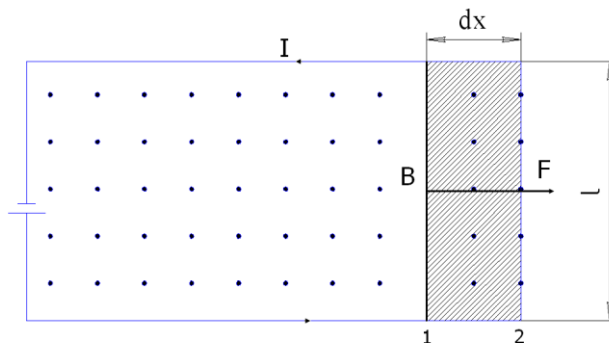
S^1 -ga o'tkazilgan tashqi normal magnit maydon induksiya vektoriga qarama-qarshi yo'nalganligi tufayli magnit oqimi manfiy bo'ladi, buni hisobga olib, to'la oqim uchun:

$$\oint_{S^1+S^{11}} B_n dS = \oint_{S^1} B_n dS + \oint_{S^{11}} B_n dS = 0 \quad (7.26)$$

Bundan, har qanday berk sirt uchun magnit oqimi nolga teng degan xulosa chiqadi

Magnit maydonida tokli o'tkazgichni ko'chirishda bajarilgan ish.

Magnit maydon induksiya vektoriga perpendikulyar bo'lgan va magnit oson ko'chadigan tok elementini kuzatamiz. (7.11-rasm)



7.11-rasm

Ma'lumki, magnit maydonidagi tokli o'tkazgichga Amper kuchi ta'sir etadi:

$$F_A = I \cdot Bdl \quad (7.27)$$

Bu kuch tokli o'tkazgichning dl-elementini magnit maydonda ko'chirib ish bajaradi:

$$dA = F_A \cdot dx \quad \text{yoki} \quad dA = IBdl \cdot dx \quad (7.28)$$

$dl \cdot dx = dS$ kontur o'rab turgan yuzaning o'zgarishini ifodalaydi.

$B \cdot dS = d\Phi_B$ magnit oqimining kontur yuzasi orqali o'zgarishini hisobga olib:

$$dA = IBdS = Id\Phi_B \quad (7.29)$$

Magnit maydonida tokli o'tkazgichni ko'chirishda bajarilgan ish magnit oqimining o'zgarishiga proporsionaldir. Bu xulosani istalgan tokli kontur uchun umumlashtirish mumkin (7.12 83-rasm).

Endi magnit maydonida berk konturni ko'chirishda bajarilgan ishni hisoblaymiz. Konturni tutashgan ABC va CDA bo'laklardan tashkil topgan deb tasavvur qilib, to'la bajarilgan ishni ifodalaymiz.

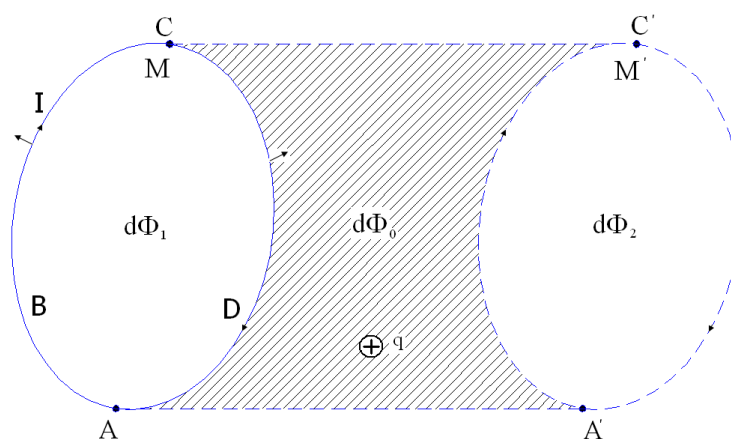
$$dA = dA_1 + dA_2$$

dA_1 -konturning ABC qismini ko'chirishda bajarilgan ish bo'lib, u manfiy ishoraga ega, chunki konturning bu qismiga ta'sir etuvchi kuch harakat yo'nalishi bilan o'tmas burchak hosil qiladi.

$$dA_1 = -I(d\Phi_0 + d\Phi_1)$$

$dA_2 = -I(d\Phi_0 + d\Phi_2)$ Shunday qilib, magnit maydonida berk konturni ko'chirishda bajarilgan ish, kontur yuzasi orqali magnit oqimining o'zgarishiga proporsionaldir

$$dA = Id\Phi \quad (7.30)$$



7.12-rasm

Bu yerda $d\Phi^1 = d\Phi_2 - d\Phi_1$ -kontur orqali o'tayotgan magnet oqimining o'zgarishini bildiradi.

Nazorat savollari

1. Magnet strelkasi (ignasi)dan foydalanib o'zgarmas tok manbai qutblarining ishorasini aniqlash mumkinmi? Qanday?
2. Tokli ramkaning magnet momenti nimaga teng? Uning yo'nalishini aniqlang?
3. Magnet maydon induktsiyasini ta'riflang? B vektorining yo'nalishini qanday aniqlashadi?
4. Bio-Savar-Laplas qonuni yozib, uning fizik ma'nosini tushuntiring?
5. Amper qonunini va uning asosida o'zaro parallel ikki tokning ta'sirlashuvini tushuntiring?
6. Nima sababdan harakatlanayotgan zaryad o'zining magnet xususiyatlari bilan tok elementiga ekvivalent bo'ladi?
7. Protonning magnet maydondagi harakatida Lorents kuchi bajaradigan ish nimaga teng?
8. B magnet induktsiya vektorining tsirkulatsiyasi nimadan iborat?
9. Magnet maydon uchun Gauss teoremasini yozing va uning fizik mohiyatini tushuntiring?

23-ma'ruza	Magnit maydon tamonidan tasir etuvchi kuchlar	
1.1. Ta'lim berish texnologiyasining modeli		
Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 nafargacha	
Mashg'ulot shakli	Axborot ma'ruza, B.B.B. jadvali	
Ma'ruza rejasi	1.Lorens kuchi. Amper kuchi. 2.Zaryadlangan zarralarning elektr va magnit maydonidagi harakati. 3.Xoll effekti. Tezlatgichlar. Magnit oqimi. 4. Vakuumdagi magnit maydon uchun Gauss teoremasi. 5.Tokli konturning magnit maydonidagi potensial energiyasi. 6.Bir jinsli magnit maydonidagi tokli ramka. Tokli o'tkazgichni magnit maydonida ko'chirishdagi bajarilgan ish.	
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Talabalarga doimiy tokning magnit maydoni va uning qonunlarini o'rgatish.		
Pedagogik vazifalar: • Magnit maydon induksiya vektorining fizik ma'nosini tushuntirish; • Bio – Savar – Laplas qonunining turli xil simmetrik formadagi tokli o'tkazgichlarning magnit maydonini hisoblashda qo'llanilishini o'rgatish; • Magit maydon ta'sirlari haqida tushuncha berish; • Magnit maydon uchun Gauss teoremasi mohiyati tushuntirish; • Tokli o'tkazgichni magnit maydonida ko'chirishda bajariladigan ish hisoblovchi ifodaning kelib chiqishini ko'rsatish; • Vakuumba, magnit maydon uchun induksiya vektorining tsirkulyatsiyasidan chiqadigan xulosani tushuntirish;		O'quv faoliyati natijalari: • Magnit maydon induktsiyasini ta'riflaydi; • B vektorning yo'nalishini qanday aniqlashini aytadi; • Bio-Savar-Laplas qonuni yozib, uning fizik ma'nosini tushuntiradi; • Amper qonuni mohiyatini tushuntiradi; • Magnit maydon uchun B magnit induksiya vektorining tsirkulsiyasini sharhlay oladi; • Magnit maydon uchun Gauss teoremasini yozadi va uning fizik mohiyatini tushuntiradi;
Ta'lim berish usullari		“Aqliy hujum”, suhbat, ko'rgazmali
Ta'lim berish shakllari		Ommaviy, ana'naviy
Ta'lim berish vositalari		O'quv qo'llanma, proektor, slaydlar
Ta'lim berish sharoiti		O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash		Og'zaki nazorat: savol-javob

1.2 “Magnit maydoni va uning xarakteristikalarini” ma’ruza mashg’ulotining texnologik xaritasi

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta’lim beruvchi	Ta’lim oluvchilar
Tayyorgarlik bosqichi.	• Mavzu bo’yicha o’quv materiallarni, ya’ni taqdimot va tarqatma materiallarni tayyorlash. • Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish. • O’quv kursini o’rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro’yxatini tartiblashtirish.	
1-bosqich. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	• Talabalarning ma’ruza darsiga tayyorgarligi nazoratdan o’tkaziladi. • Talabalarning ma’ruzaga qatnashish davomatini tekshirish. • Mavzuning nomini doskaga yozadi va mazkur mavzuni yoritishdan ko’zlangan asosiy natijalar to’g’risida axborot beradi.	Tinglaydilar Savollarga javob beradilar
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	• “Magnit maydoni va uning xarakteristikalarini” haqidagi ma’ruzani reja asosida tushuntiradi. • Power Point dasturi asosida asosiy ishchi formulalar va rasmlarini namoyish etadi. • Talabalarning yozib olishlarini ta’kidlaydi. • Mavzuga oid qiziqarli masalalar berib talabalar mustaqil fikr yuritishini nazoran qilinadi. • Talabalarga mavzuga oid bilimlarni mustahkamlash uchun savollar beradi: 7. Magnit maydon induksiya vektorining fizik ma’nosini tushuntiring. 8. Bio – Savar – Laplas qonuniga tavsif bering. 9. Turli xil simmetrik shakldagi tokli o’tkazgichlarning magnit maydoni induksiyasini ifodalarini yozib bering. 10. Magnit maydon qanday ta’sirlarga ega? 11. Magnit maydon uchun Gauss teoremasi mohiyati tushuntirish. 12. Tokli o’tkazgichni magnit maydonida ko’chirishda bajariladigan ish ifodasini yozib ko’rsating.	Tinglaydilar, yozadilar. Muhokama etadilar Savollarga javob beradilar
3. Yakuniy bosqich (10 daqiqa)	• Mavzu bo’yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi. • Talabalarga mavzuga qiziqarli ma’lumotlar topib kelish aytiladi.	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

B.B.B. texnikasi

Mavzu savoli	Bilaman	Bilishni xohlayman	Bildim
Magnit maydon induksiya vektorining fizik ma'nosini tushuntiring.			
Bio – Savar – Laplas qonuniga tavsif bering.			
Turli xil simmetrik shakldagi tokli o'tkazgichlarning magnit maydoni induksiyasini ifodalarini yozib bering.			
Magnit maydon qanday ta'sirlarga ega?			
Magnit maydon uchun Gauss teoremasi mohiyati tushuntirish.			

**23-ma'ruza. MAGNIT MAYDON TAMONIDAN TASIR ETUVCHI
KUCHLAR
Reja**

- 1. Lorens kuchi. Amper kuchi.**
- 2. Zaryadlangan zarralarning elektr va magnit maydonidagi harakati.**
- 3. Xoll effekti. Tezlatgichlar. Magnit oqimi.**
- 4. Vakuumdagi magnit maydon uchun Gauss teoremasi.**
- 5. Tokli konturning magnit maydonidagi potensial energiyasi.**
- 6. Bir jinsli magnit maydonidagi tokli ramka. Tokli o'tkazgichni magnit maydonida ko'chirishdagi bajarilgan ish.**

Magnit maydonida harakatlanuvchi zaryadli zarrachalarga ta'sir etuvchi kuchlar. Lorens kuchi.

Magnit maydoni nafaqat magnit moddalarga, balki tokli o'tkazgichlarga, shuningdek harakatdagi zaryadli zarrachalarga ham ta'sir etadi. Bu xulosa qator tajribalar (parallel toklarning o'zaro ta'siri, elektronlar oqimining magnit maydonida og'ishi) asosida tasdiqlangan.

Magnit maydonida harakatlanuvchi zaryadli zarrachalarga ta'sir etuvchi kuch elektr tokining elektron nazariyasi asoschisi Lorens nomi bilan yuritiladi va umumiy holda quyidagicha ifodalanadi:

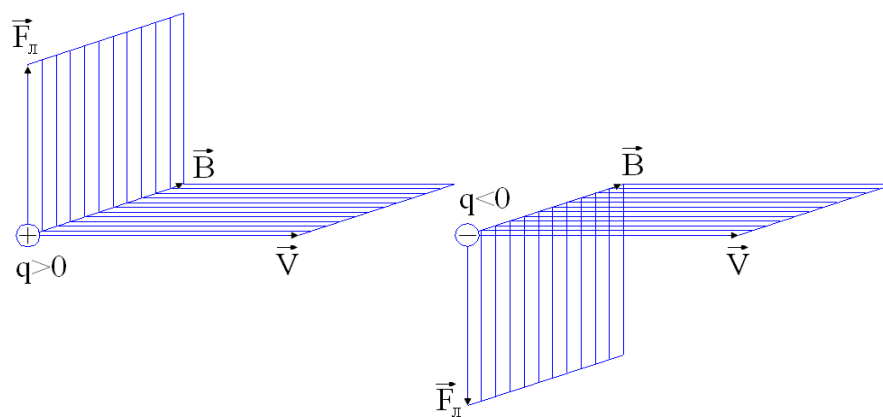
$$\vec{F} = k \cdot q[\vec{v} \cdot \vec{B}] \quad (8.1)$$

bu yerda, k – proporsionallik ko'effitsiyenti bo'lib, xalqaro birliklar sistemasida $k = 1$; Lorens kuchining moduli:

$$F = qvB \sin a \quad (8.2)$$

a – zarrachaning tezlik vektori bilan magnit induksiya vektori orasidagi burchak

$a = 0$ yoki $a = \pi$ bo'lsa, $\sin a = 0$. Demak, zaryadli zarracha magnit maydon induksiya vektoriga parallel holda harakat qilsa, magnit maydoni zaryadli zarrachaga hech qanday kuch bilan ta'sir qilmaydi. Lorens kuchining yo'nalishi tezlik vektori va induksiya vektoridan tuzilgan parallelogrammga perpendikulyar yo'nalgan bo'lib, musbat zaryad uchun chap qo'l, manfiy zaryad uchun o'ng qo'l qoidasiga muvofiq aniqlanadi (8.1–rasm).



8.1– rasm

Lorens kuchi hamma vaqt zarrachaning tezlik vektoriga perpendikulyarligi tufayli zaryadni ko'chirishda hech qanday ish bajarmaydi, kinetik energiyasini ham o'zgartirmaydi. Shunday qilib, faqat zarrachaga normal tezlanish berib, trayektoriyasini o'zgartiradi xolos. Lorens kuchi tufayli magnit maydonining elektr maydonidan yana bir farqli xususiyati aniqlandi. Magnit maydon tinch turgan zaryadga ta'sir etmaydi, ($v = 0, F = 0$) faqat harakatdagi zarrachagagina ta'sir etadi.

Amper kuchi

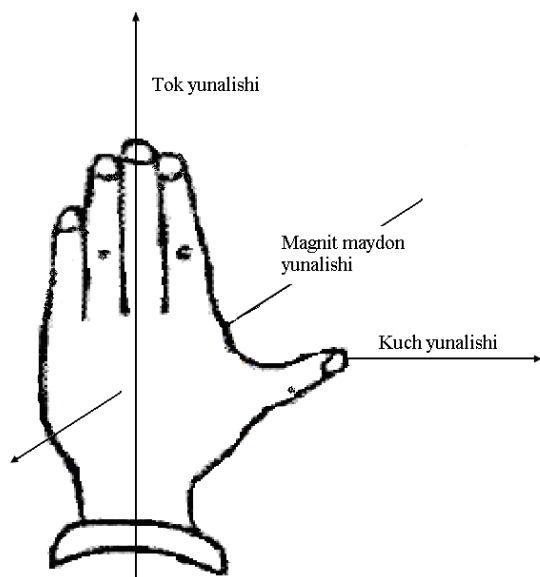
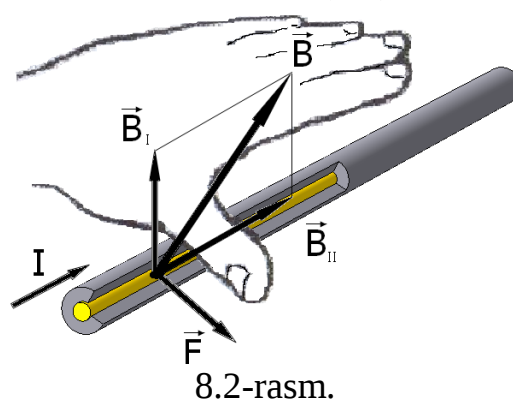
O'tkazgichlarda tok tashiydigan zaryadli zarrachalar, ayni vaqtda tartibsiz issiqlik harakatida (v –tezlik bilan) va maydon kuchlari ta'sirida, tartibli harakat (u - tezlik) bilan qatnashadilar.

O'tkazgich magnit maydonida joylashgan bo'lsa, har bir zaryadli zarrachaga ta'sir etayotgan magnit kuchlarining o'rtacha qiymati:

$$\langle\langle \vec{F} \rangle\rangle = e[\langle\langle \vec{v} \rangle\rangle + \langle\langle \vec{u} \rangle\rangle] \cdot \vec{B} \quad (8.3)$$

Tartibsiz harakat tezligi vektorining o'rtacha qiymati nolga teng. Shu tufayli (1) quyidagicha yoziladi.

$$\langle\langle \vec{F} \rangle\rangle = e[\langle\langle \vec{u} \rangle\rangle \cdot \vec{B}] \quad (8.4)$$



8.3– rasm.

(8.4) bilan aniqlanadigan magnit kuchlari zaryadli zarrachalarning panjara bilan to'qnashuvi orqali o'tkazgichga uzatiladi. Agar o'tkazgichning hajm birligidagi zaryad tashuvchilar sonini n – deb belgilasak, o'tkazgichning dl-

elementiga ta'sir etuvchi kuchini quyidagicha ifodalash mumkin (8.2-rasm)

$$d\vec{F} = \langle\langle \vec{F} \rangle\rangle \cdot \vec{n} \cdot dS = [(\vec{n}\vec{u}) \cdot \vec{B}] dl \cdot S \quad (8.5)$$

tok kuchini uning zichligi orqali yozamiz:

$$I = \oint_S \vec{j} \cdot d\vec{S} = \vec{n}\vec{u} \cdot S \quad (8.6)$$

(8.5) va (8.6) lardan:

$$d\vec{F} = I [d\vec{l} \cdot \vec{B}] \quad (8.7)$$

(8.7) magnit maydoni tomonidan tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuch bo'lib, Amper (1820 y) tomonidan bevosita tajribada aniqlangan.

Bu kuchning moduli

$$F = IBl \cdot \sin \alpha \quad (8.8)$$

Amper kuchining yo'nalishi chap qo'l qoidasiga muvofiq aniqlanadi. Agar chap qo'l kaftiga magnit induksiya vektori kiradigan qilib, to'rttala barmoqni tokning yo'nalishi bilan mos tushadigan qilib joylashtirilsa, bosh barmog'imiz Amper kuchining yo'nalishini ko'rsatadi (8.2, 8.3- rasm).

