Begmatova Dilfuza Abdullajonovna

Usmonov Saidjon Abdusubxon o‘g‘li

FIZIKA

Fanidan darslik

Bilim sohasi:	700 000	– Muhandislik, ishlov berish va qurilish sohalari
Ta’lim sohasi:	710 000	– Muhandislik ishi
Ta’lim yo‘nalishi:	60711100	– Biotibbiyot muhandisligi

Farg‘ona - 2025

ANNOTATSIYA

Ushbu darslik 60711100 – “Biotibbiyot muhandisligi” ta’lim yo‘nalishi talabalari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, fizika fanining asosiy bo‘limlarini tibbiyot va biotibbiyot muhandisligi ehtiyojlari nuqtai nazaridan izchil va tizimli bayon etadi. Darslikda mexanika, moddiy nuqta va qattiq jism kinematikasi hamda dinamikasi, impuls, ish va energiya, tebranma harakatlar va to‘lqinlar keng yoritilib, biologik tizimlarda harakat va kuchlanishlarni tahlil qilish uchun zarur nazariy asoslar beriladi.

Taqrizchilar:

Nurdinova R. A - Farg‘ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti “Biotibbiyot muhandisligi, biofizika va axborot texnologiyalari” kafedrasi texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori, dotsent

S.M.Zaynolobidinova - Farg‘ona davlat universiteti “Fizika” kafedrasi mudiri, Fizika-matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori, dotsent

O‘zbekiston respublikasi oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2025-yil “09” – iyuldagi “258”- sonli buyrug‘iga asosan “Biotibbiyot muhandisligi” yo‘nalishi uchun tavsiya etilgan va nashriyotlarda nashr etishga ruxsat berildi.

Berilgan ISBN tartib raqami: **978-9910-589-78-2**

Кутубхона-библиографик классификация (КБК) индекси: **22.3ya73**

Универсал ўнлик классификация (УЎК) индекси: **53(075.8)**

So‘z boshi

Fizika - asosiy tabiiy fanlarning biri bo‘lib, u jonsiz tabiatning qonunlarini o‘rganadi. Tabiatda sodir bo‘ladigan hodisa va jarayonlar ma’lum qonunlar asosida ro‘y beradi. Bu hodisalar va ularning qonuniyatlari orasidagi bog‘lanishni o‘rganish har bir fanning asosiy vazifasidir. Fizika sohasiga asosan, jismlarning o‘zaro ta’siri va ularning harakat qonunlari hamda elektromagnit va yorug‘lik bilan bog‘langan hodisalar, atom va uning yadrosini o‘rganish kiradi. Ammo fizika fanining aniq chegarasini hozirgi vaqtda ko‘rsatish qiyin. Chunki har bir yangi ochilgan va ochilayotgan kashfiyotlar – fizikaning qo‘llanish chegaralarini yanada kengaytirmoqda deb aytish mumkin.

Hozirgi davrda fizika nazariy va amaliy tibbiyot rivojiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. Oxirgi vaqtlarda tibbiyot biofizikasi shakllandi. Uning asosiy vazifalaridan biri-organizm funksional holatini ob’ektiv baholash uchun qo‘llash mumkin bo‘lgan fizikaviy va kimyoviy parametrlarni aniqlashdan iboratdir. Hayotiy jarayonlarning buzilishi haqida aynan shu parametrlarning o‘zgarishiga ko‘ra xulosa chiqarsa bo‘ladi. Tabiiyki biofizika fanini mukammal o‘rganish, tibbiyot muhandisligi bilimlarini puxta o‘zlashtirishda fizika fanining o’rni beqiyosdir.

Respublikamizdagi barcha oliy o‘quv yurtlari oldiga rivojlangan demokratik davlatlar talablari darajasidagi yuqori malakali kadrlarni tayyorlash vazifasi qo’yildi. Bu esa professor va o‘zgaruvchi pedagoglarimizdan doimiy ravishda izlanishda bo‘lib, o‘z malakalarini jahon standartlariga mos ravishda oshira borish, o‘zgarish jarayonida esa butunlay yangi ilg’or pedagogik texnologiyalardan, yangi axborotlar va elektron darsliklardan foydalanishni va yaratishni taqozo etadi. Chunki kadrlar tayyorlash milliy dasturining ikkinchi ya’ni, sifat bosqichi amalga oshayotgan hozirgi paytda Respublikamiz mustaqilligini uning barcha yo‘nalishlari bo‘yicha yanada rivojlantirishda yuqori sifatli bilimli, malakali mutaxassislarga tayanamiz. Zero, Prezidentimiz **Sh. M. Mirziyoyev** «Ilm-fansiz, ma’rifatsiz davlatning kelajagi yo‘q» - deb asosli aytganlar.

Tibbiyot fani va sog‘liqni saqlash amaliyotining yildan yilga rivojlana borishi zamonaviy tadqiqot uslublari va yangi pedagogik texnologiyalar, diagnostik uslublar hamda zamonaviy kompyuterlarning tibbiyotning barcha bo‘limlariga kirib kelishi bilan xarakterlanadi. Bularning hammasi bo‘lg‘usi shifokorlardan ularning fizika, matematika va texnikaviy fanlar xususan «Fizika» bo‘yicha nazariy va amaliy bilim darajalarini yanada oshirib borishlarini talab qiladi. Shularni hisobga olgan holda ushbu darslik **60711100-Biotibbiyot muhandisligi** yo‘nalishi uchun «Fizika» - fanining namunaviy dasturiga muvofiq tarzda ishlab chiqilgan bo‘lib, har bir mavzular doir zaruriy ma’lumotlar va formulalar keltirib o‘tilgan.

Darslikda berilgan barcha ma’lumotlar fizikaning umumiy nazariyasi va sog‘liqni saqlash amaliyoti uchun muhim ahamiyat kasb etuvchi fizikaning o‘ziga xos bilimlarini mustahkamlash va takrorlash hamda, o‘rganishga bag‘ishlangan. Talabalarda ushbu darslik mavzularini o‘rganish, tadqiqaviy bilim va ko‘nikmalarini, ularning individual imkoniyati va qiziqishlarini oshirishiga hamda ularni o‘z ustida mustaqil ravishda ishlashga undaydi, shu bilan bir qatorda tibbiyot apparatlarining elektrotexnikasini o‘rganish bo‘yicha poydevor va malakaga ega bo‘ladilar.

Darslikdan texnika va tibbiyot institutlari “Biotibbiyot muhandisligi” yo‘nalishi talabalari, hamda ularga «Fizika» fanini o‘rgatish jarayonlarini olib boruvchi o‘rgatuvchilar foydalanishi mumkin.

I. BOB. MEXANIKA

1-MAVZU: MEXANIKA. MODDIY NUQTA KINEMATIKASI.

Jismlarning yoki bir jism qismlarining fazoda bir-biriga nisbatan siljishiga ***mexanik harakat*** deyiladi. Jismlarning mexanik harakatini o‘rganganda ko’pincha ularning shakllari va o’lchamlarini hisobga olmasa ham bo‘ladigan hollar uchraydi. Bunday sharoitlarda jismni ***moddiy nuqta*** deb qarash mumkin. Masalan, bir bola uyidan maktabgacha ma’lum masofa bosib o’tsa, bolaning harakatini o‘rganganda uni moddiy nuqta deb qarash masalani osonlashtiradi. Lekin shu bola qo’l va oyoqlarini qimirlatib gimnastika bilan shug’ullansa, uni endi moddiy nuqta deb qarash mumkin bo‘lmaydi. Xuddi shunday yerning Quyosh atrofida aylanishini o‘rganganda yerni moddiy nuqta deb qarash mumkin, lekin yerni o‘z o‘qi atrofida sutkalik aylanishini ko‘rganda Yerni moddiy nuqta deb qarash mumkin emas. Demak, moddiy nuqta deb ko‘rilayotgan masalada shakli va o’lchamlarini hisobga olmaslik mumkin bo‘lgan jismga aytiladi.

Jismning vaziyatini yoki harakatini har doim boshqa jismga nisbatan ko‘riladi, shu sababli oxirgi jismni sanoq jismi deyiladi. Fizikada sanoq sistemasi sifatida ***koorditanatalar sistemasi*** ishlatiladi. Masalan, o‘zaro to‘g‘ri burchak ostida bo‘lgan uch o‘qli koordinata sistemasi olinadi, bu o‘qlarni ***x, y, z*** harflari bilan belgilanadi. Bunday koordinata sistemasini fransuz olimi Dekart kiritgan. Yana boshqa koordinatalar sistemalari ham mavjud.

Moddiy nuqta harakatini shu harakatni vujudga keltirgan sababisiz o‘rganadigan mexanikaning bo‘limiga ***kinematika*** deyiladi. Kinematikada mexanik harakatlarni qarab chiqish uchun ***trayektoriya, Yo‘l, ko’chish*** kabi tushunchalardan foydalaniladi. Moddiy nuqta harakati davomida chizgan chiziqqa ***trayektoriya*** deyiladi. Agar trayektoriya tug’ri chiziqdan iborat bo‘lsa, harakat ***to‘g‘ri chiziqli harakat*** deb ataladi. Trayektoriya egri chiziqdan iborat bo‘lsa, bunday harakat ***egri chiziqli harakat*** bo‘ladi. Trayektoriya aylanadan ham iborat bo‘lishi mumkin. Bunday holda moddiy nuqta ***aylana bo‘ylab harakat*** sodir etyapti deyish mumkin.

Moddiy nuqtaning trayektoriya bo‘ylab harakati davomida bosib o’tgan masofaga ***Yo‘l*** deyiladi. Yo‘l yo‘nalishi bilan xarakterlanmaydi. Fizikada bunday

kattaliklarni ***skalyar kattaliklar*** deyiladi. Yo‘l — skalyar kattalik. Agar moddiy nuqta bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga qarab harakat qilsa, shu nuqtalarni birlashtiruvchi va 1-nuqtadan 2-nuqtaga yo‘nalgan to‘g‘ri chiziqga ***ko’chish*** deyiladi.

Fizikada yo‘nalish bilan xarakterlanadigan fizik kattaliklarga ***vektor kattaliklar*** deyiladi. Ko’chish - vektor kattalikdir.

Endi kinematikada ko‘riladigan ikki asosiy fizik kattaliklar — ***tezlik va tezlanish***ni ko‘rib chiqamiz.

Biz hayotda tezlik deganda, vaqt birligida bosib o’tgan yo‘lni tushunamiz. Agar teng vaqtlar oraliqlarida moddiy nuqta teng yo‘l yursa, bunday harakatga ***tekis harakat*** deyiladi va harakat to‘g‘ri chiziqli bo‘lsa, tekis harakat tezligi uchun quyidagi formulaga ega bo‘lamiz.

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

bunda, ***S*** - bosib o’tilgan Yo‘l, ***t*** – vaqt.

Odatda, fizikada ***tezlik*** deganda moddiy nuqtaning trayektoriya bo‘ylab ko’chish tezligini va har bir momentdagi nuqtaning harakat yo‘nalishini xarakterlovchi fizik kattalik tushuniladi. Shu sababli trayektoriyaning har bir nuqtasi uchun ***oniy tezlik*** tushunchasi kiritilgan. Oniy tezlikni topish uchun ***x, y*** koordinata o‘qlari tekisligida biror harakatning trayektoriyasini quramiz va bu trayektoriyaning cheksiz kichik biror ***dl*** *q*ismiga mos bo‘lgan ***ds*** ko’chishni ajratib, unga koordinata boshidan r_1 va r_2 radius-vektorlarni o’tkazamiz. Endi ***ds*** ko’chishni shu ko’chish sodir bo‘lgan ***dt*** vaqt oralig’iga bo‘lib, trayektoriyaning shu nuqtasi uchun oniy tezlikni topamiz.

$$V = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{dS}{dt} \qquad (1.2)$$

Bu yerda , ***V*** — oniy tezlik, ***ds*** — cheksiz kichik ko’chish, ***dt*** — vaqt oralig’i. Demak, tezlik moddiy nuqtaning radius- vektoridan vaqt bo‘yicha olingan hosilasiga teng ekan. Tezlik ***V*** trayektoriyaga urinma bo‘ylab yo‘nalgan

bo‘ladi. *Halqaro Birliklar Sistemasi* da tezlik birligi ***m/s***, ***SGS*** sistemada ***sm/s***. Yana tezlik amaliyotda ***km/soat*** birlikda ham o‘lchanadi.

Moddiy nuqtaning tezligi vaqtning funksiyasidir. Shu sababli tezlikdan vaqt bo‘yicha olingan hosila ***tezlanish***ni beradi:

$$W = \frac{dV}{dt} = \frac{d^2S}{dt^2} \qquad (1.3)$$

Tezlanish ham vektor kattalikdir. Tezlanishning HBS dagi birligi ***m/s²***.

Endi egri chiziqli harakatda tezlik va tezlanishni ko‘ramiz. Egri chiziqli harakatda tezlik vektori ham qiymat bo‘yicha, ham yo‘nalish bo‘yicha o‘zgarib turadi. Shu sababli tezlanish harakat yo‘nalishi bilan bir xil bo‘lmaydi. Tezlanish ***W*** vektorini egri chiziqli harakatda ikki o‘zaro perpendikulyar tashkil etuvchilarga ajratish mumkin**:** ***tangensial*** tashkil etuvchi W_t va ***normal*** tashkil etuvchi W_n . Tangensial tashkil etuvchi egri chiziqqa urinma bo‘ylab yo‘nalgan bo‘ladi va quyidagiga teng bo‘ladi:

$$W_t = \frac{dV}{dt}\ , \qquad \textbf{(1.4)}$$

bu yerda, ***V***— chiziqli tezlik, ***t***— vaqt.

Tezlanishning normal tashkil etuvchisi W_n egrilik markaziga yo‘nalgan bo‘ladi va matematik ravishda shunday ifodalanadi:

$$W_n = \frac{V^2}{R}, \qquad \textbf{(1.5)}$$

bunda, ***R*** — egrilik radiusi.