(8.8)ga to'g'ri tokli o'tkazgichning magnit induksiyasi vektori ifodasini qo'yib, parallel toklarning o'zaro ta'siri qonunini keltirib chiqarish mumkin.

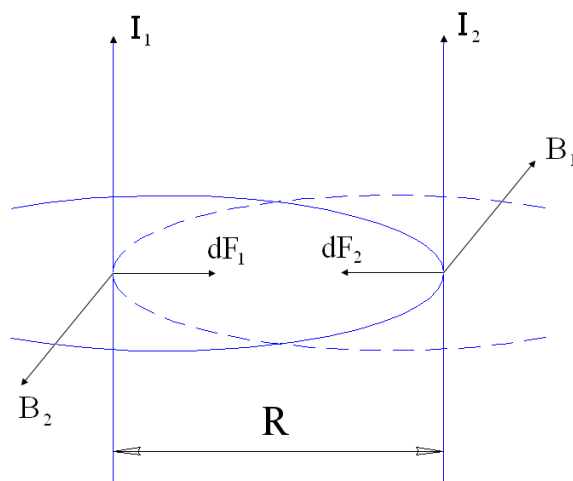
$$B_L = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I_1}{R} \quad (8.9)$$

$$F_{21} = I_2 B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I_1 I_2}{R} \quad (8.10)$$

Parallel tokli o'tkazgichlar uzunlik birligiga ta'sir etuvchi kuch har bir o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchiga to'g'ri proporsional bo'lib, ular orasidagi masofaga esa teskari proporsionaldir (8.4- rasm)

$$F = k \frac{2I_1 I_2}{R} \quad (8.11)$$

bu yerda: $k = \frac{\mu_0}{4\pi}$



8.4– rasm

Xoll effekti

Ingliz olimi E.Xoll (1879 y) tajribada magnit maydoniga joylashtirilgan yaxlit tokli o'tkazgichda magnit induksiyasi va tok zichligi vektoriga

perpendikulyar yo'nalishda potentsiallar ayirmasi vujudga kelishini aniqladi (8.5-rasm).

Tajribalar ko'rsatishicha, bu potentsiallar ayirmasi o'tkazgichning materiali, uning geometrik o'lchami, magnit maydoni induksiyasi va tok zichligiga bog'liq bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

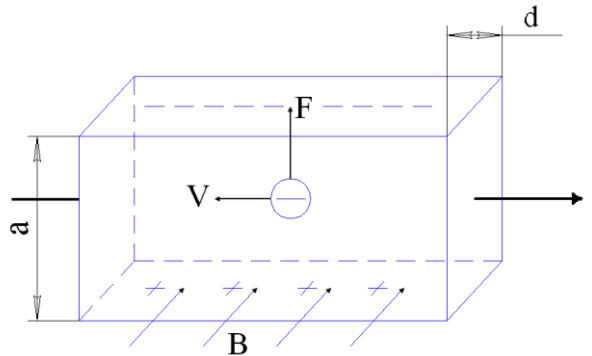
$$(\varphi_2 - \varphi_1) = U_n = RaBj \quad (8.12 \quad 1)$$

Magnit maydonida harakatlanayotgan zaryadli zarrachaga magnit kuchlari ham ta'sir etib, uni og'diradi.

$$\vec{F}_n = e \ll \vec{u} \gg \vec{B} \quad (8.13)$$

Natijada, o'tkazgich sirtida bog'langan sirt zaryadlari vujudga keladi. Bu zaryadlarga magnit kuchlari bilan bir qatorda elektr kuchlari ham ta'sir etadi.

$$\vec{F} = e\vec{E} \quad (8.14)$$



8.5– rasm

Zaryadlarning og'ishi magnit va elektr kuchlari o'zaro tenglashguncha davom etadi. (8.13) va (8.14) lardan $\vec{E} = \ll \vec{u} \gg \vec{B}$ ni hosil qilamiz.

Potensial gradiyentiga ko'ra:

$$E \frac{\varphi_+ - \varphi_-}{a}; \quad \varphi_+ - \varphi_- = U_n = Ea = \ll \vec{u} \gg \vec{B} \cdot a \quad (8.15)$$

Tok zichligini $\vec{j} = en \ll \vec{u} \gg$ hisobga olib:

$$U_n = \frac{1}{en} \cdot \vec{j} \cdot Ba \quad (8.16)$$

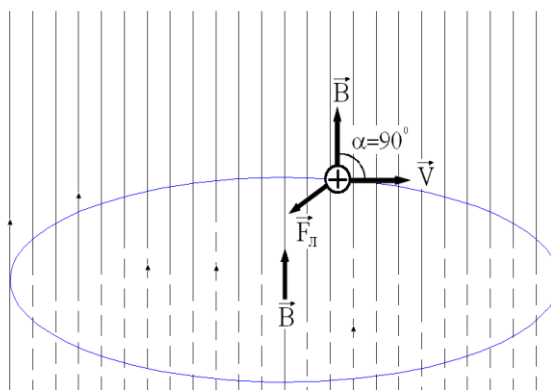
(8.16) va (8.12) larni taqqoslab, Xoll doimiysi uchun:

$$R = \frac{1}{en}$$

Xoll effektidan yarimo'tkazgichlarning elektr xossalarini tahlil qilishda foydalaniladi.

Zaryadli zarrachaning magnit maydonidagi harakati. Tezlatgichlar (Siklotron)

Magnit kuchlarining yo'nalishi zaryadli zarrachalarning tezlik vektoriga perpendikulyarligi tufayli, uning tezligini o'zgartirmay, faqat yo'nalishidan og'diradi, ya'ni normal tezlanish beradi. Magnit kuchlarining ma'lum qiymatida zaryadli zarracha yopiq trayektoriya bo'ylab harakatlanadi. (8.6- rasm)



8.6– rasm

Bunda aylananing radiusi quyidagicha aniqlanadi.

$$a_n = \frac{v^2}{R}; \quad F = ma; \quad R = \frac{mv^2}{q9B} = \frac{m}{q} \cdot \frac{v}{B} \quad (8.17)$$

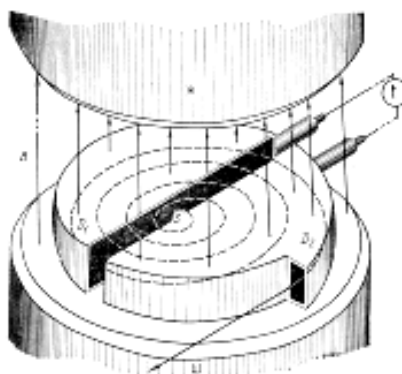
(8.17) ifodadan aylananing radiusi zarracha tezligi, magnit maydon induksiyasi, solishtirma zaryad miqdoriga proporsional degan xulosa kelib chiqadi. Zaryadli zarrachani aylanish davri quyidagi tenglikdan aniqlanadi.

$$T = \frac{2\pi R}{v} = 2\pi \frac{m}{q} \cdot \frac{1}{B} \quad (8.18)$$

Magnit va elektr kuchlaridan elementar zarrachalarni o'rganishda, yuqori energiyali zaryadli zarrachalar oqimini hosil qilishda va boshqarishda foydalaniladi. Bunday moslamalar tezlatgichlar deb yuritiladi.

Tezlatgichlar zarracha tabiati, unga berilgan energiyaning turi va ishlash prinsipiga ko'ra har xil bo'ladi. Masalan: chiziqli tezlatgich, siklotron va hokazo.

Siklotron magnit maydoniga joylashtirilgan, duant deb ataladigan ichi kovak yarim silindrik idish bo'lib, u o'zgaruvchan tok manbaiga ulangan. (8.7-rasm) Zaryadli zarracha duant oralig'iga joylashtirilsa, tezlatuvchi elektr va og'diruvchi magnit kuchlari ta'sirida bir necha MeV, GeV energiya olguncha tezlashtiriladi. Bunday zarrachalar yadro reaksiyalarini hosil qilishda ishlatiladi.

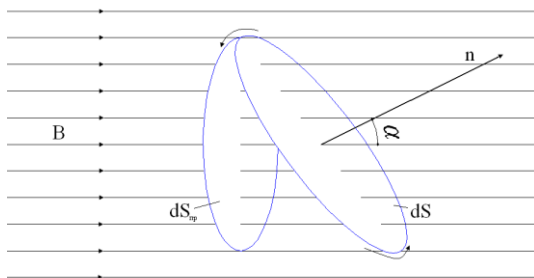


8.7- rasm

Magnit oqimi. Gauss teoremasi

Magnit maydonini xarakterlashda magnit induksiya vektori bilan bir qatorda magnit oqimi tushunchasidan foydalaniladi.

Bir jinsli magnit maydonida joylashgan. dS -yuza orqali o'tayotgan magnit induksiya vektoriga son jihatidan teng kattalik magnit oqimi deb yuritiladi. (8.8-rasm)



8.8-rasm

$$d\Phi_B = \oint_S \vec{B} dS \cos \alpha \quad (8.19)$$

8.8-rasmdan, $B \cos \alpha = B_n$ deb belgilab,

$$d\Phi_B = B_n dS \quad (8.20)$$

Agar birlik normal vektor ($\vec{n}$) magnit induksiya vektori ($\vec{B}$) bilan o'tmas burchak hosil qilsa, ($\alpha > \pi/2$) $d\Phi_B < 0$ manfiy, aksincha $\alpha < \pi/2$ bo'lsa, $d\Phi_B > 0$ musbat hisoblanadi.

Bir jinsli bo'lmagan magnit maydonida joylashgan berk sirt orqali o'tayotgan magnit oqimini hisoblaymiz, buning uchun sirtni shunday elementar bo'lakchalarga ajratamizki, uning har bir elementi uchun maydon bir jinsli deb hisoblanishi mumkin bo'lsin. U holda (2)-ni har bir elementar bo'lakcha uchun yozib, integrallaymiz.

$$\Phi_B = \oint_S B_n dS \quad (8.21)$$

(8.21) ixtiyoriy sirt bo'yicha magnit maydon induksiya vektorining oqimini ifodalaydi.

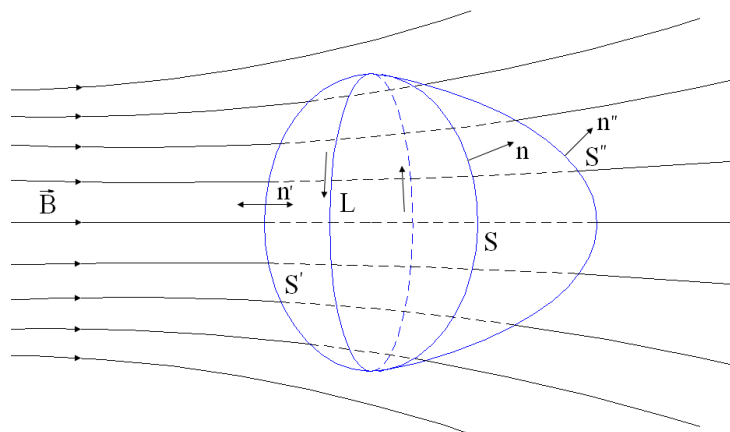
Xalqaro birliklar sistemasida magnit oqimi birligi qilib 1 Veber qabul qilingan.

$$1 \text{ B6} = 1 \text{ T}\cdot\text{m}^2$$

Ma'lumki, magnit induksiya chiziqlari berk chiziqlardir. Shu tufayli biror yopiq sirt bilan chegaralangan sohaga magnit maydon induksiya chiziqlari kirib, qancha magnit oqimi hosil qilsa, chiqishda ham shuncha musbat magnit oqimi hosil qiladi. Shuning uchun, berk sirt bo'yicha to'la oqim nolga teng:

$$\oint_S B_n dS = 0 \quad (8.22)$$

(8.22) magnit induksiyasi oqimi uchun Gauss teoremasining ifodasidir.



8.9-rasm

L – kontur orqali magnit induksiya chiziqlari qancha o'tsa, S , S^1 va S^{11} -sirtlar orqali ham shuncha chiziqlar o'tadi: (8.9-rasm)

$$\oint_S B_n dS = \oint_S B_n dS = \oint_{S^1} B_n dS + \oint_{S^{11}} B_n dS \quad (8.23)$$

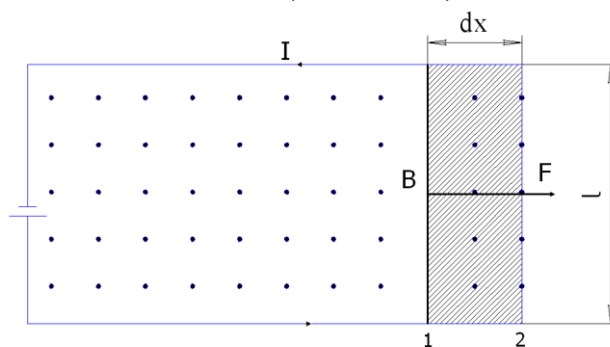
S^1 -ga o'tkazilgan tashqi normal magnit maydon induksiya vektoriga qarama-qarshi yo'nalganligi tufayli magnit oqimi manfiy bo'ladi, buni hisobga olib, to'la oqim uchun:

$$\oint_{S^1+S^{11}} B_n dS = \oint_{S^1} B_n dS + \oint_{S^{11}} B_n dS = 0 \quad (8.24)$$

Bundan, har qanday berk sirt uchun magnit oqimi nolga teng degan xulosa chiqadi

Magnit maydonida tokli o'tkazgichni ko'chirishda bajarilgan ish.

Magnit maydon induksiya vektoriga perpendikulyar bo'lgan va magnit oson ko'chadigan tok elementini kuzatamiz. (8.10-rasm)



8.10-rasm

Ma'lumki, magnit maydonidagi tokli o'tkazgichga Amper kuchi ta'sir etadi:

$$F_A = I \cdot B dl \quad (8.25)$$

Bu kuch tokli o'tkazgichning dl -elementini magnit maydonda ko'chirib ish bajaradi:

$$dA = F_A \cdot dx \quad \text{yoki} \quad dA = IB dl \cdot dx \quad (8.26)$$

$dl \cdot dx = dS$ kontur o'rab turgan yuzaning o'zgarishini ifodalaydi.

$B \cdot dS = d\Phi_B$ magnit oqimining kontur yuzasi orqali o'zgarishini hisobga olib:

$$dA = IBdS = Id\Phi_B \quad (8.27)$$

Magnit maydonida tokli o'tkazgichni ko'chirishda bajarilgan ish magnit oqimining o'zgarishiga proporsionaldir. Bu xulosani istalgan tokli kontur uchun umumlashtirish mumkin (8.11-rasm).

Endi magnit maydonida berk konturni ko'chirishda bajarilgan ishni hisoblaymiz. Konturni tutashgan ABC va CDA bo'laklardan tashkil topgan deb tasavvur qilib, to'la bajarilgan ishni ifodalaymiz.

$$dA = dA_1 + dA_2$$

dA_1 -konturning ABC qismini ko'chirishda bajarilgan ish bo'lib, u manfiy ishoraga ega, chunki konturning bu qismiga ta'sir etuvchi kuch harakat yo'nalishi bilan o'tmas burchak hosil qiladi.

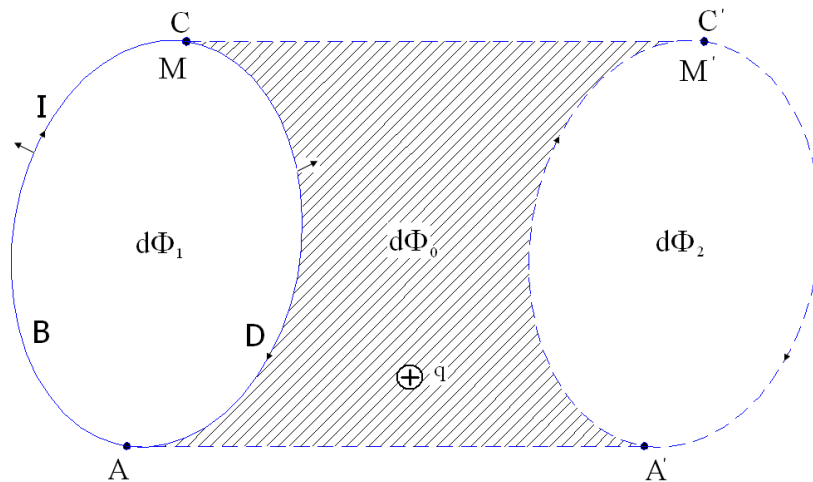
$$dA_1 = -I(d\Phi_0 + d\Phi_1)$$

$$dA_2 = -I(d\Phi_0 + d\Phi_2)$$

Shunday qilib, magnit maydonida berk konturni ko'chirishda bajarilgan ish, kontur yuzasi orqali magnit oqimining o'zgarishiga proporsionaldir

$$dA = Id\Phi^1 \quad (8.28)$$

bu yerda $d\Phi^1 = d\Phi_2 - d\Phi_1$ -kontur orqali o'tayotgan magnit oqimining o'zgarishini bildiradi.



8.11-rasm

Nazorat savollari

1. Magnit strelkasi (ignasi)dan foydalanib o'zgarmas tok manbai qutblarining ishorasini aniqlash mumkinmi? Qanday?
2. Tokli ramkaning magnit momenti nimaga teng? Uning yo'nalishini aniqlang?
3. Magnit maydon induktsiyasini ta'riflang? B vektorining yo'nalishini qanday aniqlashadi?
4. Bio-Savar-Laplas qonuni yozib, uning fizik ma'nosini tushuntiring?
5. Amper qonunini va uning asosida o'zaro parallel ikki tokning ta'sirlashuvini tushuntiring?

24-ma'ruza	ELEKTROMAGNIT INDUKSIYA HODISASI	
1.1. Ta'lim berish texnologiyasining modeli		
Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 nafargacha	
Mashg'ulot shakli	Axborot ma'ruza, B.B.B. jadvali	
Ma'ruza rejasi	1.Faradey tajribalari. Faradey qonunlari. 2.Elektromagnit induksiya qonuni. 3.Lens qoidasi. O'zinduksiya hodisasi.Induktivlik. O'zaro induksiya. 4.Transformatorlar. 5.Magnit maydon energiyasi. Magnit maydon energiyasi zichligi.	
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Talabalarga elektromagnit induksiya hodisasi va bu hodisa uchun Faradey qonunini mohiyatinini tushuntirish.		
Pedagogik vazifalar: • Talabalarga elektromagnit induktsiyasi hodisasi yuaga kelish sabablarini tushunirish; • Induksiya elektr yurituvchi kuchni aniqlovchi Faradey qonunini sharhlab berish; • O'zinduksiya va o'zaro induksiya hodisalari elektromagnit induktsiyasi hodisasining xususiy ko'rinishi ekanligini tushuntirish; • Magnit maydon energiyasi va energiya zichligi ifodasini keltirib chiqaradi;		O'quv faoliyati natijalari: • Elektromagnit induktsiya hodisasining mohiyatini aytib beradi; • Lents qoidasini ta'riflaydi; • O'zinduksiya hodisasida induktsiya EYUK • nimaga teng aytadi; • Kontur induktivligining fizik ma'nosi va u nimaga bog'liqligini ifodaga qarab sharhlaydi; • Elektromagnit maydon energiya zichligi ifodasin keltirib chiqaradi;
Ta'lim berish usullari		“Aqliy hujum”, suhbat, ko'rgazmali
Ta'lim berish shakllari		Ommaviy, ana'naviy
Ta'lim berish vositalari		O'quv qo'llanma, proektor, slaydlar
Ta'lim berish sharoiti		O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash		Og'zaki nazorat: savol-javob

1.2 “Elektromagnit induktsiyasi hodisasi” ma’ruza mashg’ulotining texnologik xaritasi

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta’lim beruvchi	Ta’lim oluvchilar
Tayyorgarlik bosqichi.	• Mavzu bo’yicha o’quv materiallarni, ya’ni taqdimot va tarqatma materiallarni tayyorlash. • Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish. • O’quv kursini o’rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro’yxatini tartiblashtirish.	
1-bosqich. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	• Talabalarning ma’ruza darsiga tayyorgarligi nazoratdan o’tkaziladi. • Talabalarning ma’ruzaga qatnashsish davomatini tekshirish. • Mavzuning nomini doskaga yozadi va mazkur mavzuni yoritishdan ko’zlangan asosiy natijalar to’g’risida axborot beradi.	Tinglaydilar Savollarga javob beradilar
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	• “Elektromagnit induktsiyasi hodisasi” haqidagi ma’ruzani reja asosida tushuntiradi. • Power Point dasturi asosida asosiy ishchi formulalar va rasmlarni namoyish etadi. • Talabalarning yozib olishlarini ta’kidlaydi. • Mavzuga oid qiziqarli masalalar berib talabalar mustaqil fikr yuritishini nazoran qilinadi. • Talabalarga mavzuga oid bilimlarni mustahkamlash uchun savollar beradi: 1. Faradeyning elektromagnit induksiya xodisasining mohiyati nimadan iborat? 2. Elektromagnit induksiya xodisasining kullanishiga doir misollar keltiring. 3. Uzinduksiya va uzaro induksiya xodisalarining xosil bulishini tushuntirib bering 4. Tokli galtakning magnit energiyasi qanday formula bilan ifodalanadi va uning mexanik o’xshashligini toping.	Tinglaydilar, yozadilar. Muhokama etadilar Savollarga javob beradilar
3. Yakuniy bosqich (10 daqiqa)	• Mavzu bo’yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi. • Talabalarga mavzuga qiziqarli ma’lumotlar topib kelish aytiladi.	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

B.B.B. texnikasi

№	Mavzu savoli	Bilaman	Bilishni xohlayman	Bildim
1	Elektromagnit induktsiya hodisasining mohiyatini aytib bering.			
2	Lents qoidasini sharhlab bering.			
3	O'zinduktsiya hodisasida induktsiya EYUK nimaga teng bo'ladi?			
4	Kontur induktivligi qanday fizik ma'noga ega?			
5	Tokli galtakning magnit energiyasi qanday formula bilan ifodalanadi?			

24-ma'ruza. ELEKTROMAGNIT INDUKSIYA HODISASI

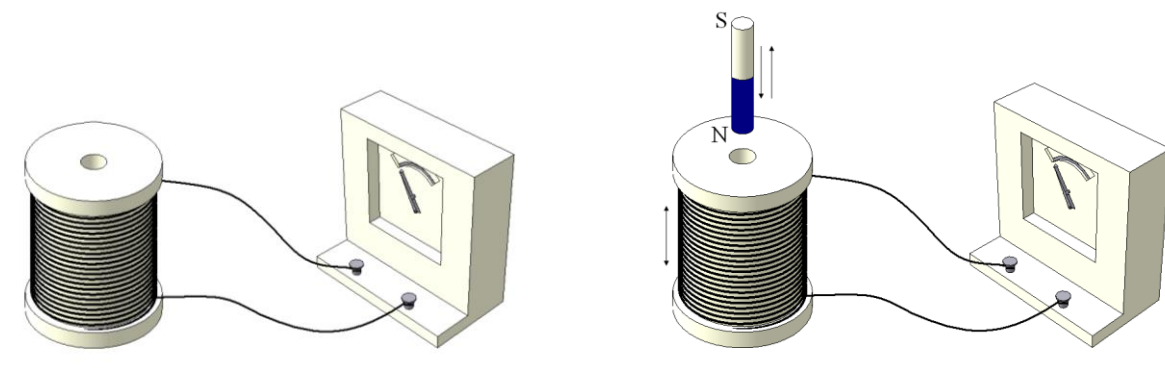
Reja

1. Faradey tajribalari. Faradey qonunlari.
2. Elektromagnit induksiya qonuni.
3. Lens qoidasi. O'zinduksiya hodisasi. Induktivlik. O'zaro induksiya.
4. Transformatorlar.
5. Magnit maydon energiyasi. Magnit maydon energiyasi zichligi..

Elektromagnit induksiya hodisasi

Faradey elektr va magnit hodisalarini o'zaro chambarchas bog'liq deb hisoblab, magnit maydonining elektr ta'sirini o'rganish bo'yicha juda ko'p tajribalar o'tkazdi. Yillar davomida qunt bilan o'tkazilgan tajribalar natijasida 1831 yil elektromagnit induksiya hodisasini kashf etdi. Har qanday o'tkazuvchan berk konturda u o'rab turgan sirt orqali o'tayotgan magnit oqimi o'zgarganda, shu konturda tok hosil bo'lishini aniqladi. Bu hodisa elektromagnit induksiya hodisasi, tok esa induksion tok deb yuritiladi.

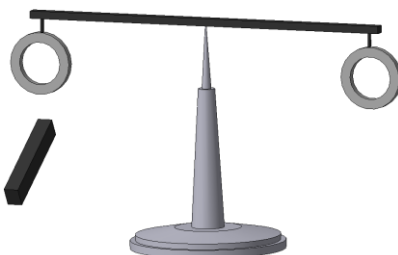
Doimiy magnit tayoqcha galvanometrga ulangan g'altak ichiga kiritilishi va chiqarilishida konturda induksion tok hosil bo'ladi (9.1-rasm).



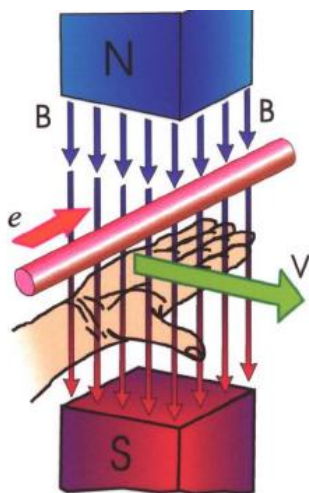
9.1-rasm

Demak, magnit oqimining o'zgarishi konturda tok hosil qiladi. Tajribalar ko'rsatishicha, induksion tokning kattaligi magnit oqimiga emas, balki magnit oqimining o'zgarish tezligi va ishorasiga proporsional bo'lib, uni qanday yo'l bilan o'zgartirishga bog'liq emas.

Lents (1833 y.) induksion tok yo'nalishini aniqlashga imkon beruvchi tajribani amalga oshirdi. Agar doimiy magnit qutblaridan biri berk halqaga yaqinlashtirilsa, halqada induksion tok hosil bo'lib, bu tokning magnit maydoni doimiy magnit maydonini kompensatsiyalaydi, sistema muvozanat vaziyatidan og'adi. Magnit qutbi ochiq halqaga yaqinlashtirilsa, hech qanday o'zgarish kuzatilmaydi. (9.2-rasm)



9.2-rasm



Tajriba natijalarini umumlashtirib, induksion tok shunday yo'nalgan deyish mumkinki, uni hosil qilgan magnit maydon induksiyasi, induksion tokni vujudga keltirayotgan magnit induksiyasini hamma vaqt kompensatsiyalaydi. Yopiq konturda induksion tok shunday yo'nalganki, u o'zining magnit maydoni bilan uni hosil qiluvchi magnit maydon o'zgarishiga qarshilik ko'rsatadi. Amalda induksion tok yo'nalishini aniqlash uchun ma'lum qoida ishlab chiqilgan. U *o'ng qo'l qoidasi* deb yuritiladi. O'ng qo'l kaftiga magnit induksiya chiziqlari kiradigan qilib joylashtirilsa, bosh barmoq o'tkazgich harakati yo'nalishini ko'rsatib, to'rttala barmoq induksion tok yo'nalishini ko'rsatadi.

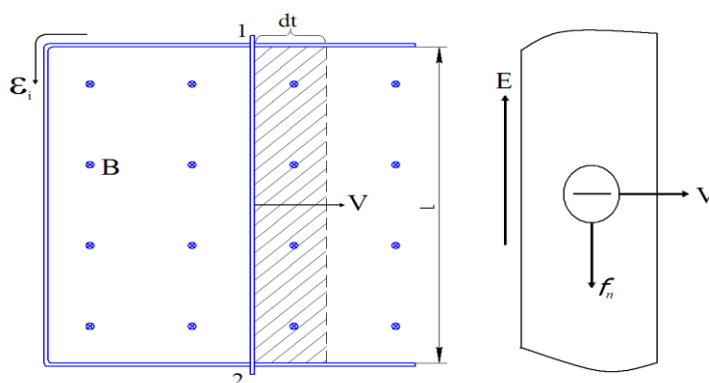
Induksiya elektr yurituvchi kuch.

Faradey tajribalaridan ma'lumki, magnit oqimining o'zgarishi konturda tokni induksiyalaydi. Demak, konturda induksiya elektr yurituvchi kuch (E.Yu.K.) hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan E.Yu.K. magnit oqimining o'zgarish tezligiga proporsionaldir. $\varepsilon_s = d\Phi/dt$. Bu bog'lanishni ifodalash uchun bir jinsli magnit maydonida berk konturning dl elementini v -tezlik bilan ko'chirilishini kuzatamiz. (9.3-rasm) Magnit maydonida konturning dl elementi, shuningdek uning tarkibidagi zaryadli zarrachalar ham shu tezlik bilan ko'chadi. Ularga Lorens kuchi ta'sir etishi tufayli

$$\overline{F}_n = e v B \quad (9.1)$$

$$\overline{F}_o = qE = eE \quad (9.2)$$

$$\overline{F}_A = \overline{F}$$



9.3-rasm

kuclanganligi $\overline{E} = v\overline{B}$ -ga ekvevalent noelektrostatik maydon hosil bo'ladi. Bu maydon kuchlanganligining kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi induksiya E.Yu.K.ni hosil qiladi:

$$\varepsilon_s = \oint_L \overline{E}_1 dl = \oint_L v B dl \cdot \frac{dt}{dt} \quad (9.3)$$

(9.3) dagi kontur yuzining o'zgarishini $v \cdot dl \cdot dt = dS$ hisobga olib,

$$\varepsilon_s = \oint \left(\frac{BdS}{dt} \right) \quad (9.4)$$

(9.4) dagi $BdS = d\Phi_B$ -magnit oqimining o'zgarishini bildiradi.

$$\varepsilon_s = -\frac{d\Phi}{dt}; \quad 1B = 1 \text{ B6/cek} \quad \text{yoki} \quad \varepsilon_s = -\frac{1}{dt} \oint BdS \quad (9.5)$$

Agar, $\frac{d\Phi}{dt} > 0$ bo'lsa, induksiya E.Yu.K. konturni aylanish yo'nalishiga teskari yo'nalishda ta'sir etadi va aksincha.

O'zinduksiya hodisasi

Istalgan berk konturdan o'tayotgan o'zgaruvchan tok shu kontur bilan chegaralangan sirtini kesib o'tuvchi o'zgaruvchan magnit induksiya oqimini hosil qiladi. Natijada shu konturda tok induksiyalanadi. Shunday qilib, tokning o'zgarishi tufayli shu konturning o'zida induksion E.Yu.K. ning hosil bo'lish hodisasiga o'zinduksiya hodisasi deb yuritiladi.

Magnit oqimi (Φ) magnit induksiyasi (B) va tok kuchi (I)ga to'g'ri proporsionaldir.

$$\Phi = B \cdot I \text{ yoki } \Phi = LI \quad (9.7)$$

$I=1A$ bo'lganda, berilgan kontur bo'yicha magnit oqimi qanchaga o'zgarishini ko'rsatadigan L -kattalik konturning induktivligi deyiladi. Ma'lumki, solenoid maydoni induksiyasi

$$B = \mu\mu_0 nI \quad (9.8)$$

Har bir o'ram orqali o'tgan oqim $\Phi^1 = BS$ bo'lsa, to'la oqim:

$$\Phi = N\Phi^1 = N\mu\mu_0 n \cdot IS \quad (9.9)$$

uzunlik birligidagi o'ramlar soni $n = \frac{N}{l}$ -dan foydalanib:

$$\Phi = \mu\mu_0 \frac{N^2}{l} \cdot SI \quad (9.10)$$

(9.10) ni (9.7) bilan taqqoslab, induktivlik uchun:

$$L = \mu\mu_0 \frac{N^2}{l} \cdot S \quad (9.11)$$

(9.11) ni hisobga olib induksiya E.Yu.K.

$$\varepsilon_s = -\frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{dI}{dt} \quad (9.12)$$

(9.12) dan:

$$L = \frac{\varepsilon_s \cdot dt}{dI} \quad (9.13)$$

Induktivlik birligi qilib, 1 Genri qabul qilingan.

$$1Gn = 1 \frac{V \cdot sek}{A}$$

Tok kuchi 1 sekundda 1 A ga o'zgarganda uchlarida 1B induksiya E.Yu.K. hosil qiladigan g'altakning induktivligi 1 Genri bo'ladi.

O'zaro induksiya hodisasi.

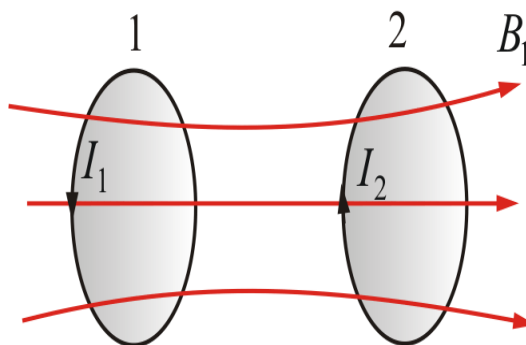
Bir-biriga yaqin joylashgan ikkita qo'zg'almas konturni kuzatamiz (9.4-rasm). Agar konturlardan biridagi tok I_1 , ikkinchi kontur qamrab olgan sirt orqali hosil qilgan magnet oqimi Φ_{21} -deb belgilansa,

$$\Phi_{21} = L_{21} I_1 \quad (9.14)$$

bu yerda, L_{21} -proporsionallik koeffitsienti.

Faradey qonuniga muvofiq I_1 -ning o'zgarishi ikkinchi konturda E.Yu.K. hosil qiladi:

$$\varepsilon_{12} = -\frac{d\Phi_{21}}{dt} = -L_{21} \frac{dI_1}{dt} \quad (9.15)$$



9.4-rasm

Xuddi shuningdek, ikkinchi konturdagi tok I_2 – birinchi kontur qamrab olgan sirt orqali

$$\Phi_{12} = L_{12} I_2 \quad (9.16)$$

magnet oqimini hosil qiladi.

Agar ikkinchi konturdagi tok o'zgaruvchan bo'lsa, birinchi konturda hosil bo'lgan induksiya E.Yu.K. Φ_{12} -ning o'zgarish tezligiga proporsional bo'ladi.

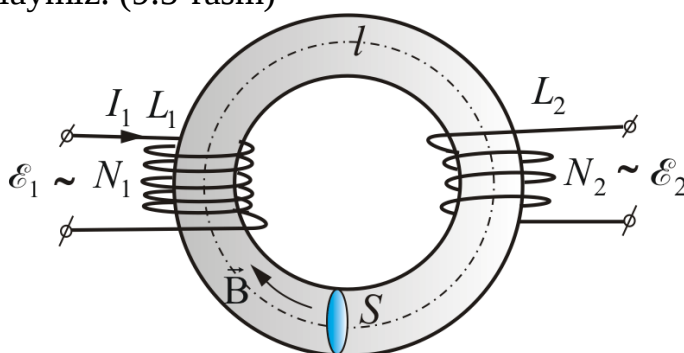
$$\varepsilon_n = -\frac{d\Phi_{12}}{dt} = -L_{12} \frac{dI_2}{dt} \quad (9.17)$$

Konturlardan birida tok kuchining o'zgarishi, ikkinchisida induksiya E.Yu.K.-ni vujudga keltirishi o'zaro induksiya hodisasi deb yuritiladi.

Tajribalar ko'rsatishicha, o'zaro induktivlik koeffitsiyentlari bir-biriga teng bo'ladi:

$$L_{12} = L_{21}$$

Umumiy o'zakka kiritilgan ikkita g'altakning o'zaro induktivlik koeffitsiyentini hisoblaymiz. (9.5-rasm)



9.5-rasm

Birinchi g'altakning magnit induksiyasi:

$$B = \mu\mu_0 \frac{n_1 I_1}{l}$$

bu yerda, μ -o'zak moddasining magnit doimiysi

n_1 -o'ramlar soni

Ikkinchi g'altakning bitta o'rami orqali o'tgan magnit oqimi

$$\Phi_2 = BS = \mu\mu_0 \frac{I_1 n_1}{l} \cdot S \quad (9.18)$$

to'la oqim

$$\Phi = \Phi_2 n_2 = \mu\mu_0 \frac{n_1 n_2 I_1}{l} \cdot S \quad (9.19)$$

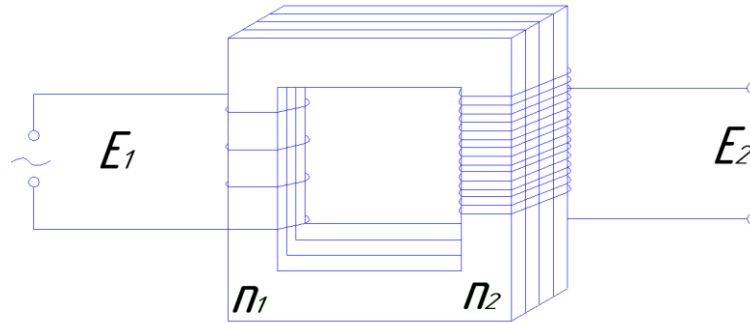
o'zaro induktivlik koeffitsiyenti:

$$L_{21} = \frac{\Phi}{I_1} = \mu\mu_0 \frac{n_1 n_2}{l} \cdot S \quad (9.20)$$

Xuddi shu usul bilan birinchi g'altakning o'zaro induktivlik koeffitsiyentini ham (9.21) ifodaga teng ekanligini isbotlash mumkin.

$$L_{12} = \frac{\Phi}{I_2} = \mu\mu_0 \frac{n_1 n_2}{l} \cdot S \quad (9.21)$$

O'zaro induktivlik hodisasidan olis masofalarga elektr energiyasini uzatish moslamalari (transformatorlar) tayyorlashda foydalaniladi. Transformatorlar ramka shaklidagi o'zakka kiritilgan ikkita n_1 va n_2 o'ramli g'altakdan iborat bo'ladi. (9.6-rasm)



9.6-rasm

Agar transformatorning birlamchi cho'lg'ami o'zgaruvchan tok manbaiga ulansa, undan I_1 -tok o'tib, o'zgaruvchan magnit oqimi hosil qiladi. Bu o'zgaruvchan magnit oqimi ikkilamchi cho'lg'am o'ramlarini kesib o'tib, o'zaro induksiya E.Yu.K., birlamchi cho'lg'amida esa o'zinduksiya E.Yu.K. hosil qiladi. Om qonuniga muvofiq birlamchi cho'lg'amdagi tok kuchi tashqi va induksiya E.Yu.K.ning algebraik yig'indisi orqali aniqlanadi:

$$\varepsilon_1 = -\frac{d}{dt}(n_1 \Phi) = I_1 R_1 \quad (9.22)$$

bu yerda, R_1 -birlamchi cho'lg'am qarshiligi bo'lib, tez o'zgaruvchan maydon uchun kichik miqdor bo'lib hisoblanadi. Shu tufayli

$$\varepsilon_1 \approx n_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad (9.23)$$

ikkinchi cho'lg'amdagi induksiya E.Yu.K.

$$\varepsilon_{12} = -\frac{d(n_2 \Phi)}{dt} = -n_2 \frac{d\Phi}{dt} \quad \varepsilon_2 = -\frac{n_2}{n_1} \varepsilon_1 \quad (9.24)$$

(9.24) dagi minus ishora birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amdagi toklar faza jihatidan qarama-qarshi ekanligini bildiradi.