Agar moddiy nuqta aylana bo‘ylab tekis harakat qilayotgan bo‘lsa, burchak tezlik ω bilan xarakterlanadi. Burchak tezlik ω matematik ravishda shunday ifodalanadi:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}\ , \qquad (1.6)$$

bunda, φ - radius-vektorning burilish burchagi ***t*** - vaqt. Chiziqli tezlik ***V*** va burchak tezlik ω shunday bog‘langan:

$$V = \omega R \qquad (1.7)$$

Moddiy nuqtaning bir marta aylanishi uchun ketgan vaqtga ***aylanish davri*** deyiladi va ***T*** bilan belgilanadi. Vaqt birligidagi aylanishlar soni ***aylanish chastotasi*** deb ataladi va *n* bilan belgilanadi. Aylanish davri ***T*** va aylanish chastotasi *n* quyidagicha bog‘langan:

$$T=\frac{1}{n} \quad . \quad (1.8)$$

Burchak tezlik ω va aylanish davri ***T*** *o‘z*aro quyidagicha ifodalanadi:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \qquad (1.9)$$

Moddiy nuqta aylana bo‘ylab notekis harakatlansa, chiziqli tezlik bilan birga burchak tezlik ω ham o‘zgaradi. Shu sababli ***burchak tezlanish*** β tushunchasi kiritiladi. U shunday ifodalanadi:

$$\beta = \frac{d\omega}{dt} \quad . \qquad (1.10)$$

Burchak tezlik ω va burchak tezlanish β vektor kattaliklardir. Burchak tezlik ω ning yo‘nalishi parma qoidasi bilan topiladi. Agar burchak tezlik ω vaqt o‘tishii bilan oshsa, ω va β yo‘nalishi bir xil, ω vaqt o‘tishii bilan kamaysa, ω va β yo‘nalishi qarama-qarshi bo‘ladi.

2-MAVZU: MODDIY NUQTA DINAMIKASI.

Mexanikaning jismlarning harakatini shu harakatni vujudga keltirgan sabab bilan birga o‘rganadigan bo‘limini ***dinamika*** deyiladi. Dinamikaning asosini 3 ta qonun tashqil etadi. Bu qonunlarni ingliz olimi I.Nyuton aniqlagan. Shu sababli ularni ***Nyuton qonunlari*** deb ham ataladi.

Nyutonning birinchi qonuni tashqi ta’sirsiz harakatlanayotgan jismlarning mexanik holati haqidadir. Bu qonunni shunday bayon etish mumkin: ***tinch holatdagi yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilayotgan jismga boshqa jismlar ta’sir etmasa yoki ularning ta’siri kompensatsiyalansa, bu jism o‘zining tinch holatini yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi.***

Nyutonning 2-qonuni jism harakat tezligining o‘zgarishini shu jismga ta’sir etayotgan tashqi sabab - kuch bilan bog‘laydi. Bunda kuch jismlarning o‘zaro ta’sirini xarakterlaydigan fizik kattalik sifatida qaraladi. Tajriba ko‘rsatadiki, bir xil kuch bilan har xil jismlarga ta’sir etsak, ular har xil tezlanish oladi, bunga sabab ularning har xil massaga ega bo‘lishidir. Shu sababli Nyutonni 2- qonunini shunday yozish mumkin:

$$F = mW \qquad (2.1)$$

bunda F - kuch, m - jism massasi, W - tezlanish.

Bu tenglamaga ko‘ra kuch vektor kattalikdir, lekin massa - skalyar kattalikdir. Bu qonunda massa jismni tezlantiruvchi kuchlarga nisbatan qarshi tura olish qobiliyatini bildiradi, ya’ni inertligini ifodalaydi.

Massa birligi XBS da ***kilogramm*** deb ataladi. Xalqaro bitimga asosan massa birligi ***kg*** etaloni sifatida maxsus platina — iridiy qotishmasidan yasalgan etalon qabul qilingan, bu etalon Parijda saqlanadi. Kuch birligi ***(2.1)*** formula asosida aniqlanadi va ***Nyuton*** deb ataladi. Kuch birligi qilib shunday kuch olinadi-ki, u ***1kg*** massali jismga $1m/s^2$ tezlanish beradi, ya’ni $1N = 1kg \cdot 1m/s^2$.

Nyutonning 2-qonunini asosiy ko‘rinishini ko‘rib chiqamiz. Tezlanish

$$W = \frac{dV}{dt} \qquad (2.2)$$

bo‘lganligi uchun, ***(2.1)*** formulani shunday yozish mumkin:

$$F = m\frac{dV}{dt} = \frac{d(mV)}{dt} \qquad (2.3)$$

Massaning tezlikka ko‘paytmasini ***impuls*** deb ataladi.

$$p = mV \qquad (2.4)$$

Shunga binoan, ***(2.3)*** ni shunday yoziladi:

$$F = \frac{dp}{dt}\ . \qquad (2.5)$$

Bu ***(2.5)*** ifoda Nyutonning 2 - qonunini ifodalaydi va shunday ta’riflanadi: ***impulsdan vaqt bo‘yicha olingan hosila jismga ta’sir etuvchi kuchga teng.***

Nyutonning 3 - qonunini shunday bayon etish mumkin: ***Agar B jism A jismga F_1 kuch bilan ta’sir etsa, A jism ham B jismga F_2 kuch bilan ta’sir etadi, bunda F_1 va F_2 kuchlar o‘zaro teng va qarama-qarshi yo‘nalgan.***

$$F_1 = -F_2\ . \qquad (2.6)$$

Bu qonunda eng muhimi shunda-ki, F_1 va F_2 kuchlar har xil jismlarga ta’sir etadi, ya’ni bir jismga emas.

Mexanikada jismlar harakatini ko‘rganda, shunday hol ko‘riladiki, bunda jismlar o‘zaro ichki ta’sirlashib, tashqi jismlar bilan ta’sirlashishi ro‘y bermasligi mumkin. Bunday jismlarga ***yopiq sistema*** deb qarab, impulslar uchun saqlanish qonunini tadbiq etsak, impulsning saqlanish qonunini bajarilishini ko‘ramiz. Bu qonunning ta’rifi shunday: ***yopiq sistemani tashqil etgan jismlarning impulslarining vektor yig‘indisi harakatning hamma vaqtida o‘zgarmas bo‘ladi.*** Bu qonun fizikada va texnikada juda katta rol o’ynaydi.

KUCHLAR

Hozirgi zamon fizikasida 4 xil ta’sirlashuv ko‘riladi. Bular:

1) gravitatsion ta’sirlashuv;

2) elektromagnit ta’sirlashuv;

3) kuchli yoki yadroviy ta’sirlashuv;

4)kuchsiz ta’sirlashuv. Bunday ta’sirlashuv elementar zarralarni parchalanishida ro‘y beradi. Bu ta’sirlashuvlardan ikkitasi, ya’ni gravitatsion va elektromagnit ta’sirlar klassik mexanikada ko‘riladigan kuchlarning vujudga kelishida asosiy rolni o’ynaydi. Klassik mexanikada asosan uch xil kuch ko‘riladi. Bular:

1***) gravitatsion yoki tortishish kuchlari;***

2) elastiklik kuchlari;

3) ishqalanish kuchlari.

Bu uchta kuchdan ikkitasi — elastiklik va ishqalanish kuchlarini vujudga kelishi elektromagnit xarakterga ega. Chunki bu kuchlar moddaning molekulalarini o‘zaro ta’sirlashuvi natijasida paydo bo‘ladi. Bu ta’sirlashuv esa elektromagnit xarakterda bo‘ladi.

Elastiklik kuchi ***Guk qonuni*** asosida shunday yoziladi:

$$F_{EL} = -kx \ , \qquad (2.7)$$

bu yerda F_{EL} - elastiklik kuchi, k - proporsionallik koeffitsienti, x - deformatsiya kattaligi.

Ishqalanish kuchlarini konkret hol uchun ko‘riladi. Masalan, ikki yuza o‘zaro sirpansa, ishqalanish kuchi ularning holatiga va bu jismlarni qisayotgan (bosayotgan) kuchiga bog‘liq bo‘ladi:

$$F_{ish} = \mu F_n . \qquad (2.8)$$

Bu yerda F_{ish} - ishqalanish kuchi, μ -ishqalanish koeffitsienti, F_n —siqayotgan kuchning normal tashqil etuvchisi.

Gravitatsion, ya’ni tortishish kuchlari I.Nyuton tomonidan ochilgan butun dunyo tortishish qonuni asosida aniqlanadi:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{R^2} . \qquad (2.9)$$

Bu yerda F - tortishish (gravitatsion) kuchi, γ - gravitatsion doimiy, m_1, m_2— ikki jismning massalari, R - jismlar orasidagi masofa.

Gravitatsion doimiyni tajribada birinchi marta ingliz olimi ***Kavendish*** 1798-yilda aniqlagan: $\gamma = 6.65 * 10^{-11} \frac{N * m^2}{kg^2}$.

Tortishish kuchi ta’sirida barcha jismlar yerga tortiladi. Agar yer bilan bog‘langan sanoq sistemasida istagan m massali jismga ta’sir qilayotgan kuchni ko‘rsak, uni ***og‘irlik kuchi*** deyiladi va u quyidagiga teng bo‘ladi:

$$P = mg \qquad (2.10)$$

bu yerda g - erkin tushish tezlanishi.

Og‘irlik kuchini jismning ***og‘irligi***dan farq qilish kerak. Jismning og‘irligi deb jismning tayanchga ta’sir kuchiga aytiladi va uni G bilan belgilanadi. Agar jism yerga nisbatan tinch turgan bo‘lsa, og‘irlik kuchi va og‘irlik o‘zaro teng bo‘ladi.

$$G = P = mg\,. \qquad (2.11)$$

Agar jism yerga nisbatan ***W*** tezlanish bilan harakatlanayotgan bo‘lsa, ***(3.5)*** tenglik bajarilmaydi.

KOSMIK TEZLIKLAR

Kosmik parvozlarni amalga oshirishni Rossiyada K.E.Siolkovskiy, yevropada nemis olimi G.Obert va Amerikada R.Goddar birinchi bo‘lib ko‘rib chikkanlar. Bu olimlarning hisoblashlariga ko‘ra yerdan kosmosga uchirilgan jismlarning harakati uch xil tezlikka bog‘liq, ularni kosmik tezliklar deyiladi. Birinchi kosmik tezlik

$$V_{л1} = 7.93км/с \approx 8км/с$$

ga teng bo‘lib, sun’iy yo‘ldosh bunday tezlikka ega bo‘lganda, u yer atrofida doira bo‘ylab harakatlanadi. Ikkinchi kosmik tezlik

$$V_{л2} = 11.2км/с$$

ga teng bo‘lib, kosmik jism V_{K1} dan katta, ammo V_{K2} dan kichik tezlikka ega bo‘lsa, uning harakati ellips bo‘yicha amalga oshadi. Jism tezligi V_{K2} ga teng bo‘lsa, u parabola bo‘yicha harakatlanadi. Jism V_{K2} dan katta tezlik bilan harakatlanganda uning orbitasi giperboladan iborat bo‘ladi. Yana ***uchinchi kosmik tezlik*** ham mavjud, u quyidagiga teng:

$$V_{л3} = 16.7км/с\,.$$

GALILEYNING NISBIYLIK PRINSIPI.

GALILEY ALMASHTIRISHLARI

Italyan olimi G.Galiley inersial sanoq sistemalarga nisbatan kuzatishlar va maxsus tajriba yo‘li bilan ***nisbiylik prinsipini*** ishlab chiqdi. Bu prinsipga ko‘ra barcha mexanik hodisalar barcha inersial sanoq sistemalarda bir xilda ruy beradi. Galileyning nisbiylik prinsipini *x* o‘q bo‘yicha o‘zgarmas tezlik V bilan

harakatlanayotgan ikki sanoq sistemaga nisbatan ko‘rsak, har bir sistemadan ikkinchi sistemaga utishda koordinatalarning almashtirilishi quyidagi formulalar bo‘yicha bo‘ladi:

$$X' = X - Vt$$
$$Y' = Y$$
$$Z' = Z$$
$$t' = t.$$

Bu formulalarga ***Galiley almashtirashlari*** deyiladi.

NOINERSIAL SANOQ SISTEMALARDA HARAKAT QONUNLARI. INERSIYA KUCHLARI

I.Nyuton qonunlari faqat ***inersial sanoq sistemalar***da to‘g‘ri bo‘ladi. Lekin biror inersial sanoq sistemaga nisbatan tezlanish bilan harakatlanayotgan boshqa sanoq sistemasini ko‘rsak, u ***noinersial sanoq sistema*** bo‘ladi. Bunday noinersial sanoq sistemalarda harakat qonunlarini ko‘rgarda asosiy kuchlar bilan birga yana qo’shimcha ***inersiya kuchlari*** deb ataluvchi kuchlarni hisobga olinadi.

Bunday holda dinamikaning tenglamalaridan foydalansa bo‘ladi, faqat noinersial sanoq sistemalarda Nyutonning II qonuni quyidagicha yoziladi.

$$\boldsymbol{mW = F + F_i}, \qquad \textbf{(2.12)}$$

bu yerda $\boldsymbol{F}$ - asosiy kuch, $\boldsymbol{F_i}$ - inersiya kuchi.

Inersiya kuchlariga misol sifatida aylanayotgan sistemadagi ***markazdan qochma kuch***ni ko‘rsatish mumkin. Fransuz olimi Koriolis yerni aylanishini hisobga olib, yerdagi jismlarnig harakatini ko‘rib chiqdi va yerda meridian bo‘ylab harakatlanayotgan jismlarga qo’shimcha inersiya kuchlari ta’sir qilishini aniqladi. Bu inersiya kuchini ***Koriolis kuchi*** deyiladi.

3-MAVZU: IMPULS. MEXANIK ISH VA ENERGIYA.

Nyuton qonunlari yordamida o‘rganib bo‘lmaydigan harakatlarni impuls yordamida o‘rganish mumkin. Impuls “turtki” degan ma’noni anglatadi.