$\frac{n_2}{n_1}$ -nisbat transformatsiyalash koeffitsiyenti deb yuritiladi.

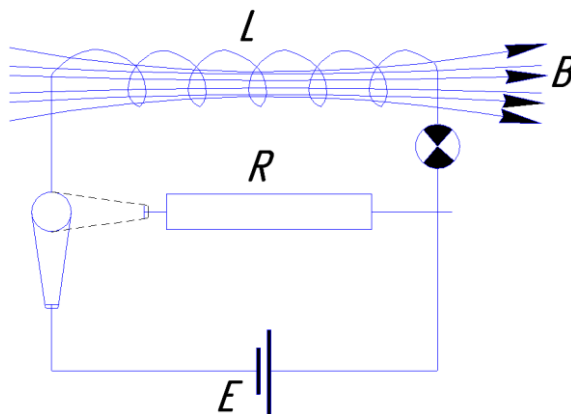
Agar, $\frac{n_2}{n_1} > 1$ bo'lsa, transformator yuksaltiruvchi, aksincha bo'lsa $\frac{n_2}{n_1} < 1$ pasaytiruvchi bo'ladi.

Magnit maydon energiyasi. Energiya zichligi.

Agar induktivligi L bo'lgan solenoid, cho'g'lanma lampa va qarshilikdan iborat zanjir tok manbaiga ulansa, solenoid o'ramlarida magnit maydoni hosil bo'lib, lampa ravshan yonadi. (9.7-rasm) Zanjirni batareyadan uzganda lampa birdan o'chmaydi, unda o'zinduksiya tufayli sekin-asta kamayib boruvchi induksion tok hosil bo'ladi. Bu tok hosil qilgan magnit maydon energiyasi zanjir elementlarining ichki issiqlik energiyasini oshirishga sarflanadi.

Ichki energiyani oshirish uchun sarflangan energiya bajargan ish orqali ifodalanadi:

$$dA = \varepsilon_s Idt \quad (9.25)$$



9.7-rasm

Bu yerda, ε_s -induksiya E.Yu.K. $\varepsilon_s = -d\Phi/dt$; $dA = -\frac{d\Phi}{dt} Idt$ oxirgi ifodadagi magnit oqimining o'zgarishini hisobga olib:

$$dA = -LI dI \quad (9.26)$$

(9.26) ni integrallab:

$$A = -\int_0^I LI dI; \quad \text{yoki} \quad A = \frac{LI^2}{2} \quad (9.27)$$

Shunday qilib, magnit maydoni ham boshqa maydonlar kabi energiyaga ega. Shu energiya hisobiga maydon kuchlari ekvivalent miqdorda ish bajaradi.

$$A = W = \frac{LI^2}{2} \quad (9.28)$$

Magnit maydoni energiyasini uni bevosita xarakterlovchi kattaliklar orqali ifodalaymiz.

Ma'lumki, g'altakning induktivlik koeffitsiyenti:

$$L = \mu\mu_0 \frac{N^2}{l} \cdot S \frac{l}{l} = \mu\mu_0 \frac{N^2}{e^2} V$$

Uzunlik birligidagi o'ramlar soni $n = \frac{N}{l}$ ni kiritib, (9.28) ni e'tiborga olib, (9.28) va (9.29) lardan magnit maydon energiyasi uchun:

$$L = \mu\mu_0 \frac{n^2 V}{2} \quad (9.29)$$

$$W = \mu\mu_0 \frac{n^2 V}{2} I^2 \quad (9.30)$$

(9.30) da $H = nJ$ -solenoid magnit maydoni kuchlanganligi, $B = \mu\mu_0 \cdot H$ Dn foydalanib,

$$W = \frac{\mu\mu_0 H^2}{2} V \quad \text{yoki} \quad W = \frac{BH}{2} V \quad (9.31)$$

(9.31) magnit maydon energiyasining ifodasidir.

Ba'zan energiya zichligi tushunchasidan ham foydalaniladi. Hajm birligidagi energiya miqdoriga son jihatidan teng kattalik energiyaning hajmiy zichligi deb yuritiladi. Magnit maydoni energiyasining hajmiy zichligi:

$$\omega = \frac{W}{V} = \frac{BH}{2} = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} = \frac{\mu\mu_0 H^2}{2} \quad (9.32)$$

Energiya zichligini bilgan holda istalgan nuqtadagi energiya aniqlanishi mumkin.

$$W = \int_V \omega dV = \int_V \frac{\mu\mu_0 H^2}{2} dV = \int_V \frac{B^2}{2\mu\mu_0} dV \quad (9.33)$$

Nazorat savollari

1. Elektromagnit induksiya hodisasining mohiyati nimadan iborat? Faradey tajribalarini tahlil qilib bering?
2. Lents qoidasini ta'riflang va misollar bilan to'ldiring?
3. O'zinduksiya hodisasining mohiyati nimadan iborat? Bunda induksiya EYUK nimaga teng bo'ladi.
4. O'zaro induksiya hodisasini tushuntiring? Bu holdagi induksiya EYUK ni hisoblang?
- Kuchaytiruvchi transformatorlarning birlamchi va ikkilamchi o'ramlaridagi
5. toklarning nisbatini aniqlang?
6. Qachon o'zinduksiya EYUK katta bo'ladi? O'zgaras tok zanjirini ulagandami? yoki uzgandami?
7. Kontur induktivligining fizik ma'nosi nimadan iborat? U nimaga bog'liq?
8. Elektromagnit maydon energiya zichligi nimaga teng?

25-ma'ruza	MODDADAGI MAGNIT MAYDON	
Ta'lim berish texnologiyasining modeli		
Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 nafargacha	
Mashg'ulot shakli	Axborot ma'ruza, B.B.B. jadvali	
Ma'ruza rejasi	1.Molekulyar toklar. Magnitlanish vektori. 2. Modda uchun magnitostatikaning asosiy tenglamalari. 3.Magnetiklarning turlari. Diamagnetiklar. Paramagnetiklar. Ferromagnetiklar va ularning xossalari. 4.Gisterezis hodisasi.	
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Talabalarga modda bo'lgan holda magnit maydon qonunlarining fizik mohiyatini tushuntirish.		
Pedagogik vazifalar: • Magnitlanish vektori va uning fizik ma'nosini tushuntirish; • Magnitlanish vektorining sirkulyasiyasi nimaga tengligini va u qanday xisoblanishini ko'rsatish; • Modda bo'lgan holda doimiy tokning magnit maydon tenglamasi qanday ko'rinishda bo'lishini tushuntirirsh; • Magnit maydon kuchlanganlik vektorining xossalari bayon qilish; • Magnetiklar xossalari sharhlab berish; • Kyuri qonunini tushuntirib berish; • Nima sababdan ferromagnetiklarda magnitlanganlikning to'yinishi kuzatilishini tushuntirish; • Gisterezis sirtmog'i hosil bo'lish jarayonini izoxlab berish;		O'quv faoliyati natijalari: • Magnitlanish vektori va uning fizik ma'nosi tushuntiradi; • Magnitlanish vektorining sirkulyasiyasi nimaga teng sharhlaydi; • Magnit maydon kuchlanganlik vektorining xossalari aytib beradi; • Diamagnetiklar va paramagnetiklarning magnit xossalari qanday farqlar borligini izohlaydi; • Magnit maydon induksiya vektori hamda magnit maydon kuchlanganlik vektorlari bilan magnitlanganlik orasidagi qanday bog'lanish borligini yozib beradi; • Kyuri qonunini tushuntiradi; • Nima sababdan ferromagnetiklarda magnitlanganlikning to'yinishi kuzatilishini izohlaydi; • Gisterezis sirtmog'i ma'nosini tushuntiradi;
Ta'lim berish usullari		“Aqliy hujum”, suhbat, ko'rgazmali
Ta'lim berish shakllari		Ommaviy, ana'naviy
Ta'lim berish vositalari		O'quv qo'llanma, proektor, slaydlar
Ta'lim berish sharoiti		O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash		Og'zaki nazorat: savol-javob

1.2 “Moddadagi magnit maydon” ma’ruza mashg’ulotining texnologik xaritasi

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta’lim beruvchi	Ta’lim oluvchilar
Tayyorgarlik bosqichi.	• Mavzu bo’yicha o’quv materiallarni, ya’ni taqdimot va tarqatma materiallarni tayyorlash. • Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish. • O’quv kursini o’rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro’yxatini tartiblashtirish.	
1-bosqich. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	• Talabalarning ma’ruza darsiga tayyorgarligi nazoratdan o’tkaziladi. • Talabalarning ma’ruzaga qatnashsish davomatini tekshirish. • Mavzuning nomini doskaga yozadi va mazkur mavzuni yoritishdan ko’zlangan asosiy natijalar to’g’risida axborot beradi.	Tinglaydilar Savollarga javob beradilar
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	• “Moddadagi magnit maydon” haqidagi ma’ruzani reja asosida tushuntiradi. • Power Point dasturi asosida asosiy ishchi formulalar va rasmlarni namoyish etadi. • Talabalarning yozib olishlarini ta’kidlaydi. • Mavzuga oid qiziqarli masalalar berib talabalar mustaqil fikr yuritishini nazoran qilinadi. • Talabalarga mavzuga oid bilimlarni mustahkamlash uchun savollar beradi: 1. Magnitlanish vektori va uning fizik ma’nosi tushuntir. 2. Magnitlanish vektorining sirkulyasiyasi nimaga teng bo’ladi? 3. Magnit maydon kuchlanganlik vektorining xossalari aytib bering. 4. Diamagnetiklar va paramagnetiklarning magnit xossalari qanday farqlar bor. 5. Magnit maydon induksiya vektori bilan magnit maydon kuchlanganlik vektorlari orasidagi qanday bog’lanish borligini yozib bering. 6. Kyuri qonunini nimani izohlaydi? 7. Gisterezis sirtmog’i mohiyatini tushuntiring.	Tinglaydilar, yozadilar. Muhokama etadilar Savollarga javob beradilar
3. Yakuniy bosqich (10 daqiqa)	• Mavzu bo’yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi. • Talabalarga mavzuga qiziqarli ma’lumotlar topib kelish aytiladi.	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

B.B.B. texnikasi

№	Mavzu savoli	Bilaman	Bilishni xohlayman	Bildim
1	Magnitlanish vektori va uning fizik ma'nosi tushunting.			
2	Magnitlanish vektorining sirkulyasiyasi nimaga teng bo'ladi?			
3	Diamagnetiklar va paramagnetiklarning magnit xossalari qanday farqlar bor.			
4	Kyuri qonunini nimani izohlaydi?			
5	Gisterezis sirtmog'i mohiyatini tushuntiring			
6	Magnit maydon induksiya vektori bilan magnit maydon kuchlanganlik vektorlari orasidagi qanday bog'lanish borligini yozib bering.			

25- ma'ruza. MODDADAGI MAGNIT MAYDON

Reja

1. Molekulyar toklar. Magnitlanish vektori.
2. Modda uchun magnitostatikaning asosiy tenglamalari.
3. Magnetiklarning turlari. Diamagnetiklar. Paramagnetiklar. Ferromagnetiklar va ularning xossalari.
4. Gisterezis hodisasi.

Moddalarning magnit maydoni. Magnit maydon kuchlanganligi.

Biz yuqorida vakuumda joylashgan tokli o'tkazgichning magnit maydoni qonunlari bilan tanishdik. Agar tokli o'tkazgich magnit xossasiga ega bo'lgan modda ichiga joylashtirilgan bo'lsa, moddaning magnitlanishi tufayli maydon o'zgaradi. Bu o'zgarishni quyidagi sodda tajribada namoyish qilish mumkin. (10.1 – rasm)

10.1– rasm

Natijaviy maydon induksiyasi uchun:

$$B=B_0+B^1 \quad (10.1)$$

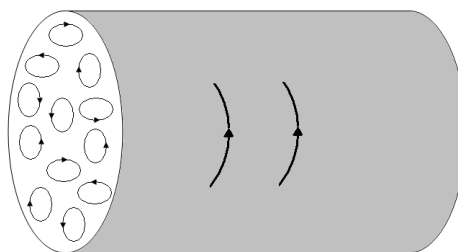
B_0 -tokli o'tkazgich maydonining induksiya vektori.

B^1 -moddaning magnitlanishi tufayli vujudga kelgan magnit maydon induksiya vektori.

Tashqi maydon o'zgarmaganda to'la maydon induksiyasi moddaning magnitlanishiga bo'g'liq.

Moddalarning magnitlanishini tushuntirish uchun Amper molekulyar toklar nazariyasiga asoslandi. Moddaning atom molekulalarida zaryadlarni aylanishi bilan bog'liq molekulyar toklar vujudga keladi. (10.2-rasm) Bu molekulyar toklar magnit momenti:

$$\overline{P_m} = evS \quad (10.2)$$



10.2-rasm

Tashqi maydon bo'lmaganda molekular magnit momentlari vektori $\overline{P}_m$ tartibsiz yo'nalgan bo'lib, ularning algebraik yig'indisi nolga teng bo'ladi: $\sum \overline{P}_{mi} = 0$ ya'ni magnit maydoni vujudga kelmaydi.

Tashqi maydonda molekular magnit momentlari biror ustivor yo'nalishda tartiblanib, induksiyasi noldan farqli bo'lgan B^1 magnitlanish hosil qiladi.

Magnit induksiyasi vektorining serkulyatsiyasiga ko'ra:

$$\oint_L B_l dl = \oint_L (B_1 + B^1) dl = \oint_L B_l dl + \oint_L B^1 dl \quad (10.3)$$

Har qanday berk kontur bo'yicha magnit induksiya vektorining serkulyatsiyasi, shu kontur o'rab olgan o'tkazuvchanlik va molekulyar toklarning algebraik yig'indisiga teng. Bu xulosa magnit maydon induksiya vektori uchun to'la toklar qonuni deb yuritiladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$\oint_L B_l dl = \sum \mu_0 I_v + \sum \mu_0 I_m \quad (10.4)$$

Molekulyar toklarni bevosita o'lchab bo'lmaganligi tufayli ularni magnitlanish vektori orqali aniqlanadi. *Magnitlanish vektori deb moddaning hajm birligidagi magnit momentlarining algebraik yig'indisi son jihatidan teng kattalikka aytiladi:*

$$J = \frac{\sum \overline{P}_m}{V} \quad [A/m] \quad (10.5)$$

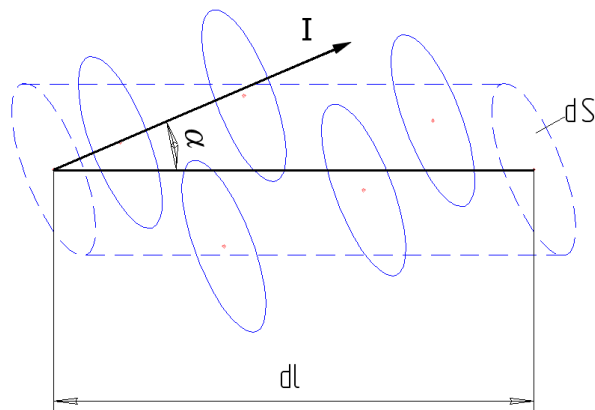
Magnitlanish vektori bilan o'qi α -burchak tashkil etgan dl uzunlikdagi, dS -kesim yuziga ega silindrik moddada n -ta molekula bor deb hisoblaymiz. (10.3-rasm) U holda molekulyar toklarning algebraik yig'indisi uchun:

$$\sum I_m = \oint nev dssl \cos \alpha$$

$$\overline{P}_m = evdS$$

$$\sum I_m = \oint P_m n dl \cos \alpha$$

$$\bar{I} = \overline{P}_m \cos \alpha \text{ ni e'tiborga olib:}$$



10.3-rasm

$$\sum I_m = \oint I_l dl \quad (10.6)$$

(10.6) ni hisobga olib (10.4) ni quyidagicha ifodalaymiz.

$$\oint \left(\frac{\bar{B}}{\mu_0} - \bar{J} \right) dl = \sum I_y \quad (10.7)$$

(10.7) dagi ayirma $\bar{H}$ – bilan belgilanadi va u magnit maydon kuchlanganligi deb yuritiladi.

$$\oint \left(\frac{\bar{B}}{\mu_0} - \bar{J} \right) = \bar{H} \quad (10.8)$$

(10.8) ni hisobga olib (10.7) ni soddaroq ko'rinishda yozish mumkin.

$$\oint_L H_l dl = \sum I_v \quad \text{yoki} \quad \oint_L \bar{H}_l dl = \oint_S \bar{j} dS \quad (10.9)$$

(10.9) ifoda elektrodinamikaning asosiy tenglamalaridan biri bo'lib hisoblanadi.

Vakuumba magnitlanish nolga teng bo'lgani uchun, (10.8) dan:

$$\bar{H} = \frac{\bar{B}}{\mu_0} \quad \text{yoki} \quad \bar{B} = \mu_0 \cdot \bar{H} \quad (10.10)$$

ni hosil qilamiz.

(10.10)ga to'g'ri tokli o'tkazgichning maydon induksiyasi ifodasini qo'llab to'g'ri tokli o'tkazgichdan b – o'zoqlikdagi nuqtaning magnit maydon kuchlanganligi uchun (10.11) ni hosil qilamiz.

$$H = \frac{I}{2\pi b} \quad (10.11)$$

Agar (10.10) ga doiraviy tokli o'tkazgich magnit maydoni induksiyasi ifodasini qo'ysak, doiraviy tok markazida magnit maydon kuchlanganligi kelib chiqadi.

$$H = \frac{I}{2\pi b} \quad (10.12)$$

Odatda magnitlanish vektorini moddaning magnit maydon induksiyasi orqali emas, balki magnit maydon kuchlanganligi orqali ifodalash qabul qilingan.

$$\bar{J} = \chi \bar{H} \quad (10.13)$$

bu yerda, χ – moddaning magnit kirituvchanligi. Magnit kirituvchanlik moddaning tabiati va temperaturasiga bog'liq bo'lgan o'zgarmas kattalikdir.