- Jism massasini tezligiga ko‘paytmasiga ***jism impulsi*** yoki ***harakat miqdori*** deyiladi. $\boldsymbol{P = m\vartheta}$ [P] = 1 kg m/s
- Jismga ta’sir etuvchi kuchni ta’sir etish vaqtiga ko‘paytmasiga ***kuch impulsi*** deyiladi: $\boldsymbol{I = F\Delta t = m(\vartheta - \vartheta_0) = \Delta P}$ $[I] = 1\ kg\ m/s$
- Harakat miqdorining o‘zgarishi kuch impulsiga teng.
- O‘zaro ta’sirlashuvchi jismlar (yoki moddiy nuqtalar) birgalikda jismlar (yoki moddiy nuqtalar) sistemasi deyiladi. Sistemaga kiruvchi jismlar orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlari ichki kuchlar, sistemaga kirmaydigan jismlar va sistemadagi jismlar orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlari esa tashqi kuchlar deyiladi.
- Tashqi kuchlar ta’sir etmaydigan sistema **yopiq** ya’ni **berk sistema** deyiladi.

<u>Impulsning saqlanish qonuni:</u>

Berk sistemada turgan jismlar impulslarining vektorial yig‘indisi sistema ichidagi jismlarning har qanday to‘qnashuvlarida ham o‘zgarmaydi.

$$\overrightarrow{\boldsymbol{P}}_1+\overrightarrow{\boldsymbol{P}}_2+\cdots+\overrightarrow{\boldsymbol{P}}_n=\overrightarrow{\boldsymbol{P}}'_1+\overrightarrow{\boldsymbol{P}}'_2+\cdots+\overrightarrow{\boldsymbol{P}}'_n$$

$$\boldsymbol{m_1\vartheta_1+m_2\vartheta_2+m_n\vartheta_n=m_1\vartheta'_1+m_2\vartheta'_2+m_n\vartheta'_n}$$

- ***Aylanma harakatda impulsning o‘zgarishi:***

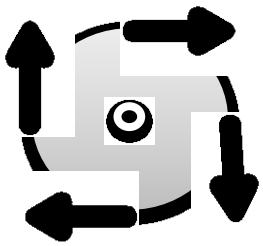
$\frac{T}{4}-$ α = 90° bo‘lsa: $\boldsymbol{\Delta P=\sqrt{2}m\vartheta}$

$\frac{T}{2}-$α = 180° bo‘lsa: $\boldsymbol{\Delta P=2m\vartheta}$

$\frac{3T}{4}-$α = 270° bo‘lsa: $\boldsymbol{\Delta P=\sqrt{2}m\vartheta}$

$T-$α = 360° bo‘lsa: $\boldsymbol{\Delta P=0}$

$\alpha-$ixtiyoriy burchak ostida $\boldsymbol{\Delta P=2m\vartheta cos\frac{\alpha}{2}}$



- ***Jism impulsining o‘zgarishi -*** $\boldsymbol{\Delta P}$***:***

$\Rightarrow$ m massali jism ϑ tezlik bilan tekislikga tik yo‘nalishda noelastik urilsa: $\boldsymbol{\Delta P = m\vartheta}$

⇒ m massali jism ϑ tezlik bilan tekislikga tik yo‘nalishda elastik urilsa: $\Delta P = 2m\vartheta$

⇒ m massali jism ϑ tezlik bilan tekislik normaliga α burchak ostida noelastik urilsa: $\Delta P = m\vartheta \cos\alpha$

⇒ m massali jism ϑ tezlik bilan tekislik normaliga α burchak ostida elastik urilsa: $\Delta P = 2m\vartheta \cos\alpha$

➢ ***Jismlar sistemasining impulsi - P_{sis}***

⇒ Jismlar bir xil yo‘nalishda harakatlansa: $P_{sis} = m_1\vartheta_1 + m_2\vartheta_2$

⇒ Jismlar qarama-qarshi yo‘nalishda harakatlansa: $P_{sis} = m_1\vartheta_1 - m_2\vartheta_2$

⇒ Jismlar perpendikulyar yo‘nalishda harakatlansa: $P_{sis} = \sqrt{(m_1\vartheta_1)^2 + (m_2\vartheta_2)^2}$

⇒ Jismlar o‘zaro α burchak ostida harakatlansa:

$$P_{sis} = \sqrt{(m_1\vartheta_1)^2 + (m_2\vartheta_2)^2 + 2m_1\vartheta_1 m_2\vartheta_2 \cos\alpha}$$

➢ ***<u>Urilish bu 2 va undan ortiq jismlarni qisqa vaqt momentidagi ta’sirlashuvidir.</u>***

➢ ***Absolut elastik urilish*** – bu ikki deformatsiyalanmaydigan jismlar ta’sirlashuvidir. Bunda energiya va impulsning saqlanish qonuni bajariladi.

➢ ***Absolut noelastik urilish*** – bu ikkita deformatsiyalanuvchi jismlar to‘qnashuvi bo‘lib, bunda impulsning saqlanish qonuni bajariladi, energiyaning saqlanish qonuni bajarilmaydi. Chunki energiyaning bir qismi ichki energiyaga aylanadi va jismlar deformatsiyalanishi uchun sarf bo‘ladi.

➢ ***Jismlar noelastik to‘qnashgandan keyingi tezligi:***

⇒ Bir xil yo‘nalishda bo‘lsa: $U = \frac{m_1\vartheta_1 + m_2\vartheta_2}{m_1 + m_2}$

⇒ Qarama-qarshi yo‘nalishda bo‘lsa: $U = \frac{m_1\vartheta_1 - m_2\vartheta_2}{m_1 + m_2}$

➢ ***Jismlar markaziy elastik to‘qnashgandan keyingi tezligi:***

⇒ Bir xil yo‘nalishda bo‘lsa : $U_1 = \frac{2m_2\vartheta_2 - (m_2 - m_1)\vartheta_2}{m_1 + m_2}$; $U_2 = \frac{2m_1\vartheta_1 + (m_2 - m_1)\vartheta_2}{m_1 + m_2}$

⇒ Qarama-qarshi yo‘nalishda bo‘lsa:

$$U_1 = \frac{-2m_2\vartheta_2 - (m_2 - m_1)\vartheta_1}{m_1 + m_2} \qquad U_2 = \frac{2m_1\vartheta_1 - (m_2 - m_1)\vartheta_2}{m_1 + m_2}$$

Teng massali jismlar absolut elastik to‘qnashsa: $U_1 = \vartheta_2$ $U_2 = \vartheta_1$

➢ Jism yoki sistemadan uning biron-bir qismi ϑ tezlik bilan ajralib chiqishi natijasida jism yoki sitema qarama-qarshi yo‘nalishda harakatga kelishiga ***reaktiv harakat*** deyildi. Reaktiv harakat impulsning saqlanish qonuniga asosan ro‘y beradi. Ya’ni sistemaning qismini impulsi $\mathbf{P = m_{qis}\vartheta_{qis}}$ raketaning olgan impulsi $\mathbf{P = m_{raketa}\vartheta_{raketa}}$ ga teng bo‘ladi. $m_{gaz}\vartheta_{gaz} = m_{raketa}\vartheta_{raketa}$



ENERGIYA VA ISH

Kuchning jismni ko’chirishdagi ta’sirini xarakterlash uchun ***ish*** tushunchasi kiritiladi. Ish ***F*** kuchni vektor bilan xarakterlanaligan ***dS*** ko’chishga skalyar ko‘paytmasi bilan o‘lchanadi. Juda kichik ***dS*** ko’chish uchun

$$dA = F'dS = FdS\cos\alpha \ , \quad (3.1)$$

bu yerda α - kuch bilan ko’chish orasidagi burchak.

Ma’lum Yo‘lni bosilganda bajarilgan ishni topish uchun ***(6.1)*** ni butun Yo‘l bo‘yicha integrallash kerak:

$$A = \int F\cos\alpha \, dS \, , \quad (3.2)$$

bu yerda $F\cos\alpha$ - harakatlanuvchi kuch.

Agar ***F*** kuch ***dS*** ko’chishga perpendikulyar bo‘lsa, ish nolga teng bo‘ladi. Agar jism to‘g‘ri chiziq bo‘yicha doimiy kuch ta’sirida harakatlansa, ish quyidagiga teng bo‘ladi:

$$A = FS\cos\alpha \, , \quad (3.3)$$

Burchak $\alpha = 0$ bo‘lsa, ish shunday ifodalanadi:

$$A = FS. \quad (3.4)$$

Ish birligi XBS da ***1Joul***. ***1J= 1N*1m***.

Vaqt birligida bajarilgan ishga ***quvvat*** deyiladi. quvvat birligi

1 vatt. ***1Vt = 1J/1c***.

Ish tushunchasi bilan ***energiya*** tushunchasi juda yaqin bog‘langan. Energiya jismni yoki jismlar sistemasini ish bajarish kobiliyatini xarakterlaydi. Energiya ham XBS da ***Joul*** birligida o‘lchanadi. Mexanik energiya ikki — ***potensial va kinetik*** energiyalardan iborat.

Kinetik energiya jismning harakati bilan bog‘langan energiyadir va u jism tezligiga bog‘liq bo‘ladi:

$$E_{kin} = \frac{mV^2}{2} . \qquad (3.5)$$

Potensial energiya berilgan sistemadagi jismlarning o‘zaro vaziyati bilan bog‘langan energiyadir va shu sistema bir holatdan ikkinchi holatga utganda bajariladigan ish bilan o‘lchanadi. Og‘irlik kuchi maydonida yer yuzasidan ***h*** balandlikda turgan jism potensial energiyasi quyidagiga teng:

$$E_{pot} = mgh, \qquad (3.6)$$

bu yerda ***g*** - erkin tushish tezlanishi, ***m*** - jism massasi.

Berk (yopiq) sistemadagi jismning to’la energiyasi uning kinetik va potensial energiyalarining yig‘indisiga teng va o‘zgarmas bo‘ladi:

$$E = E_{kin} + E_{pot} \quad (3.7)$$

Bu ifoda ***energiyaning saqlanish qonuni*** deyiladi.

4-MAVZU: MUTLOQ QATTIQ JISM HARAKATI KINEMATIKASI VA DINAMIKASI.

Jismni ixtiyoriy harakatini ko‘rganda uni ikki asosiy harakat — ilgarilanma va aylanma harakatlarning yig‘indisi sifatida qarash mumkin, ya’ni umumiy ko’chish:

$$\boldsymbol{S = S_{ilg} + S_{ayl}}. \qquad (4.1)$$

Kattiq jismning bunday harakatini *yassi harakat* deyiladi. SHunga ko‘ra qattiq jism tezligini shunday yozish mumkin:

$$\boldsymbol{V = V_{ilg} + V_{ayl}}, \qquad (4.2)$$

bu yerda – $\boldsymbol{V_{ilg}}$,$\boldsymbol{V_{ayl}}$ ilgarlanma va aylanma harakat tezligi. Aylanish jarayonida har xil nuqtalarda har xil bo‘ladi:

$$\boldsymbol{V_{ayl} = \omega R}, \qquad (4.3)$$

bu yerda ω - burchak tezlik, $\boldsymbol{R}$ - nuqtaning radius-vektori. Demak, qattiq jismning murakkab harakatining tezligi shunday bo‘ladi:

$$\boldsymbol{V = V_{ilg} + \omega R}. \qquad (4.4)$$

Qattiq jism qo‘zg’almas o‘q atrofida aylanganda uning harakati uchun Nyutonning 2-qonunini tadbiq etish mumkin. Buning uchun qattiq jismning aylanma harakatini xarakterlaydigan ikki fizik kattalik—***kuch momenti M*** va ***inersiya momenti I*** kiritiladi.

Qattiq jismni aylantiruvchi kuchning momenti ***M*** deb, shu kuch ***F*** ning ko‘rilayotgan nuqtasidan aylanish o‘qigacha bo‘lgan ***R*** masofaga ko‘paytmasiga aytiladi:

$$\mathbf{M = FR}. \qquad \mathbf{(4.5)}$$

Kuch momentining birligi ***1N*m*** .

Biror jismning aylanish o‘qiga nisbatan ***inersiya momenti I*** deb, jism massasini shu o‘qqacha bo‘lgan masofa kvadrati ko‘paytmasiga aytiladi.

$$I = mR^2. \qquad (4.6)$$

Inersiya momentining birligi XBS da $1kg*m^2$

Endi ***aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi***ni shunday yozish mumkin:

$$M = I\frac{d\omega}{dt} = I\beta, \qquad (4.7)$$

bu yerda β- burchak tezlanish.

Ko‘rilgan ***(4.7)*** ifoda aylanma harakat uchun Nyutonning 2-qonunini ifodalaydi. Biz uchun yangi

$$L = I\omega. \qquad (4.8)$$

ifodani ***(4.7)*** ga qo’ysak,

$$M = \frac{dL}{dt}. \qquad (4.9)$$

ni hosil qilamiz. Bu yerda ***L*** kattalik ***impuls momenti*** deb ataladi. Ko‘rilgan ***(7.9)*** ifoda qattiq jismning aylanma harakatining asosiy tenglamasidir. Qattiq jism biror o‘qqa nisbatan aylanganda uning kinetik energiyasi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$E_{ayl} = \frac{I\omega^2}{2} \qquad (4.10)$$

Endi qattiq jismning yassi harakatidagi kinetik energiyasini shunday yozamiz:

$$E_{kin} = E_{ayl} + E_{ilg} = \frac{I\omega^2}{2} + \frac{mV^2}{2}. \qquad (4.11)$$

Bu ifodaning ma'nosi shuki, qattiq jism yassi harakatining kinetik energiyasi uning ilgarlanma harakati va aylanma harakatlarining kinetik energiyalarinig yig'indisiga teng.

JISMLAR DEFORMATSIYASI

Har qanday qattiq jism tashqi kuch ta'sirida o'z shakli va o'lchamlarini o'zgartiradi. Bu hodisaga ***deformatsiya*** deyiladi. Deformatsiyalar ***elastik*** va ***plastik*** bo'ladi. Agar tashqi kuch ta'siri to'xtagandan so'ng, jism dastlabki shakli va o'lchamlarini qayta tiklasa, bunday deformatsiya ***elastik deformatsiya*** deyiladi. Tashqi kuch ta'siri to'xtagandan so'ng jismda qoldiq deformatsiya qolsa, deformatsiya plastik bo'ladi. qattiq jismlardagi barcha deformatsiyalar ikki asosiy deformatsiyaga keltirilishi mumkin. Bu deformatsiyalar ***cho'zilish*** (yoki siqilish) va ***siljish deformatsiya***laridir. Elastik deformatsiyani ko'ramiz. Deformatsiyani xarakterlash uchun ***kuchlanish R*** kattaligi kiritiladi. Kuchlanish bo'ylama cho'zilish deformatsiyasida jismning yuza birligiga ta'sir etadigan kuchga teng.

$$P = \frac{F_n}{S}, \qquad (4.12)$$

bu yerda F_n - jism yuzasiga ta'sir etayotgan kuch, S —jism yuzasi.

Bo'ylama cho'zilishda jismning deformatsiya natijasida uzaygan qismi Δl ni jismning dastlabki uzunligi l_0 ga nisbatini ***nisbiy uzayish*** ε deyiladi va u kuchlanish R ga proporsional bo'ladi.

$$F_{el} = -kx = a P, \qquad (4.13)$$

bu yerda, a - elastiklik koeffitsienti deyiladi. Elastiklik koeffitsienti a ga teskari bo‘lgan kattalik ***Yung moduli*** yoki

elastiklik moduli deyiladi va ye harfi bilan belgilanadi. YUng moduli ye son jihatdan birga teng bo‘lgan nisbiy uzayishni hosil qilish uchun kerak bo‘ladigan kuchlanishga teng. Elastiklik koeffitsienti a son jihatdan bir birlik kuchlanish ta’siridagi nisbiy uzayishga teng. Elastik deformatsiyada jism potensial energiyaga ega bo‘ladi.

5-MAVZU: TEBRANMA HARAKATLAR VA TO‘LQINLAR

U yoki bu darajada takrorlanuvchanligi bilan ajralib turadigan jarayonlarga ***tebranishlar*** deyiladi. Takrorlanayotgan jarayonning fizik tabiatiga qarab tebranishlar mexanik, elektromexanik, elektromagnit va boshqalarga ajraladi. Biz mexanik tebranishlarni ko‘ramiz. Tebranishlar ***erkin*** (yoki xususiy) tebranishlar, ***majburiy*** tebranishlar, ***avtotebranishlar*** va ***parametrik*** tebranishlarga bo‘linadi.

Muvozanat holatidan chiqarilganidan so’ng, o‘zicha tebranadigan sistemadagi tebranishlarga ***erkin*** yoki ***xususiy*** tebranishlar deyiladi. Masalan, matematik mayatnikning tebranishi erkin tebranishlarga misol bo‘ladi.

Tebranishlar sinus yoki kosinus qonuni bo‘yicha sodir bo‘lsa, bunday tebranishlarga ***garmonik tebranishlar*** deyiladi. Garmonik tebranishlar tenglamasi shunday yoziladi:

$$X = A\cos\alpha = A\cos(\omega t + \varphi), \quad (5.1)$$

bu yerda A - amplituda, φ - tebranish fazasi, ω - doiraviy yoki siklik chastota.

Tebranish amplitudasi A deb tebranayotgan nuqtaning muvozanatdan chetga maksimal siljish kattaligiga aytiladi. ***Tebranish fazasi***ning fizik ma’nosi shundan iboratki, u vaqtning istalgan paytidagi siljishni, ya’ni tebranayotgan sistemaning holatini belgilaydi. Fazaning 2π rad o‘zgarishiga bir ***davr T*** ga teng

vaqt oraligi mos keladi. Vaqt birligidagi tebranishlar soni ***n*** ga ***chastota*** deyiladi. U ***T*** davr bilan shunday bog‘langan:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}. \qquad (5.2)$$

Tebranish chastotasining birligi ***1 Gers***. ***I Gers*** chastota bir sekunddagi nuqtaning tebranishlariga teng. Garmonik tebranma harakat qilayotgan jismning V tezligi ***(9.1)*** ifodadan vaqt bo‘yicha olingan hosilaga teng.

$$V = x' = -A\sin(\omega t + \varphi). \quad (5.3)$$

Agar ***(9.1)*** dan yana vaqt bo‘yicha hosila olsak, tebranayotgan nuqtaning tezlanishini topamiz:

$$W = x'' = A\cos(\omega t + \varphi). \quad (5.4)$$

YAna ***(9.1)*** ifodani sinus orqali ham yozish mumkin va tebranayotgan nuqta tezligi va tezlanishi uchun ***(9.2)*** va ***(9.3)*** ga o’xshash ifodalarni hosil qilish mumkin. ***Garmonik tebranma harakat***ning grafigi sinusoida yoki kosinusoidadan iborat bo‘ladi.

Erkin garmonik tebranishlarning differensial tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$x'' + \omega^2 x = 0. \qquad (5.5)$$

Bu tenglamaning yechimi shunday ko‘rinishga ega:

$$x = A\cos(\omega t + \varphi). \qquad (5.6)$$

Bu tenglama yechimini kosinus orqali ham yozish mumkin.

Tebranayotgan sistema tashqaridan madad olib turmasa, vaqt o‘tishii bilan so’nadi. Bunday holda so’nuvchi tebranishga ega bo‘lamiz, uning differensial tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x - \frac{r}{m}\frac{dx}{dt}, \qquad (5.7)$$

bu yerda r — muhitning qarshilik koeffitsienti, ***k*** - kvazielastik kuch koeffitsienti, ***t*** — moddiy nuqta massasi.

Tebranayotgan sistemaga tashqi kuch davriy ravishda ta’sir etsa, ***majburiy tebranishlar***ga ega bo‘lamiz. Bunday tebranishlarning differensial tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$F_0 \sin\omega_0 t - KX = -m\omega^2 X, \qquad (5.8)$$

bu yerda ***K*** - elastiklik koeffitsienti, ω - sistemaning xususiy chastotasi, F_0 - majbur etuvchi kuch amplitudasi, ω_0 - majbur etuvchi kuch chastotasi.

Majburiy tebranishlar amplitudasi majbur etuvchi kuchning chastotasiga bog‘liq bo‘ladi. Tebranayottan sistemaning xususiy chastotasi majbur etuvchi kuchning chastotasiga teng bo‘lganda tebranishlar amplitudasi maksimal qiymatga erishadi. Bu hodisaga ***rezonans*** deyiladi.

Bir yo‘nalishda bir xil davr bilan tebranayotgan ikki sistemaning tebranishining qo’shilishini ko‘ramiz.

$$X = X_1 + X_2 = A_1\cos(\omega t + \varphi_1) + A_2\cos(\omega t + \varphi_2). \qquad (5.9)$$

Bunday tebranishlarni qo’shilishini grafik ravishda ko‘rish mumkin. Buning uchun ikkala tebranish amplitudalarini ***x, u*** da fazalarni hisobga olib chiziladi.

So’ng A_1 va A_2 larni parallelogram qoidasi bo‘yicha ko’shiladi va natijaviy tebranish amplitudasi A topiladi va umumiy tebranish tenglamasi yoziladi.

Garmonik tebranma harakat qilayotgan har qanday sistema ma’lum tebranish energiyasiga ega bo‘ladi. Bu energiya quyidagicha ifodalanadi:

$$W = \frac{KA^2}{2}, \qquad (5.10)$$

bu yerda A - tebranish amplitudasi, K- elastiklik koeffitsienti.

Tebranayotgan sistemalarga misol sifatida ***matematik*** va ***fizik mayatniklar***ni ko‘rsatish mumkin. Ularning harakat tenglamasi quyidagicha:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \omega^2\varphi = 0 , \qquad (5.11)$$

bu yerda ω - mayatnikning burilish burchagi, ω - ikki mayatnik uchun har xil ko‘rinishga ega bo‘lgan kattalik. Bu tenglamaning yechimi quyidagicha:

$$\varphi = A\cos(\omega t + \omega_0). \qquad (5.12)$$

Matematik mayatnik uchun tebranish davri shunday ko‘rinishga ega:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} , \qquad (5.13)$$

bu yerda l - matematik mayatnikning uzunligi, g - erkin tushishi tezlanishi.

Fizik mayatnik uchun tebranish davri quyidagicha bo‘ladi:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgL}} , \qquad (5.14)$$

bu yerda I- fizik mayatnikning inersiya momenti, t – massasi , L - fizik mayatnikning osilish nuqtasi bilan massa markazi orasidagi masofa.

TO'LQINLAR

Tebranishlarning fazoda tarqalishiga ***to'lqin*** deb ataladi. To'lqinlar ikki xil bo'ladi: ***kundalang*** va ***buylama to'lqinlar***. Kundalang to'lqinlarda muhitning zarralari to'lqin tarqalayotgan yo'nalishga perpendikulyar yo'nalish bo'ylab tebranadi. To'lqin uzunligi λ, to'lqin tezligi V, tebranish davri T va chastotasi n orasida quyidagi boglanish bor:

$$V = \lambda n. \qquad (5.15)$$

Elastik muhitda tarqalayotgan ko'ndalang to'lqin tezligi formula bilan ifodalanadi:

$$V_e = \sqrt{\frac{G}{\rho}}, \qquad (5.16)$$

bunda G -siljish moduli (ko'ngdalang elastiklik moduli), ρ - muhit zichligi.

Bo'ylama to'lqin tezligi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$V_b = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \qquad (5.17)$$

bu yerda ye - Yung moduli.

II. BOB. MOLEKULYAR FIZIKA

6-MAVZU: MOLEKULAR FIZIKA ASOSLARI.

Molekulyar fizika, fizikaning bir bo'limi bo'lib, moddaning tuzilishi va xossalarini molekulyar-kinetik tasavvurga asoslanib o'rganadi. Bu tasavvurga asosan qattiq, suyuq yoki gaz holatidagi har qanday modda juda mayda zarrachalardan — ***molekulalar***dan iborat. Bu zarralar tartibsiz harakatdadir. Ularning intensivligi temperaturaga bog'liqdir. Jism zarralarining to'xtovsiz harakatdaligini Broun tajribalar asosida kuzatdi.

Molekulyar - kinetik nazariyaning maqsadi jismlarning bevosita tajribada kuzatiladigan xossalarini *(R,T* va h.k.) molekulalar ta'sirining umumiy natijasi sifatida talqin qilishdan iborat. Bunda, bu nazariya ayrim molekulalarnig harakati bilan emas, balki zarralarning juda katta to'plami harakatini xarakterlaydigan faqat o'rtacha miqdorlar bilangina ish ko'rib, ***statistik metod***dan foydalanadi. SHuning uchun ham molekulyar-kinetik nazariyadan farqli ravishda ***termodinamika*** jismlarning va tabiat hodisalarining makroskopik xossalarini ularning mikroskopik manzarasiga e'tibor bermay o'rganadi. Termodinamika molekula va atom tushunchalaridan foydalanmay va protsesslarni mikroskopik nuqtai nazardan tekshirmay turib ham bu protsesslarning borishi to'g'risida qator xulosalar chiqarishga imkon beradi. Termodinamikada juda ko'p tajribalardan olingan faktlarni umumiylashtirish orqali bir nechta qonunlar asos qilib olingan. SHuning uchun ham termodinamika xulosalari juda umumiy xarakterga ega. Modda holatining o'zgarishlarini tekshirishga turli xil nuqtai nazardan yondashib termodinamika bilan molekulyar-kinetik nazariya bir-birini to'ldiradi va aslida borib birlashib ketadi.

MODDA HOLATI HAQIDA TUSHUNCHA

Tekshirilayotgan jismlar to'plamini biz ***jismlar sistemasi*** yoki soddagina qilib ***sistema*** deb ataymiz. Masalan, suyuqlik va u bilan, muvozanatdagi bug. Xususiy holda, bitta jism ham sistemani tashqil qiladi. Har xanday sistema ***T, R, V*** parametrlari bilan farq qiluvchi holatlarda bo'lishi mumkin. Sistemaning holatini xarakterlovchi bunday fizik kattaliklarga ***holat parametrlari*** deb ataladi. Sistemaning muvozanat holati deb shunday holatga aytiladiki, bu holatda sistemaning barcha parametrlari tayin bir qiymatlarga ega bo'ladi. Bu qiymatlar tashqi sharoit (sistemani o'rab turgan) o'zgarmasa istalgancha vaqt davomida o'zgarmasdan qoladi.

Agar koordinata o'qlariga qandaydir ikki parametr qiymatlari qo'yilib chiqilsa, u holda sistemaning istalgan muvozanat holatini o'sha grafikda 1 ta nuqta bilan tasvirlash mumkin. Muvozanatsiz holatni bunday tasvirlab bo'lmaydi, chunki

muvozanatsiz holatda hech bo‘lmaganda holat parametrlaridan bittasi tayinli bir qiymatga ega bo‘lmaydi.

Sistemaning 1- muvozanat holatidan 2- muvozanat holatiga o‘tishii jarayondir. Muvozanat holatlarning uzluksiz ketma-ketligidan iborat bo‘lgan protsess ***muvozanatli jarayon*** deb ataladi. Juda sekin o’tadigan protsessgina (porshenni sekin siqish) muvozanatli protsess bo‘ladi, shuning uchun muvozanatli protsess abstraksiyadir.

Muvozanatli protsessni grafikda tegishli egri chiziq bilan tasvirlash mumkin. Muvozanatsiz protsesslarni grafikda shartli ravishda punktir egri chiziq bilan tasvirlaymiz. Muvozanat holat va muvozanatli protsess tushunchalari termodinamikada katta rol o’ynaydi. Termodinamikaning barcha miqdoriy xulosalarini faqat muvozanatli protsesslargagina kullash mumkin.

TEMPERATURA

Jismlarning hajm, elektr qarshiligi va shu kabi qator xossalari temperaturaga bog‘liq. Temperaturani miqdoriy aniqlashda bu xossalarning har biridan foydalanish mumkin. Temperaturani o’lchash uchun tanlab olingan jismni (termometrik jism) eriyotgan mo‘z bilan issiqlik muvozanati holatiga keltiramiz, jismning bu holatdagi temperaturasini ***0 gradus*** deb olamiz va jismning temperaturasini o’lchash uchun biz qo’llamoqchi bo‘lgan xossasini (temperatura belgisini) miqdoriy jihatdan xarakterlaymiz. Bunday belgi sifatida jismning hajmi tanlab olingan va uning ***0°*** dagi qiymati V_0 ga teng deb faraz qilamiz. So’ngra usha jismning o‘zini atmosfera bosimi ostida kaynayotgan suv bilan issiqlik muvozanati holatiga keltiramiz, bu holatda uning temperaturasi ***100°*** ga teng deb olamiz va unga mos keladigan V_{100} hajmni aniqlaymiz. Bu tanlab olgan temperatura belgisi (bu misolda — hajm) temperatura o‘zgarishi bilan chiziqli o‘zgaradi deb hisoblab, termometrik jismning hajmi V bo‘lgan holatda uning temperaturasi quyidagiga teng bo‘ladi deb yozish mumkin.