(10.13) ga asosan, (10.8) quyidagi ko'rinishni oladi.

$$H = \frac{B}{\mu_0} - \chi H \quad \text{yoki} \quad H(1 + \chi) = \frac{B}{\mu_0} \quad (10.14)$$

$\mu = (1 + \chi)\mu_0$ - moddaning magnit doimiysi. Buni hisobga olib:

$$\bar{H} = -\frac{B}{\mu\mu_0} \quad \text{yoki} \quad \bar{B} = \mu\mu_0 \bar{H} \quad (10.15)$$

Agar vakuumda magnit maydon induksiyasini B_0 -deb belgilasak $\mu = \frac{B}{B_0}$

nisbat moddalarda magnit maydon induksiyasi necha marta ortganligini bildiradi va magnit doimiysi deb yuritiladi. Temperatura oshgan sari moddaning molekulyar magnit momentlarining tartibsiz yo'nalishlari ham ortadi. Natijada magnitlanish kamayib biror bir temperaturada umuman yo'qolishi kuzatiladi. Moddalar magnitlanishining yo'qolishi kuzatilgan Kyuri nuqtasi deb ataladi.

Magnetiklar. Gisterezis hodisasi.

Biz yuqorida moddalarning magnitlanishini hamda magnit momenti hosil qilishini kuzatdik. Moddalarning magnit xossalari magnitlanish vektori ($\bar{J}$) va magnit singdiruvchanlikning ($\bar{\chi}_m$) kabi kattaliklar bilan xarakterlanadi.

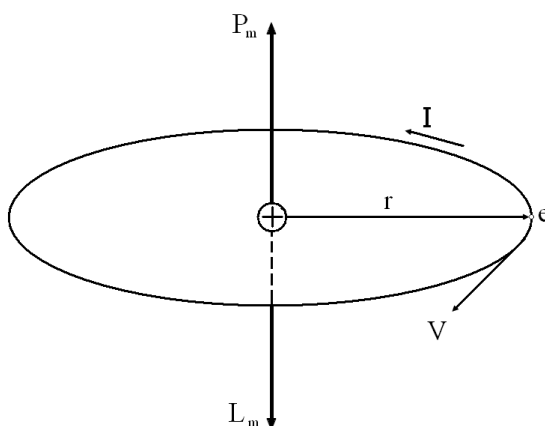
Moddalar magnit singdiruvchanlik katta-kichikligi va ishorasiga qarab uch turga bo'linadilar:

1. $\chi < 0$ $\chi_m = 10^{-11} \div 10^{-10} \text{ M}^3 / \text{моль}$ diamagnetiklar
2. $\chi < 0$ $\chi_m = 10^{-10} \div 10^{-9} \text{ M}^3 / \text{моль}$ diamagnetiklar
3. $\chi < 0$ $\chi_m = 1 \div 10 \text{ M}^3 / \text{моль}$ ferromagnetiklar

Amperning molekulyar toklar nazariyasi, moddalarning magnit xususiyatlarini sifat jihatidan tushuntirishga imkon bersada, uning asl ma'nosi, Rezerfordning α -zarrachalar bilan o'tkazgan tajribasi orqali atom yadro modeli kashf etilgandan so'ng aniq bo'ldi. Elektron yadro atrofida aylanib, birlik vaqt ichida $\ell\vartheta$ -zaryad ko'chirib, molekulyar tok hosil qiladi. Bu tokning magnit momenti:

$$\bar{P}_m = ev\pi r^2 \frac{2}{2} = \frac{e\vartheta r}{2} \quad (10.16)$$

bu yerda $\vartheta = 2\pi\nu r$ -ga teng.



10.4-rasm

$\bar{P}_m = \frac{evr}{2}$ -elektronning magnit momenti deb yuritiladi. $\bar{P}_m$ -ning yo'nalishi tok yo'nalishi bilan o'ng vint, tezlik vektori yo'nalishi bilan esa chap vint qoidasiga asosan aniqlanadi. (84-rasm) Orbita bo'ylab harakatlanayotgan elektron harakat miqdori momenti (impuls momenti)ga ega bo'lib, u tok yo'nalishi bilan chap vint qoidasiga binoan aniqlanadi:

$$\bar{L}_m = m\nu r \quad (10.17)$$

Elementar zarrachalar magnit momentining impuls momentiga nisbati giromagnit nisbat deb yuritiladi. Eynshteyn va de-Xaaslar tajribada giromagnit doimiylikni o'lchashga muvofiq bo'ldilar. Tajriba natijalari $\frac{\bar{P}_m}{\bar{L}_m} = -\frac{e}{m}$ nazariy ma'lumotlardan ikki marta ortiq bo'lib chiqdi. Bu esa elektronni yadro atrofida aylanib, magnit momenti $\bar{P}_m$ -ga ega bo'lishi bilan birga, o'z o'qi atrofida ham aylanib, xususiy magnit momenti $\bar{P}_{ms}$ -ga ham ega bo'ladi degan gipotezani ilgari

surishga olib keldi. Shunday qilib, xususiyl mexanik va spin momentlari hisobga olinsa, giromagnit nisbat $\frac{e}{m}$ -ga teng bo'lib chiqadi. Ko'p o'tmay bu mulohaza qator muammolarga olib keldiki, olimlar "aylanayotgan elektron" haqidagi gipotezadan voz kechdilar. Hozirgi vaqtda spin momentiga elektronning massasi, zaryadi kabi tabiiy xossasi sifatida qaraladi.

Tabiatda nafaqat elektron, balki boshqa qator elementar zarrachalar ham spinga egadirlar. Elementar zarrachalar spini $\hbar$ -ga butun son yoki yarim son marta karrali bo'lib, elementar zaryad kabi impuls momentining tabiiy o'lchov birligidir. Elektron uchun impuls momenti:

$$L_{ms} = \pm \frac{1}{2} \cdot \hbar \quad (10.18)$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ j} \cdot \text{sek}$$

shu tufayli elektronning spini $S = \pm \frac{1}{2}$ -ga teng bo'ladi. Elektronning spin momenti quyidagi ifoda bilan aniqlandi.

$$\bar{P}_{ms} = -\frac{e}{m} \cdot L_s = -\frac{e\hbar}{2m} \quad (10.19)$$

(10.19) bilan aniqlanadigan kattalik Bor magnetoni deb yuritiladi va μ_B bilan belgilanadi.

$$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m} = 0,927 \cdot 10^{-23} \text{ J/T} \quad (10.20)$$

Atom va molekulalarning magnit momentlari ularning tarkibiga kirgan zarrachalar-elektron, proton va boshqa zarrachalarning orbital va spin momentlari yig'indisi bilan aniqlanadi.

Tashqi magnit maydoni bo'lmaganda ($\sum P_{mi} = 0$), magnit momentlari yig'indisi nolga teng bo'lgan molekulalardan tashkil topgan moddalar diamagnetiklar deyiladi. Diamagnetiklarga Cu, Bi, Sb, Ag, Au, Pb, Zn, H₂O, N₂, Co₂ kiradi.

Diamagnit moddalarning atom molekulalari magnit momenti:

$$P_m = -\frac{e^2 B}{6m} \sum r_i^2 \quad (10.21)$$

Tashqi magnit maydonida diamagnit modda shunday magnitlanish hosil qiladiki, to'la maydon induksiyasi uchun:

$$\bar{B} = \bar{B}_0 - \bar{B}^1 \quad (10.22)$$

(10.22) o'rinli bo'ladi.

Shunday qilib, diamagnit moddalar magnit maydon induksiyasini susaytiradi.

Tashqi magnit maydoni bo'lmaganda ham noldan farqli magnitlashga ega bo'lgan atom va molekulalardan tashkil topgan moddalar paramagnetiklar deyiladi. Paramagnetiklarga Cr, Mn, Pt, Na, K, Al kabilar kiradi.

Paramagnit moddalar uchun magnitlanish vektori:

$$\overline{J} = \frac{n P_m^2 \overline{B}}{3kT} \quad (10.23)$$

Tashqi magnit maydonida paramagnit moddalarning magnitlanish vektori, magnit induksiya vektori bilan mos tushadi va to'la magnit maydon induksiyasi kuchayadi:

$$\overline{B} = \overline{B}_0 + \overline{B}^1 \quad (10.24)$$

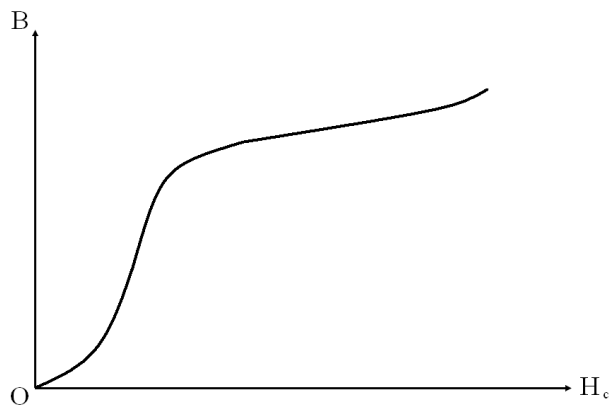
Issiqlik harakati natijasida molekular magnit momentlari tartibsiz yo'naladi. Shuning uchun moddaning magnitlanishi temperaturaning ortishi bilan kamaya borib, ma'lum temperaturada yo'qoladi va bu temperatura Kyuri nuqtasi deb yuritiladi.

$$\chi_\mu = \frac{C}{T} \quad (10.25)$$

$$C = \mu_0 \cdot \frac{N_A P_m^2}{3k} \quad (10.26)$$

C-Kyuri doimiysi deb yuritiladi.

Paramagnit moddalar magnitlanishi maydon kuchlanganligiga chiziqli bog'liq bo'lib, u to'yinish xarakteriga egadir; (10.5-rasm)

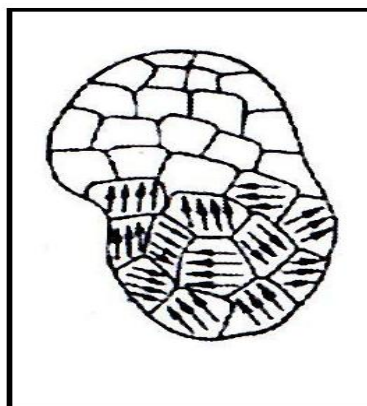


10.5-rasm

Ferromagnitlar. Tashqi magnit maydoni bo'lmaganda ham kuchli magnitlanish qobiliyatiga ega bo'lgan molekulalardan tarkib topgan moddalar ferromagnitlar hisoblanadi. Ferromagnitlarga Fe, Co, Ni, Cd, CrTe, Mn Al Cu kiradi.

Modda	Tarkibi	$\mu_{\max}$	B (Тл)	H _c $\left(\frac{A}{M}\right)$
Temir	99,9% Fe	500 0	-	80
Supermaloy	79% Ni, 5% Mo, 16% Fe	800 000	-	0,3
Aliniko	10% Al, 15% Ni, 18% Co, 53% Fe	-	0,9	52000
Magniko	14% Ni, 24% Co, 8% Al, 3% Cu, 51% Fe	-	1,25	46000
Kolumaks	13% Ni, 24% Co, 8% Al, 3% Cu, 0,7% Te, qolgan qismi Fe	-	1,3	59000

Moddalarning ferromagnit xususiyati kristallar uchun xos bo'lib, ma'lum sharoitda elektronlarining magnit momentlari o'zaro parallel joylashgan elementar hajm "domenlar"-dan tashkil topgan bo'ladi. (86-rasm) Tashqi maydon bo'lmaganda domenlar tartibsiz joylashgan bo'lib, magnit xususiyatini namoyon qilmaydi.

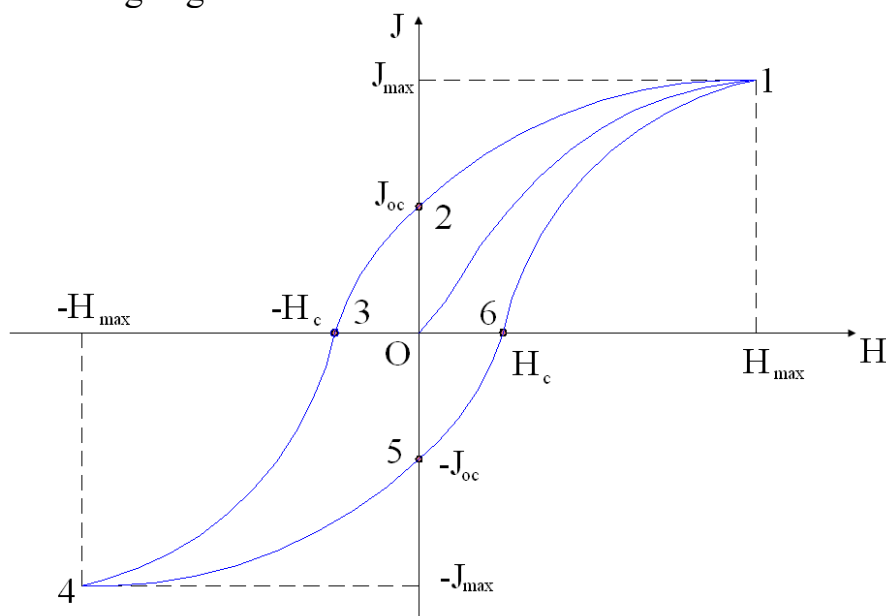


10.6-rasm

Ferromagnitlar tashqi magnit maydonda kuchli magnitlanish hosil qilib, quyidagi xossalarga ega:

1. Odatdagi sharoitda ferromagnit moddalarning magnit kirituvchanligi juda yuqori bo'ladi.

2. Magnitlanish vektori magnit maydon kuchlanganligiga bog'liq holda o'zgarib, u gisterezis hodisasi orqali tushuntiriladi: Magnitlanish dastlab maydon kuchlanganligiga proporsional ravishda chiziqli ortsa to'yinish darajasidan so'ng qoldiq magnitlanishga ega bo'ladi.



10.7-rasm

3. Ferromagnit moddalarning magnitlanishi maydon kuchlanganligining chiziqli bo'lmagan funksiyasi bo'lib, paramagnitlarga nisbatan 10^3 -marta katta.

4. Ferromagnit moddalar uchun temperaturaning shunday ma'lum intervali mavjudki, undan yuqori temperaturalarda ferromagnitlik xususiyati yo`qoladi. (Temir uchun Kyuri temperaturasi 768°C kobalt uchun esa 1075°C)

$$T_{Fe} = 768^{\circ}\text{C}, \quad T_{Co} = 1075^{\circ}\text{C}$$

Gisterezis halqasi har xil ferromagnitlar uchun turlicha bo'lib, *konservativ kuchi* bo'lganlari qattiq ferromagnitlar deyiladi va ulardan doimiy magnitlar yasashda foydalanadi.

Konservativ kuchi kichik bo'lgan moddalar yumshoq ferromagnitlar deyiladi va ulardan transformator o'zaklari yasashda foydalaniladi.

Nazorat savollar

1. Magnitlanish vektori va uning fizik ma'nosi tushunting.
2. Magnitlanish vektorining sirkulyasiyasi nimaga teng bo'ladi?
3. Magnit maydon kuchlanganlik vektorining xossalarini aytib bering.
4. Diamagnetiklar va paramagnetiklarning magnit xossalarida qanday farqlar bor.
5. Magnit maydon induksiya vektori bilan magnit maydon kuchlanganlik vektorlari orasidagi qanday bog'lanish borligini yozib bering.
6. Kyuri qonunini nimani izohlaydi?
7. Gisterezis sirtmog'i mohiyatini tushuntiring.

26-ma'ruza	Nisbiylik nazariyasi, Maksvell tenglamalari.	
Ta'lim berish texnologiyasining modeli		
Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 nafargacha	
Mashg'ulot shakli	Axborot ma'ruza, B.B.B. jadvali	
Ma'ruza rejasi	1.Maksvell tenglamalari. 2.Elektromagnit induksiya hodisasining Faradey-Maksvell talqini. Siljish toki. 3.Uyurmaviy elektr maydon. Maksvell tenglamalari tizimining integral va differensial ko'rinishi. 4.Elektromagnit maydon. Elektromagnit to'lqinlar. Elektromagnit to'lqinlarning tarqalish tezligi. Elektromagnit to'lqin tenglamasi. 5.Elektromagnit maydon energiya zichligi va energiya oqimining zichligi	
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Talabalarga elektromagnit to'lqinlar uning tenglamasi va xossalari haqida ma'lumot berish.		
Pedagogik vazifalar: • Elektromagnit to'lqinga ta'rif berish; • Elektromagnit to'lqinganing tarqalish tezligi va manbasi haqida ma'lumot berish • Elektromagnit to'lqinning differensial tenglamasini yozib, uni sharhlab berish; • Elektromagnit to'lqin xossalarini aytish; Elektromagnit to'lqinlarning fazoviy va chiziqli tezligi, ular orasidagi farqni tushuntirish; • Elektromagnit to'lqinning hajmiy energiya zichligi qanday ifoda bilan aniqlanishini ko'rsatish; • Umov – Poynting vektorining fizik ma'nosi tushuntirish; Elektromagnit to'lqin shkalasini haqida gapirib berish;		O'quv faoliyati natijalari: • Elektromagnit to'lqinga ta'rif beradi; • Elektromagnit to'lqinning differentsial tenglamasini yozib, uni sharhlaydi; • Elektromagnit to'lqin xossalarini aytib beradi; • Elektromagnit to'lqinlarning fazoviy va chiziqli tezligi, ular orasidagi farqni tushuntiradi; • Elektromagnit to'lqinning hajmiy energiya zichligi qanday ifoda bilan aniqlanishini yozib beradi; • Umov – Poynting vektorining fizik ma'nosi tushuntiradi; Elektromagnit to'lqin shkalasini deb nimaga ayilishini aytadi;
Ta'lim berish usullari		“Aqliy hujum”, suhbat, ko'rgazmali
Ta'lim berish shakllari		Ommaviy, ana'naviy
Ta'lim berish vositalari		O'quv qo'llanma, proektor, slaydlar
Ta'lim berish sharoiti		O'TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash		Og'zaki nazorat: savol-javob

1.2 “Elektromagnit to’lqinlar” ma’ruza mashg’ulotining texnologik xaritasi

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta'lim beruvchi	Ta'lim oluvchilar
Tayyorgarlik bosqichi.	- Mavzu bo'yicha o'quv materiallarni, ya'ni taqdimot va tarqatma materiallarni tayyorlash. - Talabalar o'quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish. - O'quv kursini o'rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro'yxatini tartiblashtirish.	
1-bosqich. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	- Talabalarining ma'ruza darsiga tayyorgarligi nazoratdan o'tkaziladi. - Talabalarining ma'ruzaga qatnashsish davomatini tekshirish. - Mavzuning nomini doskaga yozadi va mazkur mavzuni yoritishdan ko'zlangan asosiy natijalar to'g'risida axborot beradi.	Tinglaydilar Savollarga javob beradilar
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	“Elektromagnit to'lqinlar” haqidagi ma'ruzani reja asosida tushuntiradi. - Power Point dasturi asosida asosiy ishchi formulalar va rasmlarini namoyish etadi. - Talabalarining yozib olishlarini ta'kidlaydi. - Mavzuga oid qiziqarli masalalar berib talabalar mustaqil fikr yuritishini nazoran qilinadi. - Talabalarga mavzuga oid bilimlarni mustahkamlash uchun savollar beradi: - Elektromagnit to'lqin nima? Uning tarqalish tezligi qanday? - Elektromagnit to'lqinining manbasi nima bo'lishi mumkin? - Elektromagnit to'lqin xossalari aytib bering. - Elektromagnit to'lqin shkalasini haqida gapiring. - Elektromagnit to'lqinning differentsial tenglamasini yozing. - Elektromagnit to'lqinlarning fazoviy tezligi qanday aniqlanadi? - Elektromagnit to'lqinning hajmiy energiya zichligi qanday aniqlanadi? - Umov – Poynting vektorining fizik ma'nosi nimadan iborat?	Tinglaydilar, yozadilar. Muhokama etadilar Savollarga javob beradilar
3. Yakuniy bosqich (10 daqiqa)	- Mavzu bo'yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi. - Talabalarga mavzuga qiziqarli ma'lumotlar topib kelish aytiladi.	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

B.B.B. texnikasi

№	Mavzu savoli	Bilaman	Bilishni xohlayman	Bildim
1	Elektromagnit to'lniing differentsial tenglamasini yozing.			
2	Elektromagnit to'lni nima? Uning tarqalish tezligi qanday?			
3	Elektromagnit to'lniarning fazoviy tezligi qanday aniqlanadi?			
4	Elektromagnit to'lniing hajmiy energiya zichligi qanday aniqlanadi?			
5	Elektromagnit to'lni xossalariini aytib bering.			

26-ma'ruza.. NISBIYLIK NAZARIYASI, Maksvell tenglamalari.

Reja

1. Maksvell tenglamalari.
2. Elektromagnit induksiya hodisasining Faradey-Maksvell talqini. Siljish toki.
3. Uyurmaviy elektr maydon. Maksvell tenglamalari tizimining integral va differensial ko'rinishi.
4. Elektromagnit maydon. Elektromagnit to'lqinlar. Elektromagnit to'lqinlarning tarqalish tezligi. Elektromagnit to'lqin tenglamasi.
5. Elektromagnit maydon energiya zichligi va energiya oqimining zichligi

Tebranuvchi zaryadli zarracha yoki dipol yordamida o'zgaruvchan elektromagnit maydon hosil qilinsa, u holda fazoda elektr va magnit maydonlarining almashinib o'zgarishlari va tarqalishini kuzatish mumkin.

Elektr va magnit maydonining davriy o'zgarishini fazoda chekli tezlik bilan tarqalishidan iborat jarayonga elektromagnit to'lqinlar deb ataladi. Elektromagnit to'lqinlar tenglamasi Maksvell tenglamalari sistemasidan keltirib chiqariladi. Dielektrik va magnit singdiruvchanligi o'zgarmas $\mu = \text{const}$ bo'lgan bir jinsli muhitda tarqalayotgan yassi elektromagnit to'lqinlarni kuzatamiz.

Agar elektromagnit to'lqin X-o'qi bo'yicha tarqalayotgan bo'lsa, $E_x = E_z = 0$ va $H_x = H_y = 0$. Yuqoridagi shartlarni hisobga olib:

$$\begin{aligned}\overline{E}_y &= \frac{\overline{D}_y}{\varepsilon\varepsilon_0}; \\ \overline{B}_z &= \mu\mu_0 \overline{H}_z\end{aligned}$$

Maksvell tenglamasidan foydalanib,

$$\frac{\partial E_y}{\partial x} = -\mu\mu_0 \frac{\partial H_z}{\partial t}; \quad \frac{\partial H_z}{\partial x} = -\varepsilon\varepsilon_0 \frac{\partial E_y}{\partial t} \quad (11.1)$$

(11.1) tenglamani differensiallab va almashtirishlar kiritib:

$$\begin{aligned}\frac{\partial}{\partial x} \cdot \frac{\partial H_z}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial t} \cdot \frac{\partial H_z}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial x} \cdot \frac{\partial E_y}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial t} \cdot \frac{\partial E_y}{\partial x} \\ \frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} &= \mu\mu_0 \varepsilon\varepsilon_0 \frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2} & & (11.2)\end{aligned}$$

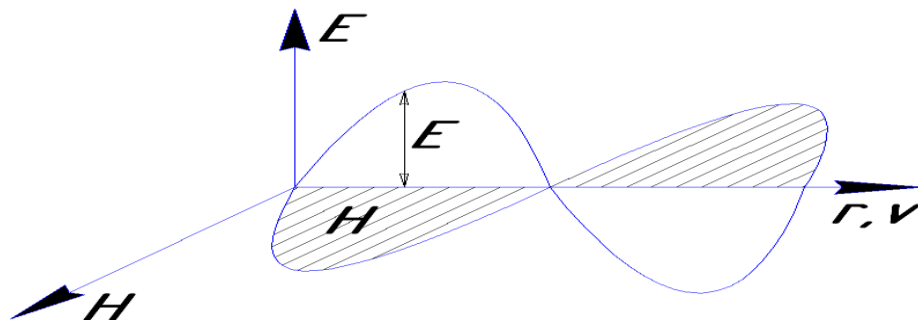
$$\frac{\partial^2 H_z}{\partial x^2} = \mu\mu_0 \varepsilon\varepsilon_0 \frac{\partial^2 H_z}{\partial t^2} \quad (11.3)$$

(11.2) yassi elektromagnit to'lqinlarning differensial tenglamasidir. Bu tenglamalarning yechimi davriy funksiya shaklida bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$\left. \begin{aligned}E_y &= E_0 \cos(\omega t - kx + \alpha_1) \\ H_y &= H_0 \cos(\omega t - kx + \alpha_2)\end{aligned} \right\} \quad (11.4)$$

(11.4)- tenglamalar sistemasi elektromagnit to'lqinlarning parametrik tenglamasi deb ataladi. Bu yerda $k = \frac{\omega}{v} = 2\pi / \lambda$ – to'lqin soni

Elektr va magnit maydon kuchlanganlik vektorlari o'zaro perpendikulyar tekisliklarda tebranib tarqaluvchi elektromagnit to'lqinlarni hosil qiladi (11.1-rasm).



11.1-rasm

(11.4) ni differensiallab, (11.2) ga asosan

$$\frac{1}{g^2} = \varepsilon \varepsilon_0 \cdot \mu \mu_0 \quad (11.5)$$

(11.5) da $\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} = \frac{1}{c}$ deb belgilasak, elektromagnit to'lqinlarning tarqalish tezligi

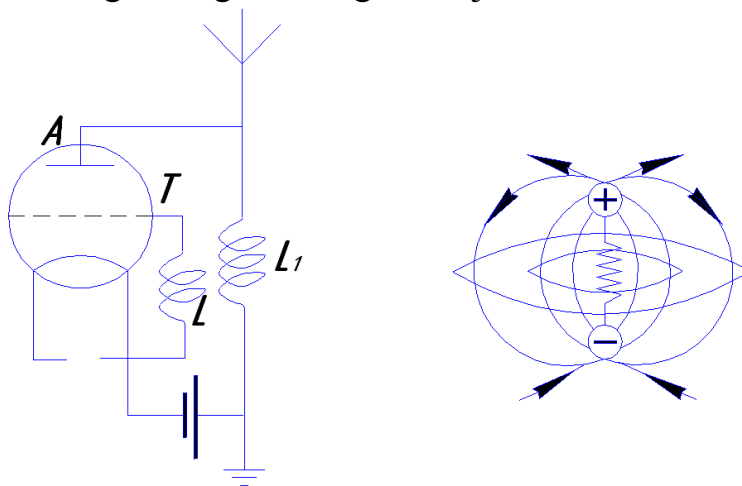
$$g = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \mu}} \quad (11.6)$$

orqali ifodalanadi.

Vakuumdagi $\varepsilon = \mu = 1$, $v = c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/c}$, ya'ni elektromagnit to'lqinlar vakuumda yorug'lik tezligiga teng tezlik bilan tarqaladi.

Gers tajribasi

Maksvell tenglamalaridan elektromagnit to'lqinlar mavjudligi xulosa tarzida kelib chiqqan bo'lsada, uning amaliy tasdig'i Gerts tajribasi (1888 y.) yordamida aniqlandi. Elektromagnit tebranishlar, tebranish konturida vujudga kelsada, u elektromagnit to'lqinlarni tarqatish manbai bo'la olmaydi, chunki elektr maydon energiyasi kondensator qoplamalari oralig'ida, magnit maydon energiyasi esa g'altak o'ramlari bilan chegaralangan cho'lg'am hajmida bo'ladi.

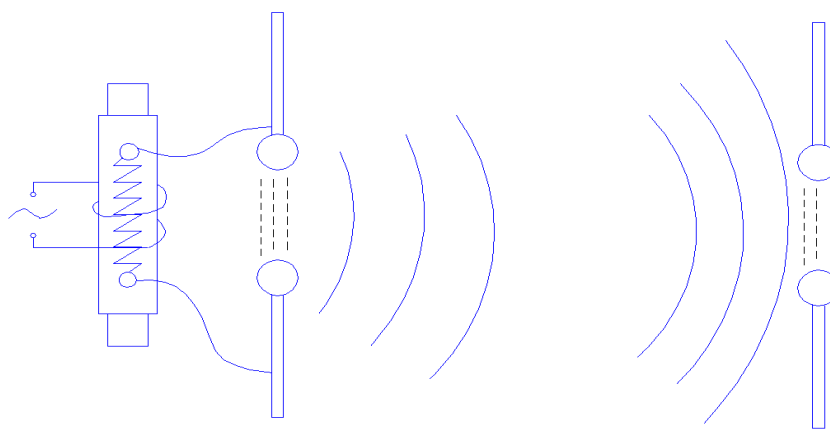


11.2-rasm

Tarqalayotgan elektromagnit to'liqlarni yuzaga keltirish uchun g'altak o'ramlari sonini kamaytirib, kondensator qoplamalari oralig'i ochilsa, ochiq tebranish konturi hosil bo'ladi. Elektromagnit to'liqlar lampali generator bilan induktiv bog'lanishga ega bo'lgan tebranish konturida hosil qilinadi (11.2-rasm).

To'r potentsiali musbat bo'lganda anod zanjiridan tok o'tadi. Bu tokning g'altakda hosil qilgan magnit maydon kuch chiziqlari to'rga ulangan L^1 - g'altak o'ramlarini kesib o'tib, unda shunday tok hosil qiladiki, natijada to'r potentsiali manfiy bo'ladi. O'zaro induksiya tufayli vujudga kelgan tok, to'r potentsialini o'nglab anod zanjirini ochadi. Ana shu tarzda ochiq tebranish konturida elektromagnit tebranishlar hosil qilinadi va tarqatiladi.

Gerts elektromagnit to'liqlar hosil qilish uchun o'zi ibtido vibratordan foydalandi. Gerts vibratori – induktorga drossel orqali ulangan, uchlariga metall shar biriktirilgan, uchqun oralig'i bilan ajratilgan metall o'zakdan iborat (11.3-rasm).



11.3-rasm

Vibrator induktor yordamida zaryadlanadi. Kuchlanish “teshilish” darajasiga yetganda, $U_T = E_T d$ uchqun hosil bo'lib vibratorni razryadlaydi. Ana shu jarayon takrorlanishi natijasida, elektromagnit to'liqlar hosil qilinadi. Tebranishda yuzaga kelgan yuksak chastotali tok induktorga o'tmasligi uchun, vibrator induktordan drossel bilan ajratiladi.

Vibratorni botiq metall ko'zgu fokusiga joylashtirib, yo'naltirilgan elektromagnit to'liq hosil qilinadi. Yo'naltirilgan to'liqlardan foydalanib, elektromagnit to'liqlarning xossalarini o'rganish mumkin. (to'liqlarning qaytishi, sinishi, dispersiyalanishi) Yo'naltirilgan elektromagnit to'liqlar yo'lga metall ko'zgu o'rnatilib, turg'un elektromagnit to'liq hosil qilinadi. Vibrator chastotasiga sozlangan rezonator yordamida ketma-ket uchqun chaqnashlar oralig'i $S = \lambda/2$ - ni aniq o'lchab, elektromagnit to'liqlar tarqalish tezligini tajribada aniqlash mumkin.

$$v_{om} = \lambda v = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

O'tkazilgan tajribalar elektromagnit to'liqlar tarqalish tezligini yorug'lik tezligiga teng ekanligini ko'rsatadi.

Elektromagnit maydon energiya oqimining zichligi. Umov-Poyting vektori va uning qo'llanishi.

To'liqlarning energiyaga ega ekanligi – ularni payqash mumkinligidan ma'lum.

To'liqin tufayli tarqalayotgan energiyani xarakterlashda energiya oqimi zichligi deb ataladigan vektor kattalik kiritilgan.

Birlik vaqt ichida yuza birligidan o'tayotgan energiyaga son jihatidan teng bo'lgan kattalik energiya oqimining zichligi deyiladi. Energiya oqimi zichligi vektorining yo'nalishi to'liqinning tarqalish tezligi bilan bir xil bo'ladi.

Elektromagnit maydon energiya zichligi elektr va magnit maydon energiyalari zichliklarining yig'indisiga teng:

$$\omega_T = \omega_{oi} + \omega_M = \frac{\epsilon\epsilon_o E^2}{2} + \frac{\mu\mu_o H^2}{2} \quad (11.7)$$

Elektromagnit to'liqlarda $\vec{E}, \vec{H}$ –vektorlar birday fazoda o'zgarganligi uchun elektr maydon energiyasi zichligi (ω_{oi}) magnit maydon energiyasi zichligi (ω_M) ga tengligidan foydalanib,

$$\sqrt{\epsilon\epsilon_o} E = \sqrt{\mu\mu_o} H$$

(11.7) ni quyidagicha ifodalaymiz:

$$\omega = 2\omega_o = \epsilon\epsilon_o E^2 \quad \text{yoki} \quad \omega = \sqrt{\epsilon_o\mu_o} \cdot \sqrt{\epsilon\mu} \cdot E \cdot H \quad (11.8)$$

Elektromagnit to'liqin tezligi

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\epsilon_o\mu\mu_o}} \quad (11.9)$$

(11.9) ni hisobga olib, elektromagnit to'liqin energiyasi oqimi zichligi uchun (Umov-Poyting vektori):

$$\vec{S} = \omega \vec{g} = \vec{E} \cdot \vec{H} \quad (11.10)$$

$\vec{E}, \vec{H}$ –vektorlar o'zaro perpendikulyar bo'lib, tarqalish yo'nalishi o'ng vint qoidasi aniqlanadi. Shuning uchun ham $[\vec{E} \cdot \vec{H}]$ –vektorlarining yo'nalishi energiyaning ko'chishi bilan mos tushadi.

Elektromagnit to'liqin va uning asosiy xossalari.

Elektromagnit to'liqin (ya'ni fazoda chekli tezlik bilan tarqaluvchi elektromagnit maydon) ning mavjudligi Maksvell tenglamalaridan xulosa sifatida kelib chiqadi.

Erkin fazo (vakuum)dagi elektromagnit to'liqlarning asosiy xossalarini ko'rib chiqaylik:

- Erkin fazodagi har qanday elektromagnit to'liqin yorug'lik tezligi $s=3 \cdot 10^8$ m/s bilan tarqaladi. Bu xossa eng avvalo erkin elektromagnit maydonning tinchlik holatida mavjud bo'laolmasligini anglatadi.

- Istalgan elektromagnitli to'liqin jarayonini–yassi monoxromatik elektromagnit to'liqlarning superpozitsiyasi shaklida ifodalash mumkin.

- Elektromagnit to'liqinda albatta ikkita, ya'ni E elektr va B magnit maydonlari qatnashadi.

- Elektromagnit to'liqlar–ko'ndalang to'liqlar hioblanishadi.

- Elektromagnit to'liqin qutblanish xossasiga ega.
- Bir sanoq sistemasidan ikkinchisiga o'tganda (agar ikkinchi birinchiga nisbatan v tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa) elektromagnit chastotasi va to'liqin vektori o'zgaradi. U Lorents almashtirgichlari yordamida aniqlanadi.

$$\omega = \omega' \frac{1 + (v/c) \cos \alpha'}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

Bu formula Doplarning elektromagnit effektini ifodalaydi.

Elektromagnit to'liqidagi energiya oqimining zichligi–energiya zichligi bilan quyidagicha bog'lanadi:

$$\vec{\Pi} = \vec{n} c \vec{\omega}$$

Bunda $\vec{\omega} = \varepsilon E^2$ - energiya zichligi, $\vec{n}$ - birlik vektor bo'lib, u to'liqinning tarqalish yo'nalishini ko'rsatadi.

Faradey tajribasidan ma'lumki, o'tkazuvchan berk kontur o'rab turgan yuza orqali magnit oqimining har qanday o'zgarishi, shu kontur bo'ylab ta'sir etuvchi elektr yurituvchi kuch (E.Yu.K.) ni vujudga keltiradi. Induksiya E.Yu.K. vujudga kelishini o'zgaruvchan magnit maydoniga joylashtirilgan qo'zg'almas berk zanjirda ham kuzatish mumkin.

Ma'lumki, tok faqat noelektrostatik xarakterdagi tashqi kuchlar tufayli vujudga keladi. Qo'zg'almas zanjirda o'zgaruvchan magnit maydoni tufayli vujudga kelgan bu tashqi kuchlar tabiatini nafaqat issiqlik yoki kimyoviy hodisalar asosida, hatto Lorens kuchlari tufayli ham izohlab bo'lmaydi. Maksvell o'zgaruvchan magnit maydoni fazoning ixtiyoriy nuqtasida moddaning bor yoki yo'qligidan qat'iy nazar uyurmali elektr maydoni hosil qiladi degan gipotezani ilgari surdi. (Modda faqat maydonni qayd qiluvchi vosita vazifasini bajaradi xolos).

Uyurmali elektr maydon kuchlanganligi vektorining sirkulyatsiyasi noldan farqli bo'lib, hisoblashlar ko'rsatishicha, u magnit oqimining o'zgarish tezligini ifodalaydi:

$$\oint_L E_B dl = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (12.1)$$

Bunda

$$\Phi_B = \int_S B dS \quad (12.2)$$

(12.1) va (12.2) lardan,

$$\oint_L E_{Be} dl = - \frac{\partial}{\partial t} \left(\int_S B dS \right) \quad (12.3)$$

Kontur qo'zg'almas bo'lganligi tufayli differensial va integral belgilarning o'rinlarini almashtirib:

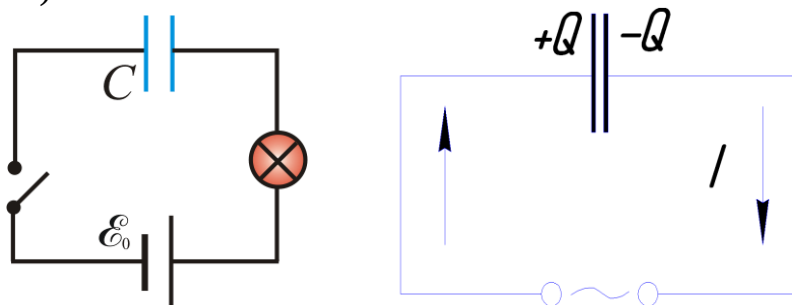
$$\oint_L E_{Be} dl = - \int_S \left(\frac{\partial B}{\partial t} \right) dS \quad (12.4)$$

(12.4) elektrodinamikaning birinchi asosiy qonuni bo'lib, magnit maydoni o'zgarishi tufayli vujudga kelgan elektr maydonini uyurmali xarakterga ega ekanligidan darak beradi.