SHu tariqa topilgan temperatura shkalasi ma’lumki, ***Selsiy shkalasi*** deb ataladi.

Temperaturani o’lchash uchun hajm emas, balki biror boshqa belgi olinganda ham yuqoridagiga o’xshash fikrni aytish mumkin. Temperaturani aytib o’tilgan usul bilan darajalab olib, undan temperaturani o’lchash uchun foydalanish mumkin. Buning uchun termometrni temperaturasi o‘lchanayotgan jism bilan issiqlik muvozanati holatiga keltirish kerak.

Tabiatda har xil bo‘lgan termometrik jismlardan (simob, spirt) yoki turli xil temperatura belgilaridan (hajm, elektr karshilik) foydalanuvchi termometrlarni taqqoslaganda ularning ko‘rsatishlari darajalash tufayli ***0°*** da va ***100°*** da bir xil bo‘lib boshqa temperaturalarda farq qiladi. Bundan shunday xulosa chikadiki, temperaturalar shkalasini bir qiymatli aniqlash uchun darajalash usulidan tashqari, yana termometrik jism va temperatura belgisini qanday tanlash haqida hali kelishib olish kerak. Temperaturalarni empirik shkala deb ataluvchi shkalasini aniqlashda, bularning qanday tanlab olinishini keyingi mavzularda o’tamiz. SHuni aytib o’tamizki, termometrik jismning xossalariga bog‘liq bo‘lmagan shkala termodinamikaning 2- qonuniga asosan aniqlanadi. Bu shkala temperaturalarini ***absolyut shkalasi*** deb ataladi.

7-MAVZU: GAZLAR KINETIK NAZARIYASI.

Molekulyar-kinetik nazariya modda holatining eng sodda holi bo‘lgan gaz holatini talqin qilishda katta yuto‘qlarga erishdi. Bu nazariya soddalashtiruvchi bir qator farazlar kiritilgan sharoitdagi o‘zining eng elementar ko‘rinishida ham gaz holatining asosiy xossalarini va gazlarda bo‘ladigan hodisalarni sifat jihatidan emas, balki miqdor jihatidan ham izoxlab bera oladi.

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

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

2. Gaz molekulasining o’lchami juda kichik, shuning uchun gaz molekulalarining xususiy hajmi idishda egallangan hajmidan juda kichik va ular shar shaklida.

Bu modeldan gazning har bir molekulasi hamma vaqt erkin harakatda va ba’zan boshqa molekulalar bilan yoki idish devorlari bilan elastik ravishda to‘qnashib turadi. Bu model biz bilamizki, ideal gaz modelidir. YAna shuni e’tiborga olamizki gaz molekulalari tartibsiz xaotik harakatda bo‘lganidan ular barcha yo‘nalishlar bo‘yicha bir xil ehtimollik bilan harakat qiladilar. Bunday fikrga kelishimizga yana bir sabab, gaz idish devorlariga hamma joyda bir xil bosim ko‘rsatadi. Agar bordi-yu, molekulaning biror yo‘nalish bo‘yicha harakati ustunlik kilganda unda gaz devorining shu yo‘nalishi tomonida yotgan qismiga ko’proq bosim ko‘rsatar edi.

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

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

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

Idish devoriga kelib urilganda molekula devoriga kuch dp impuls beradi, bu impulsning son qiymati, molekula miqdorining o‘zgarishiga teng. Devor sirtining

har bir ***dS*** elementini ko'p miqdordagi molekulalar doimiy ravishda bombardimon qilib turadi. Buning natijasida *dS* element ***dt*** vaqt ichida ***dS*** ga normal bo'yicha yo'nalgan ***dp*** yig'indi impuls oladi. Mexanikadan ma'lumki,

$$F = P*S . \qquad (7.1)$$

S ga ta'sir etuvchi kuchga,

$$P = \frac{F}{S} , \qquad (7.2)$$

esa, bosimga tengdir. Bu elementar tushunchalardan foydalanib idish devoriga urilayotgan molekulalarning usha idish devoriga beradigan bosimini hisoblasak, quyidagi ifodani hosil qilamiz.

$$R = \frac{1}{3} nmv^2 , \qquad (7.3)$$

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

$$P = \frac{2}{3} nE_{kin} , \qquad (7.4)$$

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

$$E_{kin} = \frac{3}{2} k T , \qquad (7.5)$$

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

SHunisi qiziqki, E_{kin} faqat temperaturaga bog'liq bo'lib, molekulaning massasiga bog'liq emas. ***(7.5)*** dan ko'rinadiki, temperaturaning absolyut shkalasi

(Bolsman shkalasi) bevosita fizik ma’noga ega bo‘lib qoladi. Absolyut 0^0 temperaturada molekulaning ilgarilama harakati butunlay to’xtab holadi. Lekin bu temperaturada molekula va atomlar ichidagi harakat to’xtamaydi. Agar tekshirayotgan gaz bir turli emas, balki har xil gaz aralashmasi bo‘lsa, R_1 , R_2 , R_3 va hokazo bu bosimlar ***parsial bosimlar*** deyiladi.

$$P = P_1 + P_2 + ... + P_n . \qquad (7.6)$$

(7.6) Dalton qonunining ifodasidir,ya’ni ***ideal gazlarda parsial bosimlarning yig‘indisi butun gaz aralashmasining bosimiga tengdir.***

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

$$E_{kin0} = \frac{1}{2} kT . \qquad (7.7)$$

bo‘ladi.

Gaz molekulasining erkinlik darajasi

$$i = i_{ayl} + i_{teb}\ , \qquad (7.8)$$

ga teng.

Tebranma harakatda ham kinetik, ham potensial energiya bo‘ladi. SHuning uchun

1 atomli molekulada $i = 3$.

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

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

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

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

Aytilganlardan xulosa qilib, molekulalarning tezliklari asosan eng katta ehtimolli biror qiymatga yaqin bo‘ladi deyish mumkin. Gaz molekulalarining

tezliklari bo‘yicha taqsimlanishini nazariy Yo‘l bilan Maksvell topgan bo‘lib, uning ko‘rinishi

$$dn = \frac{4}{\sqrt{\pi}} n v_0^2 e^{-v_o^2} dv_0, \qquad (7.9)$$

(3.9) ga ***Maksvell taqsimot funksiyasi*** deyiladi (bu yerda $v_0 = \frac{v}{v_э}$ - nisbiy tezlik, v_o - oniy tezlik, v_e – eng katta ehtimolli tezlik). Taqsimot funksiyasi gazning turiga va holat parametri ***T*** ga bog‘liq ekan, lekin ***R*** va ***V ga*** bog‘liq emas. Taqsimot funksiyasining maksimum qiymatiga mos keluvchi tezlikning ehtimoli ravshanki eng katta bo‘ladi. Uni eng ehtimolli tezlik deyiladi.

$$v_e = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} \approx 1.41\sqrt{\frac{RT}{\mu}}. \qquad (7.10)$$

Maksvell taqsimot funksiyasidan foydalanib, molekulyar fizikada muhim rol o’ynaydigan kattaliklar: o’rtacha arifmetik tezlik <v>, o’rtacha kvadratik tezlik v_{kv} ni topish mumkin;

$$<v> = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \approx 1.60\sqrt{\frac{RT}{\mu}}. \qquad (7.11)$$

$$v_{kv} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \approx 1.73\sqrt{\frac{RT}{\mu}}. \qquad (7.12)$$

Endi gaz tashqi maydonda masalan, og‘irlik kuchi maydonida bulsin. Bu holda gazning bosimi hamma yerda har xil bo‘ladi. Bu holni L. Bolsman o‘rgangan va gaz molekulalarining og‘irlik kuchi maydonida taqsimlanishi uchun shunday formula chiqargan:

$$n = n_0 * exp(-\frac{E_P}{kT}) \cdot \qquad (7.13)$$

bu yerda: E_r— potensial energiya, p_a — potensial energiya nol bo‘lgan nuqtadagi molekulalarning zichligi.

Bu formula ***Bolsman formulasi*** deyiladi va u gazning zichligini potensial energiya bilan o‘zgarishini ko‘rsatadi. Gaz bosimi molekulalar zichligidan kT o‘zgarmas kattalik bilan farq qiladi.

SHuning uchun (3.13) formulani shunday yozish mumkin:

$$p = p_0 * exp(-\frac{E_P}{kT}). \qquad (7.14)$$

Erdan h balandlikda molekulaning potensial energiyasi

$$E_p = mgh. \qquad (7.15)$$

bo‘ladi. Shu sababli (7.14) ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$p = p_0 * exp(-\frac{mgh}{kT}). \qquad (7.16)$$

Bu formulani ***barometrik formula*** deyiladi, bunda r_0 - *ye*r sathidagi gaz bosimi.

MOLEKULA ERKIN YUGURISH YO‘LINIG O’RTACHA UZUNLIGI

Gaz molekulalari betartib issiqlik harakati sababli bir — birlari bilan to‘qnashib turadilar. Bu to‘qnashishlar orasida molekulalar biror Yo‘lni bosadilar. SHu sababli molekulalarning ***o’rtacha yugurish Yo‘li*** tushunchasi kiritilgan. Uni $<\lambda>$ bilan belgilanadi. Hisobga ko‘ra $<\lambda>$ quyidagiga teng:

$$<\lambda> = \frac{1}{\sqrt{2}\pi\sigma^2 n}. \qquad (7.16)$$

bu yerda σ — molekulaning effektiv diametri, p — hajm birligidagi molekulalar soni.

8-MAVZU: REAL GAZLAR

Fransuz fiziklari Renyu, Amaga va boshqalarning tajribalari ideal gaz qonunlari yuqori bosimlarda real gazlar uchun uncha to‘g‘ri natija bermasligini ko‘rsatdi. Gaz qancha ko‘proq siqilgan bo‘lsa, ideal gaz qonunlaridan chetlanish shuncha ko‘proq kuzatiladi. Ideal gaz qonunlarini real gazlarga ham qo‘llash uchun unga tuzatma kiritish lozim. Ana shunday tuzatma gollandiyalik fizik Van-der-Vaals tomonidan 1873 yilda kiritilgan.

Ma’lumki, ideal gazlarning holati Mendeleev-Klapeyron tenglamasi bilan aniqlanadi. Bir mol ideal gaz uchun bu tenglama

$$PV = RT \quad (8.1)$$

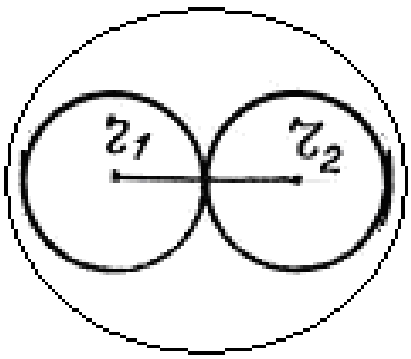
ko‘rinishda yoziladi.

Real gazlar ideal gazlardan molekulalari xususiy hajmga ega ekanligi va molekulalararo ta’sir borligi bilan farq qilganliklari uchun, real gaz tenglamasini yozishda bu farqlarni hisobga olish kerak.

Eng avvalo, real gazlarning molekulalari ma’lum hajmga ega bo‘lganliklari uchun, gazning egallagan butun hajmidan shu gaz molekulalarining xususiy hajmini xarakterlaydigan biror b kattalikni ayirish kerak. Mendeleev-Klapeyron tenglamasida V o‘rniga, V-b ni olmoq lozim.

Van-der-Vaals tenglamasidagi molekulaning hajmini hisobga oluvchi b tuzatma bilan molekulaning xususiy hajmi V_0 o‘rtasidagi bog‘lanishni quyidagicha topish mumkin.

Ikki molekula to‘qnashganda ular bir-biriga radiuslarining yig‘indisi r_1+r_2 masofagacha yaqinlashadi. Radiuslari r_1 va r_2 bo‘lgan to‘qnashuvchi molekulalar uchun bu hajm(1-rasm)



1-rasm

$$b = kn\frac{4}{3}\pi\left(r_1 + r_2\right)^3 \quad (8.2)$$

ga teng. Bu yerda k – to‘qnashuv doimiysi, n – hajm birligidagi to‘qnashuvchi zarralar soni. To‘qnashuvda faqat ikkita molekula qatnashadi ya’ni n=2 deb hisoblansa, $k = \frac{1}{2}$ va to‘qnashuvchi molekulalarning o‘lchami r_1=r_2=r bir xil bo‘lsa

$$b = k\frac{4}{3}\pi\left(2r\right)^3 \approx 4V_0 \quad (8.3)$$

kelib chiqadi. Shunday qilib, Van-der-Vaals tenglamasidagi hajmga kiritilgan tuzatma molekulaning xususiy hajmidan to‘rt marta katta ekan.

Real gazlar molekulalari orasidagi masofa r=r_0 dan katta bo‘lgan oraliqlarda o‘zaro tortishganliklari sababli idish devoriga yaqin molekulalar o‘rtaroqdagi molekulalarga tortiladi va shuning natijasida qo‘shimcha ichki bosim paydo bo‘ladi. Bu ichki bosim idish devori yaqinidagi yuza birligiga to‘g‘ri kelgan molekulalar soni n ga proporsional. Bu molekulalar soni esa o‘z navbatida hajm birligidagi molekulalar soni n ga proporsional. Shunday qilib, gaz molekulalarining tortishuvi tufayli hosil bo‘ladigan qo‘shimcha ichki bosim hajm birligidagi gaz molekulalarining soni n ning kvadratiga to‘g‘ri proporsional. Hajm birligidagi zarralar soni $n \approx \frac{1}{V}$ bo‘lganligi uchun, qo‘shimcha bosim $P_k^{'} = \frac{a}{V^2}$ deb olish mumkin. Bunda a – proporsionallik koeffitsienti.