Siljish toki

Elektromagnit maydonni xarakterlashda Maksvell siljish toki tushunchasidan foydalandi. Ma'lumki, magnit maydonini hosil qila oladigan uyurmali elektr maydonini Maksvell siljish toki deb atadi. Siljish tokining vujudga kelishi uchun zarrachalarning tartibli ko'chishi emas, balki o'zgaruvchan elektr maydoni bo'lishi kifoyadir.

O'zgaruvchan tok manbaiga ulangan kondensatordan iborat zanjirni kuzatamiz. (96-rasm)



12.1-rasm

Kondensator zaryadlanib, razryadlanib turishi tufayli qoplamalar orasidagi elektr maydoni ham davriy o'zgarib turadi. Siljish toki o'tkazuvchanlik toki chiziqlarini o'tkazgich – dielektrik chegarasida uzmay, balki uni nafaqat dielektrik ichida, hatto vakuumda ham tutashtirib yuboradi. Siljish toki ham o'tkazuvchanlik toki kabi magnit maydoni hosil qiladi. Siljish tokining magnit maydoni hosil qilishini Eyxenvold (1901 y.) tajribada aniqlagan. Maksvell nazariyasiga ko'ra o'tkazuvchanlik toki zichligini siljish toki zichligiga teng deya olamiz:

$$\vec{j}_y = \vec{j}_c \quad (12.5)$$

$$j_{ym} = \frac{dI}{dS} = \frac{1}{dS} \cdot \left(\frac{dq}{dt}\right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{q}{dS}\right) = \frac{d\sigma}{dt} \quad (12.6)$$

bu yerda ds – kondensator qoplamasining yuzi.

σ - zaryadning sirt zichligi.

Gauss teoremasiga muvofiq, elektr siljish vektori $\vec{D}$ -ni, zaryadning sirt zichligi σ - ga tengligini isbotlash mumkin.

$$\oint_S D dS = \sum q_1 \quad q_1 = \sigma dS$$

$$\oint_S D dS = \sum q_1 = \oint_S \sigma dS; \quad D = \sigma \quad (12.7)$$

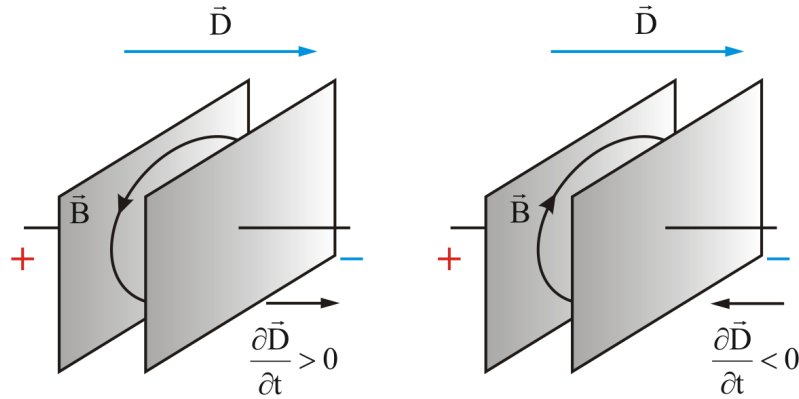
(12.7) ni hisobga olib, siljish toki zichligi uchun:

$$\vec{j}_c = \partial \vec{D} / \partial t \quad (12.8)$$

Bundan, siljish toki va u hosil qilgan magnit maydon faqat elektr siljish vektori $\vec{D}$ -ning o'zgarish tezligiga proporsionaldir degan xulosa kelib chiqadi. Endi siljish tokining yo'nalishini aniqlaymiz. Kondensator zaryadlanishida tok o'ngdan chapga oqadi.

Induksiya vektori $\vec{D}$ -ortadi, bunda $\partial\vec{D}/\partial t > 0$ bo'lishi kuzatiladi hamda siljish vektori $\vec{D}$ bilan $\vec{J}$ mos tushadi. Siljish toki zichligining vektori o'tkazuvchanlik toki vektori bilan bir tomonga yo'nalgan bo'ladi. (12.2-rasm)

Kondensator razryadlanishida tok chapdan o'ng tomonga oqib, elektr siljish vektori kamayadi, $\partial\vec{D}/\partial t < 0$ bo'ladi. Siljish vektorining o'zgarish tezligi $\vec{D}$ -ga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi. Siljish toki zichligi vektori $\vec{j}_c$ o'tkazuvchanlik tok zichligi $\vec{j}_{ym}$ -vektori bilan mos tushadi.



12.2-rasm

Agar qoplamalar orasida dielektrik modda joylashtirilgan bo'lsa, elektr siljish vektori:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \quad (12.9)$$

bu yerda E -elektr maydon kuchlanganligi

P -qutblanish vektori

(12.9) ni (12.8) ga qo'yib, tok zichligi uchun:

$$\vec{j}_c = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = \frac{\partial(\epsilon_0 \vec{E} + \vec{P})}{\partial t} = \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \frac{\partial \vec{P}}{\partial t} \quad (12.10)$$

(12.10) ning birinchi hadi vakuumda siljish toki zichligini ifodalaydi, ikkinchi hadi esa dielektrikdagi zaryadlarning siljishi tufayli vujudga kelgan qutblanish toki zichligini bildiradi. Shunday qilib, o'tkazuvchanlik toki va siljish toki bir-biridan ajralmagan holda bir butunlikni tashkil etadi. Shu tufayli to'la tok zichligi-o'tkazuvchanlik va siljish toklarining yig'indisidan iborat bo'ladi:

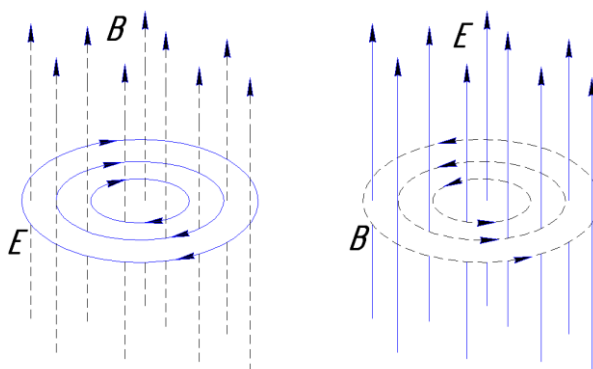
$$\vec{j}_T = \vec{j}_{ym} + \vec{j}_c = \vec{j}_y + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (12.11)$$

Buni hisobga olib, Gauss teoremasi magnit maydon kuchlanganlik vektori uchun:

$$\oint_L \vec{H}_R dl = \oint_S (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) \cdot d\vec{S} \quad (12.12)$$

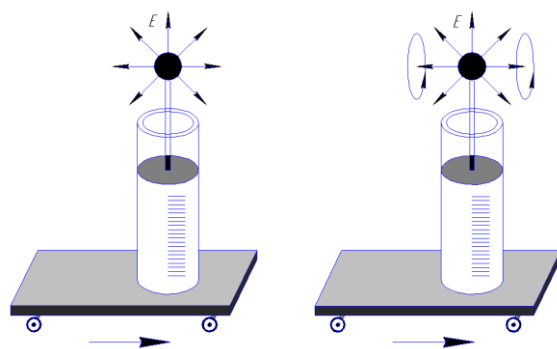
(12.13) elektrodinamikaning ikkinchi asosiy tenglamasi hisoblanadi va to'la toklar qonuni deb ham yuritiladi. Maksvell tomonidan uyurmali elektr maydon, siljish toki kabi tushunchalarning kiritilishi elektromagnit maydon nazariyasini yaratilishiga olib keldi. Magnit maydonning o'zgarishi elektr maydonini vujudga keltirishi va aksincha o'zgaruvchan elektr maydoni magnit maydonini vujudga keltirishi elektromagnit maydon deyiladi. (12.3-rasm)

Elektromagnit maydon statsionar bo'lmay fazoda ma'lum chekli tezlik bilan tarqaladi.



12.3-rasm

Elektromagnit maydon materiyaning o'ziga xos yashash formasi bo'lib, u ob'yektiv reallikdir. Elektromagnit jarayonlar qanday sanoq sistemasida kuzatilishiga qarab, elektr maydoni tarzida, yoki elektromagnit maydon tarzida namoyon bo'ladi. Qo'zg'almas sanoq sistemasiga nisbatan kuzatganda, elektr zaryadi atrofida faqat elektr maydoni, harakatdagi sanoq sistemasiga nisbatan kuzatganda esa har ikkalasi elektr va magnit maydoni tarzida namoyon bo'ladi. (12.4-rasm)



12.4-rasm

Maksvell tenglamalari

Maksvell elektr va magnit maydonlarning barcha xossalarini yagona nazariya asosida tushuntira oladigan elektromagnit maydon nazariyasini yaratdi.

Bu nazariya asosini biz yuqorida ko'rib chiqqan hodisalar qonuniyatlari tashkil etadi va u Maksvell tenglamalari deb yuritiladi. Mexanikada Nyuton qoidalari qanday rol o'ynasa, Elektromagnetizmni o'rganishda Maksvell tenglamalari xuddi shunday ahamiyatga ega.

Bu tenglamalarning birinchisi, elektr maydoni potensial yoki uyurmali bo'lishidan kelib chiqadi.

Potensial maydonni qo'zg'almas zaryadlar vujudga keltiradi, uyurmali maydonni esa o'zgaruvchan magnit maydoni hosil qiladi. Natijada to'la maydon kuchlanganligi:

$$\vec{E} = \vec{E}_q + \vec{E}_B \quad (12.13)$$

Demak, kuchlanganlik vektorining sirkulyatsiyasi $\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = \oint_L \vec{E}_q \cdot d\vec{l} + \oint_L \vec{E}_B \cdot d\vec{l}$

Potensial maydon kuchlanganlik vektori sirkulyatsiyasi nolga tengligini hisobga olib,

$$\oint_L E dl = - \oint_S \left(\frac{\partial B}{\partial t} \right) dS \quad (12.14)$$

Bu nafaqat elektr zaryadi, balki o'zgaruvchan magnit maydoni ham elektr maydonining manbai bo'la olishidan darak beradi.

Magnit maydoni kuchlanganlik vektori sirkulyatsiyasining to'la toklar ifodasi Maksvell tenglamalarining ikkinchi asosini tashkil etadi.

$$\oint_L H_I dl = \oint_S \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) dS \quad (12.15)$$

Bu o'zgaruvchan magnit maydoni fazoning ixtiyoriy nuqtasida siljish toki va u bilan bog'liq uyurmali elektr maydon vujudga kelishini ko'rsatadi.

Maksvellning uchinchi asosiy tenglamasi elektr induksiya vektori uchun Gauss teoremasini ifodalaydi.

$$\oint_S \vec{D}_n dS = \sum q_i = \oint_V \rho dV \quad (12.16)$$

Elektr induksiya (siljish) vektorining har qanday berk sirt orqali oqimi, shu sirt ichidagi zaryad miqdorlarining algebraik yig'indisiga teng.

Maksvellning to'rtinchi asosiy tenglamasi magnit induksiya vektori uchun Gauss teoremasini ifodalaydi:

$$\oint_S B_n dS = 0 \quad (12.17)$$

Har qanday berk sirt orqali o'tgan magnit induksiya vektorining oqimi nolga teng. Shunday qilib, Maksvell tenglamalarining sistemasi quyidagi integral ko'rinishga ega:

$$\begin{aligned} \oint_L E dl &= - \oint_S \left(\frac{\partial B}{\partial t} \right) dS \\ \oint_L H_I dl &= \oint_S \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) dS \\ \oint_S \vec{D}_n dS &= \sum q_i = \oint_V \rho dV \\ \oint_S B_n dS &= 0 \end{aligned} \quad (12.18)$$

1. Maksvellning integral va differentsial tenglamalar tuzilishini yozib, ularning fizik ma'nosini ochib bering?

27-ma'ruza	ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR	
1.1. Ta'lim berish texnologiyasining modeli		
Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 – 80 nafargacha	
Mashg'ulot shakli	Axborot ma'ruza, B.B.B. jadvali	
Ma'ruza rejasi	1. Zanjirda tokning paydo bo'lishi va yo'q bo'lishi. Tebranishlarni talqin qilishni kompleks shakli. 2.Vektorlar diagrammasi. 3.Tebranish konturidagi fizik jarayonlar. Tomson formulasi. 4.O'zgaruvchan tok. 5.O'zgaruvchan tok zanjirida qarshilik, sig'im va induktivlik. 6.Elektr tebranishlar. Elektr tebranishlarining differensial tenglamasi So`nuvchi elektr tebranishlar.Majburiy elektr tebranishlar	
O'quv mashg'ulotining maqsadi: Talabalarga elektromagnit tebranishlar va ularning qonuniyatlari haqida ma'lumot berish.		
Pedagogik vazifalar: • Elektromagnit tebranishlar sistemasi va unda so'nmas elektromagnit tebranishlarni hosil qilish sharti va uning qonuniyatlari haqida ma'lumot berish; • So`nuvchi tebranishlarning differentsial tenglamasini va uning yechimini yozib ko'rsatish; • Majburiy elektromagnit tebranishlarni tushuntirish; • Rezonans hodisasining yuzaga kelishi va uning ahamiyatini bayon qilish; • Aktiv, induktiv va sig'im qarshiliklari nimaga bog'liqligini ifodalar orqali sarhlash; • O'zgaruvchan tok zanjiridagi rezonanslar haqida tushuncha berish;		O'quv faoliyati natijalari: Tebranish konturidagi erkin garmonik tebranishlarning differentsial tenglamasini yozadi va uni tahlil qiladi; • Tomson formulasini keltirib chiqarib tahlil qiladi; • Konturdagi tok va zaryadning tebranish fazalari orasidagi farq nimadan iborat ifodalar orqali tushutiradi; • So`nuvchi tebranishlarning differentsial tenglamasini va uning yechimini yozadi;</li><li>• So`nish koeffitsienti nimani anglatishini aytadi; • Majburiy elektromagnit tebranishlarni tushuntiring. Rezonansiga ta'rif beradi;
Ta'lim berish usullari		“Aqliy hujum”, suhbat, ko'rgazmali
Ta'lim berish shakllari		Ommaviy, ana'naviy
Ta'lim berish vositalari		O'quv qo'llanma, proektor, slaydlar
Ta'lim berish sharoiti		O`TV bilan ishlashga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash		Og'zaki nazorat: savol-javob

1.2 “Elektromagnit tebranishlar” ma’ruza mashg’ulotining texnologik xaritasi

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta’lim beruvchi	Ta’lim oluvchilar
Tayyorgarlik bosqichi.	• Mavzu bo’yicha o’quv materiallarni, ya’ni taqdimot va tarqatma materiallarni tayyorlash. • Talabalar o’quv faoliyatini baholash mezonlarini ishlab chiqish. • O’quv kursini o’rganishda foydalaniladigan adabiyotlar ro’yxatini tartiblashtirish.	
1-bosqich. Mavzuga kirish (15 daqiqa)	• Talabalarning ma’ruza darsiga tayyorgarligi nazoratdan o’tkaziladi. • Talabalarning ma’ruzaga qatnashsish davomatini tekshirish. • Mavzuning nomini doskaga yozadi va mazkur mavzuni yoritishdan ko’zlangan asosiy natijalar to’g’risida axborot beradi.	Tinglaydilar Savollarga javob beradilar
2-bosqich Asosiy bosqich (55 daqiqa)	• “Elektromagnit tebranishlar” haqidagi ma’ruzani reja asosida tushuntiradi. • Power Point dasturi asosida asosiy ishchi formulalar va rasmlarni namoyish etadi. • Talabalarning yozib olishlarini ta’kidlaydi. • Mavzuga oid qiziqarli masalalar berib talabalar mustaqil fikr yuritishini nazoran qilinadi. • Talabalarga mavzuga oid bilimlarni mustahkamlash uchun savollar beradi: 1. Tebranish konturi erkin garmonik tebranishlar sodir bo’lganda qanday jarayonlar kuzatiladi? 2. Tebranish konturidagi erkin garmonik tebranishlarning differentsial tenglamasini yozing va uni tahlil qilib bering? 3. Tomson formulasini keltirib chiqaring va uni tahlil qilib bering? 4. Konturdagi tok va zaryadning tebranish fazalari orasidagi farq nimadan iborat? 5. So’nuvchi tebranishlarning differentsial tenglamasini va uning yechimini yozing. 6. So’nish koeffitsienti nimani anglatadi? 7. Majburiy elektromagnit tebranishlarni tushuntiring. Rezonansni ta’riflang. Uning ahamiyatini	Tinglaydilar, yozadilar. Muhokama etadilar Savollarga javob beradilar

	tushuntiring.	
3. Yakuniy bosqich (10 daqiqa)	• Mavzu bo'yicha talabalarda yuzaga kelgan savollarga javob beradi, yakunlovchi xulosa qiladi. • Talabalarga mavzuga qiziqarli ma'lumotlar topib kelish aytiladi.	Savollar beradilar. Vazifani yozib oladilar.

B.B.B. texnikasi

№	Mavzu savoli	Bilaman	Bilishni xohlayman	Bildim
1	Tebranish konturidagi erkin garmonik tebranishlarning differentsial tenglamasini yozing.			
2	Tomson formulasini keltirib chiqaring.			
3	Konturdagi tok va zaryadning tebranish fazalari orasidagi farq nimadan iborat?			
4	Majburiy elektromagnit tebranishlarni tushuntiring.			
5	Rezonansiga ta'rif bering.			

27-ma'ruza. ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR

Reja

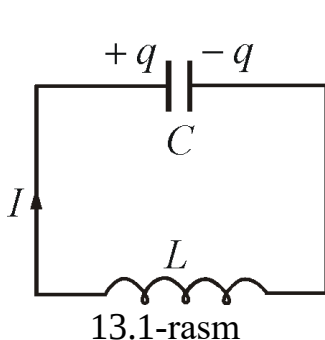
1. Zanjirda tokning paydo bo'lishi va yo'q bo'lishi. Tebranishlarni talqin qilishni kompleks shakli.
2. Vektorlar diagrammasi.
3. Tebranish konturidagi fizik jarayonlar. Tomson formulasi.
4. O'zgaruvchan tok.
5. O'zgaruvchan tok zanjirida qarshilik, sig'im va induktivlik.
6. Elektr tebranishlar. Elektr tebranishlarining differensial tenglamasi
So'nuvchi elektr tebranishlar. Majburiy elektr tebranishlar

Elektr kattaliklari, zaryad miqdori, tok kuchi, kuchlanish shuningdek elektr va magnit maydon energiyasining vaqt o'tishi bilan davriy o'zgarishidan iborat jarayon elektr tebranishlari deb yuritiladi.

Elektr tebranishlari tebranish konturi deb ataladigan induktiv g'altak (L)- va kondensator (C)- dan iborat zanjirda kuzatiladi:

Berk tebranish konturi

Tebranish konturi kondensator va o'zinduksiya g'altigidan iborat bo'ladi (13.1-rasm). Kondensatorni zaryadlasak, energiyasi



$$W_c = \frac{q^2}{2C} \quad (13.1)$$

bo'lgan maydon hosil bo'ladi, zaryad ko'chib, g'altakda tok vujudga keladi. Bu tokning magnit maydon energiyasi

$$W_m = \frac{LI^2}{2} \quad (13.2)$$

Ideal zanjir qarshiligi nolga teng bo'lganligi sababli elektr va magnit maydon energiyasi yig'indisidan iborat to'la energiya o'zgarmasdan saqlanadi:

$$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = \text{const} \quad (13.3)$$

Kondensator energiyasi nolga tenglashganda, g'altakdagi magnit maydon energiyasi, shuningdek tok ham eng katta qiymatga erishadi. So'ngra tok kamaya borib, qoplamadagi zaryad miqdori boshlang'ich qiymatni qabul qilganda, tok kuchi va magnit maydon energiyasi ham nolga tenglashib, elektr maydon energiyasi eng katta qiymatga erishadi. Shunday qilib, elektr va magnit maydonlarining davriy takrorlanishi kuzatiladi: erkin elektr tebranishlari vujudga keladi.

Tok manbaiga ulanmagan kontur uchun Kirxgof qonuni:

$$L \frac{dI}{dt} + \frac{q}{C} = 0 \quad (13.4)$$

(13.4) ifodaning har ikkala tomonini L-ga bo'lib, $L = \frac{dI}{dt} = \ddot{q}$ deb belgilab,

$$\ddot{q} + \frac{1}{LC}q = 0 \quad (13.5)$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \quad (13.6)$$

(13.5) va (13.6) ni hisobga olib

$$\ddot{q} + \omega_0^2 q = 0 \quad (13.7)$$

(13.7) erkin elektr tebranishlarining differensial tenglamasi deb yuritiladi.

Bu tenglamaning yechimi quyidagi ko'rinishda bo'lib, u elektr tebranishlarining parametrik tenglamasi deb ataladi:

$$q = q_0 \cos(\omega_0 t + \alpha) \quad (13.8)$$

Shunday qilib kondensator qoplamalarida zaryad miqdori, elektr va magnit maydonlari davriy qonun bo'yicha ma'lum chastota bilan o'zgaradi:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} \quad (13.9)$$

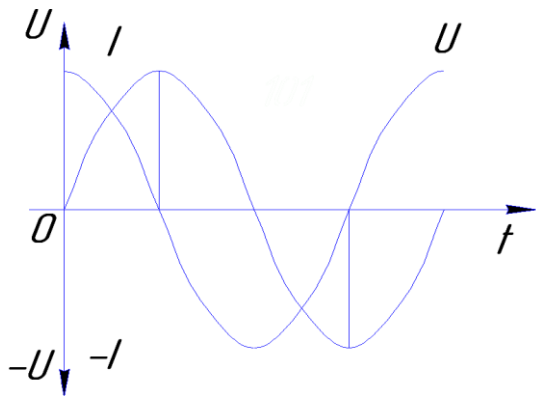
(13.6) va (13.9) lardan

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (13.10)$$

yuzaga keladi (13.10) erkin elektr tebranishlarining davrini ifodalab, Tomson formulasi deyiladi.

Kondensator qoplamalaridagi kuchlanish:

$$U = \frac{1}{C} \cdot q = \frac{q_0}{C} \cos(\omega t + \alpha_0) = U_0 \cos(\omega_0 t + \alpha) \quad (13.11)$$



13.2-rasm

bu yerda $U_0 = q/C$

(13.8) vaqt bo'yicha differensiallab, tok kuchi uchun (13.12) ni yozamiz:

$$I = \frac{dq}{dt} = -\omega_0 q_0 \sin(\omega_0 t + \alpha) = I_0 \cos(\omega_0 t + \alpha_0 - \frac{\pi}{2})$$

(13.8) va (13.12) larni taqqoslash natijasida, kondensatordagi tok kuchi kuchlanish fazasidan $\pi/2$ -qadar oldinda yurishini kuzatish mumkin. (13.2-rasm)

So`nuvchi elektr tebranishlar.

Har qanday real kontur aktiv qarshilikka ega. Energiya qarshilikda issiqlikka aylanishi tufayli tebranishlar sekin-asta so'nadi. Tashqi E.Yu.K. manbaiga ulanmagan konturda uning elementlaridagi kuchlanishlar yig'indisi nolga teng:

$$L \frac{dI}{dt} + RI + \frac{q}{C} = 0 \quad (13.13)$$

(13.13) ni L ga bo'lib va quyidagi belgilashlarni kiritib:

$$I = \dot{q} \quad \frac{dI}{dt} = \ddot{q}$$

$$\ddot{q} + \frac{R}{L} \dot{q} + \frac{1}{LC} q = 0 \quad (13.14)$$

ko'rinishdagi ifodani hosil qilamiz.

$$(13.14) \text{ ga } \beta = \frac{R}{2L}; \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ almashtirishlar kiritib,}$$

$$\ddot{q} + 2\beta\dot{q} + \omega_0^2 q = 0 \quad (13.15)$$

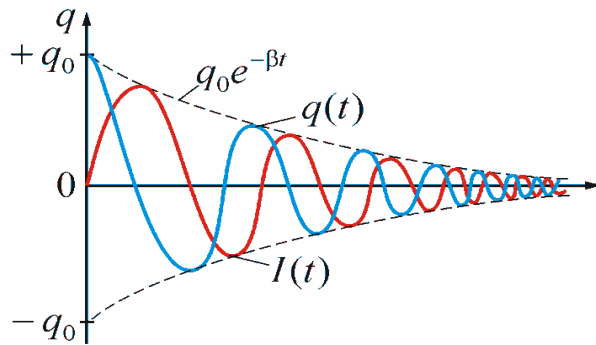
(13.15) so'navchi elektr tebranishlarning differensial tenglamasi deb yuritiladi. Bu tenglamaning yechimi

$$\frac{R^2}{4L^2} < \frac{1}{LC} \quad (13.16)$$

shart bajarilganda quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$q = q_0 e^{-\beta t} \cos(\omega_0 t + \alpha) \quad (13.17)$$

(13.17) dan ko'rinadiki, vaqt o'tishi bilan kondensator qoplamasidagi zaryad miqdori *eksponensial* qonun bo'yicha kamayadi. (13.3-rasm)



13.3-rasm

Tebranishlarning so'nishi so'nishning logarifmik dekrementi orqali xarakterlanadi.

$$\lambda = \ln \frac{a(t)}{a(t+T)} = \beta T; \quad \lambda = \frac{1}{N_e} \quad (13.18)$$

bu yerda, N_e - amplitudaning e-marta kamayishidagi tebranishlar soni.

So'nishning logarifmik dekrementiga teskari proporsional bo'lgan kattalik konturning aslligi deb yuritiladi:

$$Q = \frac{\pi}{\lambda} = \pi N_e \quad (13.19)$$

(13.18) ni hisobga olib:

$$Q = \frac{\pi}{\beta T} = \frac{2\pi}{2\beta T} = \frac{\omega}{2\beta} \quad (13.20)$$

Agar $\beta^2 \ll \omega_0^2$ shart bajarilsa, $\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ bo'ladi. U holda asllik

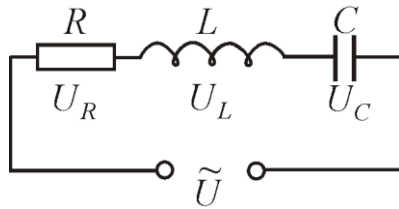
$$Q = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (13.21)$$

orqali ifodalanadi.

Majburiy elektr tebranishlar

Davriy ta'sir etuvchi kuch tufayli vujudga keladigan tebranishlar majburiy tebranishlar deyiladi.

Qarshilik, induktivlik va kondensatordan iborat tashqi EYuK manbaiga ulangan zanjirni kuzatamiz. (13.4-rasm)



13.4-rasm

Bunday zanjirda har bir elementdagi kuchlanishlar yig'indisi tashqi manbaning kuchlanishiga teng bo'ladi:

$$U_L + U_R + U_C = U_0 \cos \omega t \quad (13.5)$$

$$U_L = L \frac{dI}{dt}; \quad U_R = IR; \quad U_C = \frac{1}{C} \cdot q \quad (13.6)$$

(13.6) ni hisobga olib:

$$L \frac{dI}{dt} + RI + \frac{1}{C} q = U_0 \cos \omega t \quad (13.7)$$

quyidagi almashtirishlarni qo'llab,

$$\ddot{q} = \frac{dI}{dt}; \quad \dot{q} = I = \frac{dq}{dt}; \quad \beta = \frac{R}{2L}; \quad \omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

(13.7) ni

$$\ddot{q} + 2\beta\dot{q} + \omega_0^2 q = \frac{U_0}{L} \cos \omega t \quad (13.8)$$

shaklida yozamiz. (13.8) majburiy elektr tebranishlarning differensial tenglamasini ifodalaydi. Bu tenglamaning xususiy yechimi:

$$q = q_0 \cos(\omega t + \varphi) \quad (13.9)$$

Bu yerda q_0 -zaryad miqdorining amplitudaviy qiymati:

$$q_0 = \frac{U_0}{\omega \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} \quad (13.20)$$

Tebranishlar fazasi esa:

$$\tan \varphi = \frac{R}{\frac{1}{LC} - \omega L} \quad (13.21)$$

(13.19) ni vaqt bo'yicha differensiiallab, tok kuchi uchun (13.22)ni hosil qilamiz.

$$I = -\omega q_0 \sin(\omega t - \varphi) = I_0 \cos(\omega t - \varphi + \frac{\pi}{2}) \quad (13.22)$$

bu yerda I_0 -tok kuchining amplitudaviy qiymati

$$I_0 = \omega q_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} \quad (13.23)$$

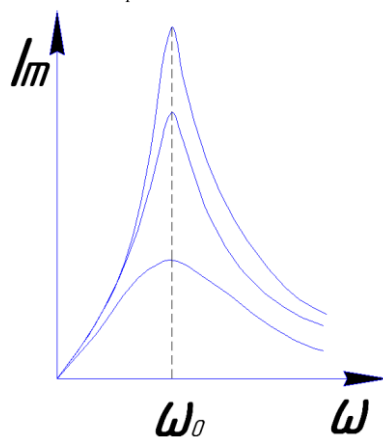
Ildiz ostidagi ifoda zanjirning to'liq qarshiligi deyiladi

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} \quad (13.24)$$

Agar $L\omega = 1/\omega C$ shart bajarilsa, tok bilan kuchlanish birday fazada o'zgaradi, ya'ni *sinfaz* bo'ladi.

R, L va C-larning berilgan qiymatida to'liq qarshilik eng kichik qiymatga, tok kuchi esa kuchlanishning berilgan qiymati (U_0) da eng katta qiymatga erishadi.

Aktiv qarshilikdagi kuchlanish zanjirga berilayotgan tashqi kuchlanishga teng bo'lib, kondensatordagi kuchlanish amplitudasi son jihatidan teng, faza jihatidan qarama-qarshi bo'ladi. Bu hodisa kuchlanish rezonansi deb yuritiladi. (13.5-rasm) Bu shartni qanoatlantiruvchi chastota $\omega_p = 1/\sqrt{LC}$ rezonans chastotasi deyiladi.



13.5-rasm

Biror konturni magnit maydonida qo'zg'almas biror OO' o'q atrofida aylanma xarakteratga keltirilsa kontur magnit maydon kuch chiziqlarini kesadi va EYUK vujudga keladi. Bunday fizikaviy hodisadan texnikada o'zgaruvchan elektr toki olishda foydalaniladi.

Magnit maydonda perpendikulyar joylashtirilgan qo'zg'almas OO' o'q atrofida absd bir tekisda aylanaetgan $\omega = \text{const}$ bo'lsin (17.1-rasm). Magnit maydon bir jinsli, ya'ni $V = \text{const}$ bo'lsin. U holda magnit oqim quyidagicha bo'ladi:

$$\Phi = BS \cos \omega t \quad (14.1)$$

Bu yerda S -kontur bilan chegaralangan yuza, ω -aylanayotgan konturning burchak tezligi. F davriy ravishda o'zgarib turadi va konturda davriy o'zgaruvchan induksiya EYUK hosil bo'ladi. Faradey-Maksvell qonuniga muvofiq bu EYUK quyidagicha ifodalanadi:

$$\varepsilon = -d\Phi/dt = BS \sin \omega t \quad (14.2)$$

Bu EYUK ning maksimal qiymati ($\sin \omega t = 1$) $\varepsilon_m = BS \omega$ ga teng bo'ladi. U holda (14.2) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \omega t \quad (14.3)$$

SHunday qilib, bir jinsli magnit maydonida kontur tekis aylansa, shu konturda sinus qonuniga binoan o'zgaruvchan EYUK vujudga keladi. Bu EYUK konturda sinusoidal tok hosil qiladi. Om qonuniga ko'ra bu tok quyidagicha ifodalanadi:

$$I = \varepsilon / R = \frac{\varepsilon_m}{R} \sin \omega t \quad (14.4)$$

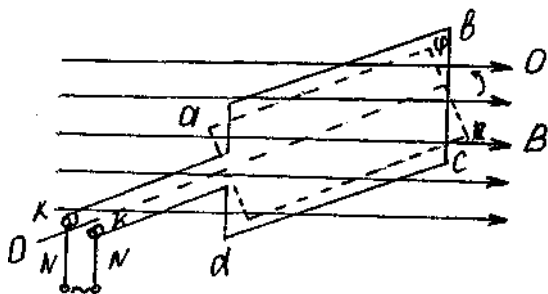
bu erda I_m -tokning maksimal qiymati R -konturning qarshiligi. O'zgaruvchan tok tebranma jarayondir shuning uchun tebranma jarayondagi xarakteristikalar o'zgaruvchan tok uchunham shunday qobul qilinadi.

Masalan ε_m -EYUK ning amplitudasi, I_m -tok kuchining amplitudasi, ω -tokning aylanma chastotasi, ωt -tok fazasi deb ataladi. O'zgaruvchan tokda

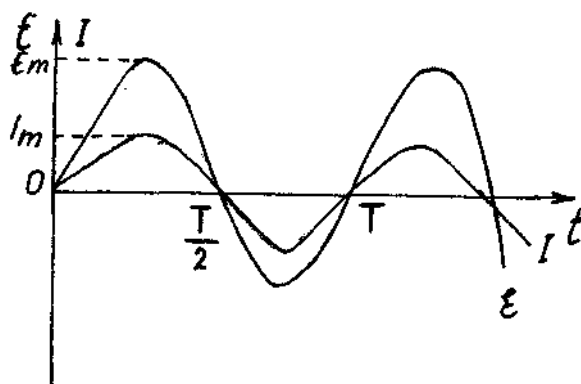
shuningdek tok davri va tokning xarakteristik chastotasi degan xarakteristikalarham bo'ladi.

$$\omega = 2\pi/T = 2\pi\nu \quad (14.5)$$

EYUK va tokning fazalari bir xil, ularning amplitudaviy qiymatlari miqdoran farq qiladilar (14.2-rasm).



14.1-rasm



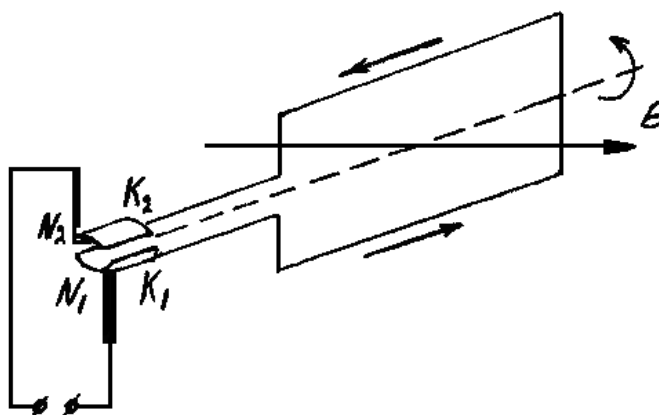
14.2-rasm

Mana shu qonuniyatga asoslanib o'zgaruvchan tok generatorlari ishlaydi. Sanoatda ishlatiladigan generatorlarda magnit maydoni quvvatli elektromagnit yordamida vujudga keltiriladi. Aylanuvchi o'zak ferromagnitdan (generator rotori) iborat bo'lib, o'zakka ketma-ket qilib n o'ram sim o'ralgan bo'ladi. Bunday generatordan hosil bo'lgan EYUK ko'yidagiga teng bo'ladi:

$$\epsilon = nBS\omega \sin\omega t \quad (14.6)$$

Hozirgi zamon generatorlari bir necha un ming volt kuchlanish hosil qila oladi. Ularning quvvati 300000 kvt va undan ortiq bo'ladi.

Magnit maydonda aylanayotgan konturdan o'zgarmas tokham olish mumkin. Buning uchun konturning uchlarini K1 va K2 yarim halqalarga ulash kerak (17.3-rasm). Kontur 180 gradusga burilganda tokning yunalishi karama-karshi tomonga uzgaradi. Birok N2 va N1 cho'tkalar K1 va K2 yarim halqalarga tegadi. SHuning uchun tashki zanjirda tok hamma vaqt bir yo'nalishda o'tadi. Bunday tok pulsatsiyalangan tok bo'ladi.



14.3-rasm

Endi o'zgaruvchan tokning ishi va quvvatini ko'raylik. Ma'lumki, o'zgarmaas tokning ishi va quvvati

$$A = I^2 R t \quad (14.7) \text{ va}$$

$$N = I^2 R \quad (14.8)$$

edi. CHeksiz kichik dt vaqt ichida o'zgaruvchan tokniham o'zgarmas tok deb qarashimiz mumkin. U holda dt vaqt ichida tokning bajargan ishini

$$dA = I^2 R dt \quad (14.9)$$

deb yozishimiz mumkin. (14.4) va (14.5) larni hisobga olib, (14.9) ni quyidagi ko'rinishda yozishimiz mumkin:

$$dA = I_m^2 R \sin^2 2\pi t / T dt \quad (14.10)$$

Uzgaruvchan tokning bir T davr ichida bajargan ishini hisoblash uchun (14.10) ni 0 dan T gacha oraliqda integrallaymiz. Shunday qilib o'zgaruvchan tokning ishi quyidagicha bo'ladi:

$$A = I_m^2 R T / 2 \quad (14.11)$$

Tokning quvvati esa quyidagicha bo'ladi:

$$N = I_m^2 R / 2 \quad (14.12)$$

O'zgaruvchan tok kuchining va kuchlanishning effektiv qiymati, ya'ni ta'sir etuvchi qiymatlari quyidagicha bo'ladi:

$$I_{\text{eff}} = I_m / \sqrt{2} \quad (14.13)$$

va

$$U_{\text{eff}} = U_m / \sqrt{2} \quad (14.14)$$

Nazorat savollari

1. O'zgaruvchan EYUK ni qanday hosil qilish mumkin?
2. Sinusoidal tok qanday vujudga keladi?
3. EYUK ning amplitudasi yozing?
4. Tok kuchining amplitudasini yozing?
5. Tok kuchining effektiv qiymatini ko'rsating?
6. Kuchlanishning effektiv qiymatini ko'rsating?
7. Qanday qilib o'zgaruvchan tokni o'zgarmas pulsatsiyalangan tokka aylantirish mumkin?
8. O'zgaruvchan tokning ishi qanday bo'ladi?
9. O'zgaruvchan tokning quvvati qanday bo'ladi?