Shunday qilib, 1 mol real gaz uchun Van-der-Vaals tenglamasi

$$\left(P+\frac{a}{V_m^2}\right)\left(V_m-b\right)=RT \quad (8.4)$$

bo‘ladi. Bu yerda R – bir mol gazga tegishli gaz universal doimiysi, V gazning molyar hajmi, a va b lar esa berilgan gaz uchun Van-der-Vaals doimiylari. Turli xil gazlar uchun a va b larning qiymatlari turlicha bo‘ladi. b kattalik molyar hajm birligida o‘lchanadi. a ning o‘lchamini quyidagicha topish mumkin. $\frac{a}{V^2}$ ifoda ichki bosimni ifodalaydi va shuning uchun u N/m^2 larda ifodalanadi. U holda

$$a = P'V^2 = H/м^2 \frac{M^6}{моль^2} = НМ^4/моль^2$$

birlikda o‘lchanadigan fizik kattalikdir.

Istalgan $\nu=\frac{m}{\mu}$ miqdordagi gaz uchun Van-der-Vaals tenglamasi

$$\left(P+\frac{m^2}{\mu^2}\frac{a}{V^2}\right)\left(V-\frac{m}{\mu}b\right)=\frac{m}{\mu}RT \quad (8.5)$$

ko‘rinishda bo‘ladi. Bu yerda V – gazning egallagan hajmi.

Real gazlar holatini ifodalovchi Van-der-Vaals tenglamsi yagona tenglama emas. Yuz va ming atmosferalarda Van-der-Vaals tenglamasi bo‘yicha olingan natijalar tajribada olingan natijalar bilan to‘la mos kelmaydi. Bu fakt shuni ko‘rsatadiki, Van-der-Vaals tenglamasi ham real gazning xususiyatini to‘la ifodalamas ekan, yana qo‘shimcha parametrlar kiritishga to‘g‘ri keladi. Shuning uchun ham boshqa olimlar ham real gazlar holatini ifodalovchi tenglamalarni taklif etishgan. Masalan:

Bertlo tenglamasi

$$\left(P+\frac{a}{TV^2}\right)\left(V-b\right)=RT \quad (8.6)$$

Kamerling-Onnes tenglamasi

$$PV = RT\left(1 + \frac{B_2}{V} + \frac{B_3}{V^2} + ...\right) \quad (8.7)$$

Diterchi tenglamasi

$$P(V - b) = RT \cdot e^{-\frac{a}{RT \cdot b}} \quad (8.8)$$

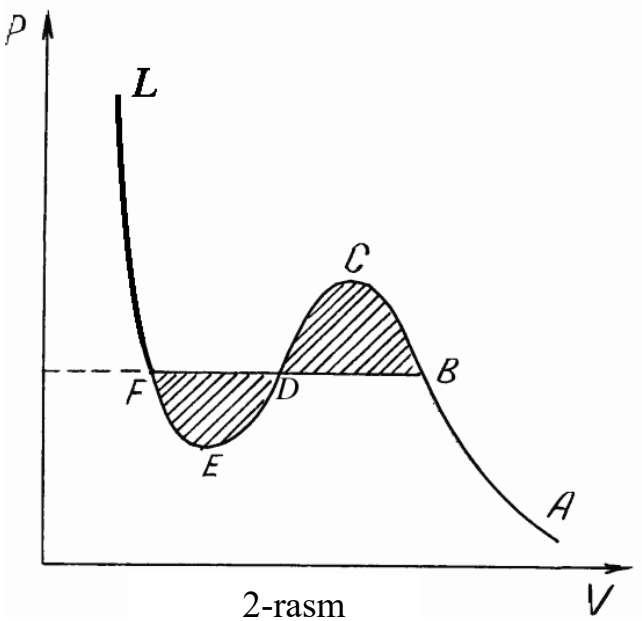
kabilarni misol keltirish mumkin. Lekin bu tenglamalar orasida Van-der-Vaals tenglamasi real gazlar holatini ifodalovchi eng ko‘p qo‘llaniladigan va reallikni aniqroq aks ettiradigan tenglamadir.

Van-der-Vaals izotermalari

Van-der-Vaals tenglamasini V ga nisbatan yechsak

$$V^3 - \left(b + \frac{RT}{P}\right)V^2 + \frac{a}{P}V - \frac{ab}{P} = 0 \quad (8.9)$$

hosil bo‘ladi. Bu tenglama V ga nisbatan uchinchi darajali tenglama bo‘lganligi tufayli gaz bosimi qiymatining o‘zgarishi bilan gazning hajmi bitta yoki uchta ildizga ega bo‘ladi. Ma’lum gaz uchun berilgan temperaturadagi Van-der-Vaals nazariy izotermasini chizsak $ABCDEFL$ egrisini hosil qilamiz (2-rasm).



2-rasm

Bu grafikdan ko‘rinadiki, gaz hajmining kamayishi bilan (AV – qismda) uning bosimi orta boradi. Bu holda gaz deyarli Boyl-Mariott qonuniga bo‘ysungandek

tuyuladi. Lekin eks-perimental izotermada gazning hajmi ma’lum *V* nuqtaga yetgandan boshlab real gazning to‘yingan bug‘i hosil bo‘lib, gaz suyuqlikka aylana boshlaydi. (Bunday jarayonga kondensatsiyalanish deb aytiladi).

Bu holdagi bug‘ning bosimi faqat temperaturaga bog‘liq bo‘lib, barcha bug‘ suyuqlikka aylanguncha hajmning kamayishi bilan uning bosimi doimiy qoladi. *F* nuqtada kondensatsiyalanish jarayoni tugab, barcha bug‘ suyuqlikka aylanib bo‘ladi. Hajmning yanada kamaytirilishi suyuqlik bosimining keskin ortishiga olib keladi. Bu soha *FL* chizig‘i bilan xarakterlanadi.

Van-der-Vaals izotermasidagi *BCDEF* soha turg‘un bo‘lmagan gaz holatini ifodalab, suyuqlik va bug‘ aralashmasidan iborat. Grafikdagi *VS* qism gazning siqilish darajasi to‘yingan bug‘ hosil qilish darajasiga erishganligiga qaramay u hali kondensatsiyalashib ulgurmagan holatni ifodalaydi. Shuning uchun ham bu holatga o‘ta to‘yingan bug‘ deyiladi. Bu izotermadagi *FE* holatga amalda erishish juda murakkab. Bu holat *LF* holatning davomidan iborat bo‘lganligi uchun bu holatga o‘ta qizigan suyuqlik ham deb ataydilar.

Nazariy izotermadagi *DS* holat deyarli amalda hosil qilib bo‘lmaydigan, nostabil holatdir. *FE* va *VS* holatlarga nostabil holat deyiladi.

Tajribada Van-der-Vaals nazariy izotermasining *FECB* qismlari kuzatilmasdan faqat *LFDBA* izoterma kuzatiladi. Ammo *FDB* chizig‘ining vaziyatini Van-der-Vaals tenglamasidan aniqlab bo‘lmaydi. Boshqacha aytganda, berilgan temperaturadagi to‘yingan bug‘ bosimining muvozanatli P_m qiymatini aniqlab bo‘lmaydi.

Van-der-Vaals izotermasidagi bu bosim holatini aniqlash usulini Maksvell ko‘rsatgan edi. Uningcha *F* holatdan *B* holatga o‘tishi *FEDCB* Yo‘l bilanmi yoki *FDB* Yo‘l bilanmi amalga oshirilishidan qat’iy nazar bir xil ish bajarilishi kerak. Shunday ekan *PV* diagrammadagi *FED* chiziqlar bilan chegaralangan yuza *DCB* chiziqlar bilan chegaralangan yuzaga teng bo‘lishi kerak. Ana shu yuzalarning tenglik shartidan *FDB* chiziqning holati topiladi.

9-MAVZU: ISSIQLIK MIQDORI. TEMPERATURA.

Jismning kinetik va potensial energiyalarining yig‘indisiga ***ichki energiya*** deyiladi.

Molekulyar fizikada ideal gaz molekulalarining potensial energiyalari hisobga olinmaganligi sababli ideal gaz kenetik energiyasi uning ichki energiyasiga taqriban teng deb olish mumkin → $U \approx E_k$

Solishtirma issiqlik sig’imi

- Issiqlik uzatilishi jarayonida jismning olgan yoki yo‘qotgan ichki energiya miqdoriga ***issiqlik miqdori*** deyiladi.

Berilgan moddani haroratini 1K ga oshirish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdoriga issiqlik sig’imi deyiladi. → $\boldsymbol{Q = mC}$

- Berilgan 1kg massali moddani haroratini 1K ga oshirish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdoriga ***solishtirma issiqlik sig’imi*** deyiladi:

$$\boldsymbol{Q = mc(t_2 - t_1);\ \ Q = mc\Delta t;\quad \Delta t = t_2 - t_1 - harorat\ farqi}$$

$\boldsymbol{c}-$ solishtirma issiqlik sig’imi

Suvning solishtirma issiqlik sig’imi $c = 4200\,\frac{J}{kg}$ ga teng

$\boldsymbol{t_{um} = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}}$	Bir xil moddalar aralashmasining haroratini aniqlash
$\boldsymbol{t_{um} = \frac{t_1 + t_2}{2}}$	Bir xil suyuqliklar har xil haroratda va bir xil massaga ega bo‘lsa ularni aralashtirilganda hosil bo‘lgan haroratni topish formulasi
$\boldsymbol{t_{um} = \frac{m_1 c_1 t_1 + c_2 m_2 t_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2}}$	Turli xil moddalar aralashmasining haroratini aniqlash
$\boldsymbol{\Delta t = \frac{\vartheta^2}{2c}}$	ϑ tezlikda kelayotgan avtomobil tormoz berganda avtomobil kolotkalarining

	qanchaga qiziganligini aniqlash
$\Delta t = \frac{\vartheta^2}{2c} = \frac{E}{2mc} = \frac{gh}{c}$ $\Delta t = \frac{I^2 Rt}{2mc} = \frac{Nt}{2mc}$	Turli holatlarda c solishtirma issiqlik sig'imiga ega bo'lgan suyuqlikni Δt ga isitishini aniqlash
$\eta = \frac{m_{suv} c \Delta t}{m_{yoqilg'i} q}$	Qozonning issiqlik berish qobiliyatini aniqlash
$\eta = \frac{m_{suv} c \Delta t}{I^2 Rt}$	Foydali ish koeffitsienti η bo'lgan elektr choynakda suvni Δt ga isitishda formula
$\eta = \frac{SN}{\vartheta q m_{yoqilg'i}}$	Avtomobil ϑ tezlikda yoqilg'I sarflasa motorining FIK ni aniqlash

Solishtirma erish issiqligi

Erish haroratida olingan 1kg massali moddani to'liq eritish uchun kerak bo'ladigan issiqlik miqdoriga ***solishtirma issiqligi*** deyiladi.

$$Q = m\lambda\ ;\ \lambda - \textbf{solishtirma erish issiqligi}.$$

Muzning solishtirma erish issiqligi $\lambda = 330000 \frac{J}{kg}$ ga teng

- Qattiq jismning suyuq holatga o'tishii jarayoni erish deyiladi.
- Kristallarning amorf moddalardan farqi shundaki, ular aniq erish temperaturasiga ega.
- Kristalll jismlarning erish jarayonida temperaturasi o'zgarmaydi. Jumladan muz to'la ravishda suvga aylangunga qadar, uning temperaturasi o'zgarmaydi, ya'ni 0℃ ga tengligicha qoladi.
- 1kg moddani o'zgarmas temperaturada va o'zgarmas bosimda eritish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdoriga teng bo'lgan kattalikka solishtirma erish issiqligi deyiladi.
- Ko'pchilik moddalarning erish paytida hajmi ortib qotish paytida esa hajmi kamayadi.

- Ba’zi moddalarning erish paytida hajmi kamayib qotayotganda ortadi.
- Erish issiqligi jism massasiga to‘g‘ri proporsional : $\boldsymbol{Q = m\lambda}$ bu yerda $\lambda -$ jismning solishtirma erish issiqligi
- Jism eriyotganda temperaturasi o‘zgarmaydi.
- Eriyotganda issiqlik yutiladi va jismning ichki energiyasi ortadi.
- Jism qotayotganda issiqlik ajralib chiqadi va jismning ichki energiyasi kamaydi.

Solishtirma bug’lanish issiqligi

Qaynash haroratida olingan 1kg massali moddani to’la bug’lantirib yuborish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdoriga ***solishtirma bug’lanish issiqligi*** deyiladi.

$$\boldsymbol{Q = mL}$$

$L -$solishtirma bug’lanish issiqligi. Suv uchun $L = 2.3 \cdot 10^6 \frac{J}{kg}$

- Moddaning suyuq holatdan gaz holatiga o‘tishi jarayoniga ***bug’lanish*** deyiladi.
- Moddaning gazsimon holatidan suyuq holatga o‘tishi jarayoniga ***kondensatsiya*** deyiladi.
- Bug’ hosil bo‘lish jarayoni modda ichki energiyasining ortishi bilan bog‘liq bo‘lsa, kondensatsiya jarayoni modda ichki energiyasining kamayishi bilan bog‘liq bo‘ladi. Ravshanki bug’ hosil bo‘lishi ham, kondensatsiya ham, modda bilan uni o’rab turgan muhit orasida energiya almashinishi mavjud bo‘lgan holdagina ro‘y beradi.
- Bug’lanish jarayoni molekulalarning kinetik energiyasi hisobiga sodir bo‘lganligi sababli, bug’lanish ro‘y berayotgan suyuqlikning temperaturasi doimo pasayadi.
- Qattiq jismlarning bug’lanishiga sublimatsiya deyiladi. Qattiq jismning sublimatsiyasini hididan bilish mumkin. Naftalin yoki kofening hidini eslash kifoya.
- Bug’lanish jarayoni hamma temperaturalarda ro‘y beradi.
- O‘zgarmas temperatura va o‘zgarmas bosimda birlik massadagi suyuqlikni to’la bug’lantirish uchun zarur bo‘ladigan issiqlik miqdoriga solishtirma bug’lanish issiqligi deyiladi.

- O‘z suyuqligi bilan dinamik muvozanatda bo‘lgan bug’ga to’yingan bug’ deyiladi.
- To’yingan bug’ bosimi hajmga bog‘liq emas, u temperaturaga bog‘liq: P=nkT
- Gazni siqish Yo‘li bilan suyuqlikka aylantirib bo‘lmaydigan eng past temperaturaga kritik temperatura deyiladi.

Solishtirma yonish issiqligi

Berilgan 1kg massali yoqilg’i to’liq yonib tugaganda, undan ajralib chiqqan issiqlik miqdoriga teng bo‘lgan fizikaviy kattalikka ***solishtirma yonish issiqligi*** deyiladi.

$\boldsymbol{Q = mq}$; $\boldsymbol{q}$ **−solishtirma yonish issiqligi**

Yoqilg’idan ajralib chiqqan issiqlik miqdori, yoqilg’ining ichki energiyasi hisobiga hosil bo‘ladi.

Solishtirma yonish issiqligi turli moddalar uchun har-xil qiymatga ega.

- Metall disk o’rtasidan doira ko‘rinishida bo‘lak qirqib olingan. Agar disk isitilsa, tirqish kengligi kattalashadi. Sovitilsa, kichrayadi, chunki ixtiyoriy ikki nuqta orasidagi masofa issiqlikdan ortadi, sovisa kichrayadi. Demak tirqish diametri ham shunday
- Metal halqadan d qirqim qirqib olindi agar jism isitilsa bu masofa ortadi. Sovitilsa kichrayadi. Chunki ixtiyoriy ikki nuqta orasidagi masofa issiqlikdan ortadi. Sovisa kichrayadi. Demak qirqim ham shunday.
- Metall diskning sektor ko‘rinishidagi qismi qirqib olingan. Agar disk sovitilsa yoki isitilsa metal xalqani o’lchami kichrayadi yoki kattalashadi. α burchak o‘zgarmaydi.
- Metall jism yuqori haroratgacha qizdirilsa massa defektidagi kichik o‘zgarish hisobga olinmaganda jismning hajmi ortadi zichligi kamayadi, massa o‘zgarmaydi.
- Metall plastinkaga kvadrat chizildi, agar plastinka qizdirilsa kvadrat o’lchami kattalashadi. Shakli esa kvadratligicha qoladi. Agar plastinka sovitilsa kvadrat o’lchami kichiklashadi shakli esa o‘zgarmaydi.

- Metall plastinkaga doira chizilgan agar plastinka qizdirilsa, doira o'lchami kattalashadi, shakli esa doiraligicha qoladi. Agar plastinka sovitilsa, doira o'lchami kichiklashadi, shakli o'zgarmaydi.
- Metall jism past haroratgacha sovitilsa (massa defektidagi kichik o'zgarish hisobga olinmasa) jismning hajmi kamayadi. Zichligi ortadi, massasi o'zgarmaydi.

10-MAVZU: TERMODINAMIK JARAYONLAR VA ULARNING QONUNIYATLARI.

Jismning ***ichki energiya***si deb undagi zarrachalarning harakat va o'zaro ta'sir energiyasini hamda jism ichida issiqlik muvozanatini ta'minlovchi nurlanish energiyasini tushunamiz. Termodinamik usulga asosan jism bir holatdan ikkinchi holatga o'tganida ichki energiyasining o'zgarishi jismni bir holatdan ikkinchi holatga o'tkazish uchun berilishi zarur bo'lgan issiqlik va sarflanishi zarur bo'lgan ish yig'indisi bilan o'lchanadi.

Termodinamikaning birinchi qonuni shunday deydi: ***sistemaga berilgan issiqlik miqdori sistemaning ichki energiyasini o'zgarishiga va sistemaning tashqi jismlar ustida ish bajarishga sarflaydi.***

$$\Delta Q = U_2 - U_1 + A, \quad (10.1)$$

ΔQ — sistemaga berilgan issiqlik miqdori, U_1 va U_2 - sistema ichki energiyasining oldingi va keyingi qiymatlari, A — sistemaning tashqi jismlar ustida bajargan ishi.

Q va A algebraik kattaliklar va ular holat funksiyalari emas. (5.1) dan ko'rinadiki Q ning birligi ish yoki energiya birligidan kelib chiqadi, XBS da issiqlik miqdorining o'lchovi — Joul.

Termodinamikaning 1-qonuni ***izoxorik protsess*** uchun:

$$\Delta Q = \Delta U, \quad (10.2)$$

ko‘rinishda yoziladi. Ya’ni gazga berilgan issiqlik miqdorining hammasi ichki energiyaga aylanadi.

Agar *pq const* bo‘lsa, u holda hajm V_1 dan V_2 ga o‘zgarganda gazning bajargan ishi

$$A = P*(V_2-V_1), \qquad (10.3)$$

bo‘lganligi uchun termodinamikaning birinchi qonuni bu protsess uchun quyidagicha bo‘ladi:

$$\Delta Q = U_2-U_1 + P*(V_2-V_1), \qquad (10.4)$$

Izotermik protsess uchun $T = \text{const}$ ekanligidan, $U_1 = U_2$ bo‘ladi. Demak sistemaga berilgan issiqlik miqdori gazning kengayish ishi bajarishi uchun sarf bo‘ladi:

$$\Delta Q = A = P*(V_2-V_1), \qquad (10.5)$$

IDEAL GAZNING ICHKI ENERGIYASI VA ISSIQLIK SIG’IMI

Ideal gaz molekulalari bir-biri bilan o‘zaro ta’sirlashmaydilar. SHu sababli bunday gazning ichki energiyasi ayrim molekulalar energiyalarining yig‘indisiga teng bo‘ladi. Biz bir mol gaz uchun ichki energiyani shunday yozamiz:

$$U = \frac{i}{2} RT \ . \qquad (10.6)$$

U holda ixtiyoriy massali gaz uchun ichki energiya quyidagicha bo‘ladi:

$$U = \frac{m}{\mu}\frac{i}{2}RT \ . \qquad (10.7)$$

Ichki energiya bilan ***issiqlik sig'imi*** bog'langan. Biror jismning ***issiqlik sig'imi*** deb shu jismning temperaturasini bir gradus Kelvinga oshirish uchun kerak bo'ladigan issiqlik miqdoriga aytiladi. Birligi ***J/K***.

Modda massasi birligining issiqlik sig'imi ***solishtirma issiqlik sig'imi*** deyiladi. Birligi 1***J/(K*kg)***. Gazlarda issiqlik sig'imini aniqlaganda isitish sharoitiga qaraladi. Agar isitish vaqtida gaz hajmi o'zgarmasa, bunday issiqlik sig'imi ***o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imi*** S_v deyiladi. Agar isitish vaqtida bosim o'zgarmasa, ***o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi*** S_r deyiladi.

Bir mol gazning issiqlik sig'imi S_v quyidagiga teng:

$$C_v = \frac{i}{2}R. \qquad (10.8)$$

Demak,

$$c_V = \frac{C_v}{M} = \frac{i}{2}\frac{R}{M}, \qquad (10.9)$$

yoki

$$C_P - S_V = R, \qquad (10.10)$$

kelib chiqadi.

Issiqlik sig'imining nazariyasi kvant nazariyasi asosida tushuntiriladi.

11-MAVZU: TERMODINAMIKANING IKKINCHI QONUNI. QAYTAR VA QAYTMAS JARAYONLAR.

Termodinamikada muvozanatli va qaytuvchan jarayonlar katta rol o'ynaydi. Shu sababli bunday jarayonlar bilan tanishamiz. Agar 1 - holatdan 2 - holatga o'tgan sistema uchun 2 - holatdan 1 - holatga shunday o'tishi jarayoni mavjud bo'lsa-ki, bunda sistema birinchi jarayonning barcha holatlari orqali teskari tartibda o'tib dastlabki holatiga qaytsa va bunda sistemada ham, atrof muhitda ham, hech qanday o'zgarish alomati qolmasa, sistemaning bunday o'tishi jarayoni ***qaytar jarayon*** bo'ladi. Aks holda yshbu jarayon qaytmas jarayon bo'lib qoladi. Umuman, tabiatda qaytar jarayonlar yo'q. Real jarayonlarning hammasi qaytmas bo'ladi. Qaytar jarayon — bu ideallashgan tushunchadir. Masalan, matematik mayatnikning ishqalanishsiz tebranadi deb faraz etsak, bu qaytar jarayonga misol bo'la oladi. Har qanday muvozanatli jarayon qaytuvchan bo'ladi. Misol uchun gaz c_1 holatdan s_2 holatga o'tishii uchun uni kengaytirsak, so'ng uni yana siqib dastlabki holatga qaytarsak, va uni R, V grafigida tasvirlasak, yopiq egri chiziqni olamiz. Bunday jarayonni aylanma jarayon, ya'ni sikl deyiladi. Sikllar to'g'ri va teskari bo'ladi. To'g'ri siklda kengayish va siqish jarayonlari orasidagi issiqlik miqdorining ayirmasi hisobiga gaz tashqi kuchlarga qarshi ish bajaradi. Bunday siklda ishlaydigan mashinalar ***issiqlik mashinasi*** deyiladi va ular uchun foydali ish koeffitsienti η shunday bo'ladi:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}, \qquad (11.1)$$

bu yerda Q_1- isitkichdan olingan va Q_2 — sovutkichga berilgan issiqlik miqdorlari.

Aks holdagi jarayonni ***teskari sikl*** deyiladi. Teskari siklda ishlaydigan mashinalari ***sovutkich mashinalari*** deyiladi.

Biz ko'rgan jarayonlar termodinamikaning 2-qonuni bilan tavsiflanadi. Termodinamikaning 2-qonuni ta'rifini har xil olimlar turlicha berganlar, lekin ularning fizik ma'nosi bir xildir. Bu qonun ta'rifi:

Birdan bar natijasi issiqlikning batamom ishga aylantirishdan iborat bo‘lgan jarayonni amalga oshirib bo‘lmaydi.

Bu qonunni yana shunday ta’riflari bor:

1) Klaizius: Issiqlik o‘z-o‘zidan sovuq jismdan issiq jismga o’tavermaydi.

2) Tomson (Kelvin): Biror jismni issiqligini bu jismni sovutishdan boshqa hech qanday ta’sir ko‘rsatmasdan ishga aylantirib bo‘lmaydi.

3) Ostvald: Ikkinchi jins abadiy dvigatelni amalga oshirib bo‘lmaydi, ya’ni issiqlikni to’la ishga aylantiradigan mashinani qo’rib bo‘lmaydi.

4) Bolsman: Tabiat ehtimoli kam bo‘lgan holatdan ehtimoli ko’proq bo‘lgan holatga o‘tishiga intiladi.

Termodinamikaning 1-va 2-qonunlari empirik qonunlardir. Termodinamikaning 2-qonuni faqat ma’lum chegaragacha to‘g‘ri bo‘ladi.

Termodinamikaning asoschilaridan biri Saddi Karno ***foydali ish koeffitsienti*** eng katta bo‘lgan siklni taklif etgan. Bu siklni Saddi ***Karno sikli*** deyiladi. U ikki izoterma va ikki adiabatadan iborat bo‘lgan qaytuvchi aylanma jarayondir. Karno siklining foydali ish koeffitsienti:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \qquad \textbf{(11.2)}$$

ifoda yordamida aniqlanadi, bu yerda T_1 – isitkichning va T_2 – sovutkichning termodinamik temperaturalari.

12-MAVZU: SUYUQLIKLAR VA GAZLAR MEXANIKASI ELEMENTLARI.

Bitta mixni olib, yupqa taxtaga uchini qaratib, orqasiga bolg‘a bilan urilsa, mix taxtaga oson kiradi. Agar taxtaga mixni qalpog‘i tomoni bilan qo‘yib uchiga bolg‘a bilan urilsa, mix taxtaga kirmaydi. Har ikkala holda ham bolg‘aning zarb kuchi bir xil bo‘lsa-da, natija har xil bo‘lishiga sabab nima? Buning sababi

shundaki, mixning taxtaga kirishi kuch kattaligidan tashqari, qo‘yilgan yuzaga ham bog‘liq bo‘lar ekan.

Yuza birligiga tik ravishda qo‘yilgan kuchga to‘g‘ri keladigan fizik kattalikka *bosim* deyiladi.

$$\boldsymbol{p = \frac{F}{S}}\ ;\ p - bosim\ ,\qquad F - bosim\ kuchi\ ,\quad S - kuch\ qo'yilgan\ yuza$$

Bosimning asosiy birligi $\rightarrow [p] = 1\frac{N}{m^2} = 1Paskal$ (qisqacha 1Pa. Bu birlik fransuz olimi Blez Paskal (1623-1662) sharafiga qo’yilgan) Bosim tabiatda va texnikada katta ahamiyatga ega. Pichoqlar va qaychilar yaxshi kesishi uchun, bosimni orttirish maqsadida, yuzasini qayrab kichiklashtiriladi. Ignalarning uchlarida, knopkada ham bosimni orttirish uchun yuza kichiklashtiriladi. Aksincha, bosimni kamaytirish uchun yuzani kattalashtiriladi. Og‘ir yuk ko‘taradigan mashinalarning balonlari, yengil mashinalarnikiga nisbatan enliroq bo‘ladi. Qalin qorda yurganda botib ketmaslik uchun oyoqqa chang‘i bog‘lanadi. Ko‘p qavatli binolarning poydevori ham keng qilib quriladi.

Endi suyuqliklardagi bosimni hosil bo‘lishini ko‘rib chiqaylik:

Quyidagi tajribani o‘tkazib ko‘ring. Iste’molda bo‘lgan bir marta ishlatiladigan shpris va bolalar puflaydigan sharni oling. Shpris ignasini sharchaga bir necha marta sanchib oling. Sharcha ichiga suv quyib, og‘zini ignasi olingan shprisga kiydiring. Shpris porshenini asta-sekin bosing. Bunda shar ichidagi bosim ortadi. Sharcha teshikchalarining barchasidan suv otilib chiqa boshlaydi. Demak, porshen orqali berilgan bosim suyuqlik yoki gazda faqat porshen yo‘nalishida emas, balki hamma tomonga uzatilar ekan. Bu qonuniyatni 1653-yilda fransuz olimi *Blez Paskal* o‘rgangan. Qonun quyidagicha ta’riflanadi:

- Og‘irlik kuchini hisobga olmaganda, *suyuqlik* yoki *gaz* zarralarining idish devorlariga bergan bosimi hamma yo‘nalishda bir xil bo‘ladi.

Suyuqlik yoki gaz o‘ziga berilgan tashqi bosimni uni tashkil qilgan zarralari orqali uzatadi. Zarralar bosimni uzatishi uchun ular harakatda bo‘lishi kerak. Haqiqatan ham, ko‘pgina hodisalar (havoda hidning tarqalishi, suvda siyohning erishi)

suyuqlik va gaz zarralarining harakatda ekanligini tasdiqlaydi. Zarralar harakati tufayli idish devorlariga urilib, ichki bosimni hosil qiladi. Ichki bosim uchun Paskal qonuni quyidagicha ta'riflanadi.



BLEZ PASKAL

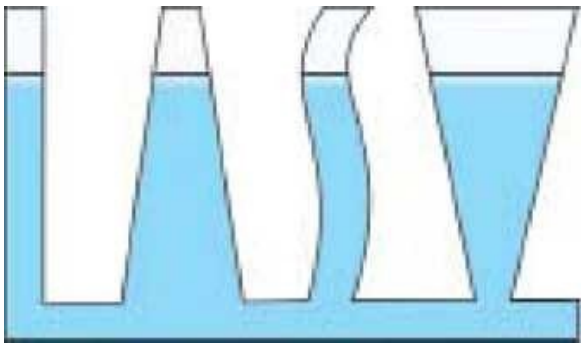
Paskal qonunidan texnikada keng foydalaniladi. Barcha avtomobillarda, poyezdlarda qo'llaniladigan tormozlash sistemasi, yer qazuvchi, yuk ortuvchi traktorlarda gidravlik press deb ataluvchi qurilma prinsipi qo'llaniladi.

> *Paskal qonuni: Suyuqlik* va *gaz* o'ziga berilgan tashqi bosimni hamma tomonga o'zgarishsiz uzatadi.

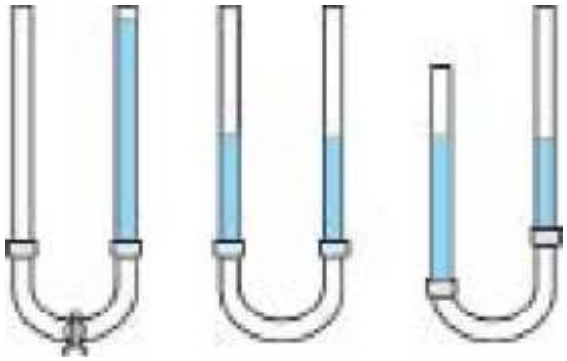
Yuqorida suyuqlik va gazlarda ichki bosim mavjudligini ko'rdik. Bu bosimni ***tinch holatdagi bosim*** deb ham aytiladi. Suyuqlik yoki gazni tashkil etgan zarralar o'z og'irliklariga ega bo'ladi. Shunga ko'ra, har bir qatlam o'z og'irligi bilan pastdagi qatlamni bosadi. Ular to'planib idish tubiga beriladi. Bu bosimni, shuningdek, *gidrostatik bosim* deb ham yuritiladi.

$$\mathbf{p = \rho h g}\ ;\ p - \text{gidrostatik bosim}\quad \rho - \text{suyuqlik zichligi}\ ;$$
$$h - \text{suyuqlikning balandligi}\ ;$$
$$g = 9{,}81 m/s^2$$

Unga ko'ra, suyuqlikning idish tubiga bergan bosimi, yuzaga bog'liq



3-rasm



4-rasm

bo'lmasdan, faqat suyuqlik balandligiga bog'liq bo'lar ekan. Buning isbotini quyidagi tajribada ko'rish mumkin. 3-rasmda shakli va idish tubining yuzasi turlicha bo'lgan shisha naylar keltirilgan. 1 nayga ma'lum bir balandlikkacha suv

quyilsa, qolgan naylardagi suv sathi ham shu naydagi suv sathi bilan bir xil bo‘lishi kuzatiladi.

Tublari tutashtirilgan idishlar sistemasiga ***tutash idishlar*** deyiladi. Tutash idishlarga choynak, vodoprovod tizimini misol sifatida keltirish mumkin. Quyidagi tajribani o‘tkazaylik. Ikkita shisha nay olib, ularni rezina shlang yordamida ulaylik (4- rasm). Rezina shlang o‘rtasini qisqich bilan mahkam siqib, bir tomoniga suv quyaylik. So‘ngra qisqichni olib qo‘ysak, suv bir tomondan ikkinchi tomonga oqib, ikkala tomonda bir xil sathda qolganligini ko‘ramiz. Naylardan birini o‘z holida qoldirib, ikkinchi tomonini pastga yoki yuqoriga siljitsak, suyuqliklar sathi bir xilligicha qoladi. Bundan *tutash idishlar qonuni kelib chiqadi:*

Har qanday shakldagi tutash idishlarning tirsaklaridagi bir jinsli suyuqlik ustunlarining balandliklari bir xil bo’ladi.

Agar tutash idishlarga turli xil suyuqliklar quyilsa nima bo‘ladi? Masalan, naylardan biriga yog‘, ikkinchisiga suv quyilsa, suyuqliklar sathi har xil bo‘ladi. Bunda suyuqliklar balandliklari nisbati, suyuqliklar zichliklari nisbati bilan quyidagicha munosabatda bo‘ladi:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \leftarrow tutash\ idishdagi\ suyuqliklarning\ muvozanat\ sharti$$

Shunday qilib, zichligi katta bo‘lgan suyuqlik ustunining balandligi, zichligi kichik bo‘lgan suyuqlik ustunining balandligidan kichik bo‘ladi. Demak, yog‘ quyilgan nayda suyuqlik ustuni suv quyilgan tomoniga nisbatan katta bo‘ladi.

ATMOSFERA BOSIMI. TORRICHELI TAJRIBASI

Suyuqlikning idish tubiga bosim berishini yuqorida ko‘rib chiqdik. Gazlar ham xuddi shunday bosim beradimi? Ular bosim berishi uchun massaga, ya’ni og‘irlikka ega bo‘lishi kerak. Gazlar oz miqdorda bo‘lsada og‘irlikka ega. Buni tajriba o’tkazib aniqlash mumkin. Yaxshi damlangan koptokni olib tarozida massasini o‘lchang, so’ngra koptokni havosini chiqarib tashlab, massasini o’lchab ko‘ring. Albatta ichida havosi bo‘lmagan koptokning massasi, damlangan koptokning massasidan kam chiqadi. Demak, havo ham ma’lum massaga ega

ekan.

Ma’lumki, Yerni havo qatlami o‘rab turadi. U atmosfera deb ataladi. Demak, havo o‘z og‘irligi bilan Yer yuzasiga bosim berishi kerak. Bu bosim atmosfera bosimi deb ataladi. Atmosfera bosimining mavjudligiga quyidagi tajribalarni o‘tkazib ishonch hosil qilish mumkin:

Ishlatilgan tibbiyot shprisini olib, porshenini eng quyi holatga keltirib, igna uchini suvga tushiramiz. Porshen yuqoriga ko‘tarilsa, suv ham porshen ortidan ko‘tariladi. Suv nima sababdan ko‘tariladi? Ko‘zga dori tomizishda ishlatiladigan tomizgich (pipetka) uchini suvga tushirib, orqa rezinasini bir siqib olinsa, pipetka ichiga suv kiradi. Pipetka suvdan olinganda, undagi suv to‘kilmasdan turadi. Nega suvning og‘irligi bo‘lsa ham suv to‘kilmaydi? Bularning sababi, atmosfera bosimining ta’siridir. Shpris porsheni ko‘tarilganda, suv ko‘tarilmasa, porshen va suv orasida bo‘shliq paydo bo‘lar edi. Bo‘shliq suvga hech qanday ta’sir ko‘rsatmaydi. Pastdagi idishdagi suvga atmosfera bosimi ta’sir ko‘rsatib, suvni porshen orqasidan ko‘tarilishga majbur qiladi. Pipetkadagi suv ham atmosfera bosimi tufayli to‘kilmaydi.

Atmosfera bosimini birinchi marta italiyalik olim E. Torrichelli (1608-1647) o‘lchagan. Buning uchun uzunligi 1 m bo‘lgan bir uchi berk shisha nay olinib, uni simob bilan to‘ldiriladi. So‘ngra ochiq uchini qo‘l bilan berkitib, to‘nkarilgan holda, simobli idishga tushiriladi. Barmoq olinganda shisha naydagi simobning bir qismi to‘kiladi. Nayning yuqori qismida havosiz bo‘shliq qolib, to‘kilmagan qismining balandligi taxminan 760 mm bo‘ladi (pastki idishdagi simob sathidan o‘lchanganda).

1atmosfera bosimi taqriban 101360 Paskalga teng. Ba’zan 10^5Pa olinadi.

Bunda ham naydagi simobning to‘kilmasligiga sabab, simob ustunining idishdagi simobga bergan bosimining atmosfera bosimi bilan muvozanatlashishidir. Demak, atmosfera bosimini naychadagi simob ustuni bergan bosim bilan o‘lchash mumkin ekan. Hozirgi kunda 0°C da turgan balandligi 760

mm bo‘lgan simob ustunining bosimini normal atmosfera bosimi sifatida qabul qilingan. Radio yoki televideniyeda ob-havo ma’lumotlari berilganda, atmosfera bosimini mm. sim. ust. larida ifodalab aytiladi. p=ρgh formuladan foydalanib, normal atmosfera bosimini paskallarda ifodalash mumkin. Bunda p ni aniqlash uchun $\rho_{simob} = 13600\frac{kg}{m^3}$; $g = 9{,}81\frac{m}{s^2}$; $h = 76sm$

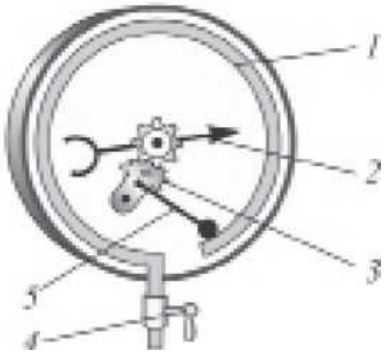
Qiymatlarni **p = ρgh formulaga qo’yamiz:**

$p = 13600\frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81\frac{m}{s^2} \cdot 0{,}76m = 101360Pa$; Torrichelli o‘z tajribasida naychadagi simob ustunining ob-havo o‘zgarishi bilan o‘zgarishiga e’tibor bergan. Bundan tashqari, atmosfera bosimi balandlik ortishi bilan ham kamayib boradi. Uncha katta bo‘lmagan balandliklarda har 12 m ko‘tarilganda, bosim 1 mm sim. ust. ga kamayishini aniqlangan. Torrichelli tajribasini simob o‘rniga boshqa suyuqlik bilan o‘tkazilsa nima bo‘ladi? Boshqa suyuqliklarning zichligi simobnikidan ancha kichik bo‘lganligidan, suyuqlik ustunining balandligi katta bo‘ladi. Shunday suvli barometrda suyuqlik ustunining balandligi 10 m dan ko‘p bo‘ladi. Atmosfera bosimiga nisbatan kattaroq yoki kichikroq bosimlarni o‘lchashda manometrdan foydalaniladi. Manometrlar suyuqlikli va metalli bo‘ladi. Suyuqlikda ishlaydigan oddiy manometr U ko‘rinishdagi naydan iborat bo‘lib, uning yarmigacha suyuqlik quyiladi (5-rasm).



5-rasm





6-rasm

Nayning bir uchi ochiq, ikkinchisi esa bosimi o‘lchanadigan idishga rezina shlang orqali ulanadi. Shlang uchiga silindr shaklida idish kiydirilib yupqa rezina plyonka qoplanishi ham mumkin. Plyonkaga bosilsa, naylardagi suyuqlik ustunlari farqi hosil bo‘ladi. Metall manometrning asosiy elementi (1) yoy shaklidagi nay

bo‘lib, bir uchi berk (6-rasm). Ikkinchi uchi (4) jo‘mrak orqali bosim o‘lchanadigan idishga tutashtirilgan. Jo‘mrak ochilganda nay ichidagi bosim ortib egiladi. Egilish richag (5) va tishli g‘ildiraklar (3) orqali strelkaga (2) beriladi. Aneroid barometrlar suyuqliksiz ishlaydi. Aneroid – “suyuqliksiz” degan ma’noni bildiradi.

Atmosfera bosimini o‘lchaydigan asbobga barometr deyiladi.

ARXIMED QONUNI VA UNING QO’LLANILISHI

Suvga mix yoki kichkina tosh tashlansa, cho‘kib ketadi. Lekin katta yog‘och g‘o‘la, qayiq va ulkan kemalar suvda suzib yuradi. Bunga sabab nima? Quyidagi tajribani o‘tkazib ko‘raylik. Dinamometrga suvda cho‘kadigan biror jismni osib, uning og‘irligini o‘lchaylik. So‘ngra uni suvli idishga tushiraylik. Bunda dinamometr ko‘rsatishi kamayganligini ko‘ramiz. Agar jism zichligi suvnikidan katta bo‘lgan boshqa suyuqlikka botirilsa, dinamometr ko‘rsatishi yanada kamayadi.

- Suyuqlik va gazlarga botirilgan jismga suyuqlik va gazlar tomonidan ta’sir etuvchi ko’taruvchi kuch Arximed kuchi deyiladi.
- Suyuqlik yoki gazlarga botirilgan jism o‘z hajmiga teng suyuqlik yoki gazni siqib chiqaradi. Bu siqib chiqarilgan suyuqlik yoki gazning og‘irligi son jihatdan Arximed kuchiga teng bo‘ladi. $\boldsymbol{F_A = \rho_{suy} V_{jism} g}$

Suzish shartlari:

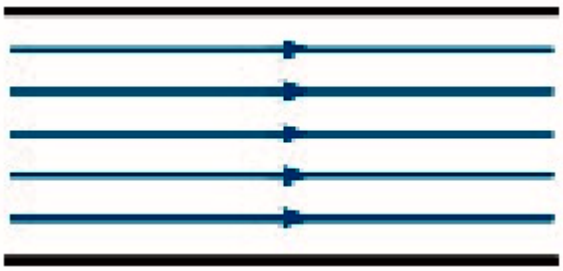
1.Agar Arximed kuchi jism og‘irligidan katta bo‘lsa, jism suyuqlikda qisman botgan holda suzib yuradi.

2.Agar Arximed kuchi jism og‘irligiga teng bo‘lsa, jism suyuqlik ichidagi istalgan joyda muallaq holda qoladi.

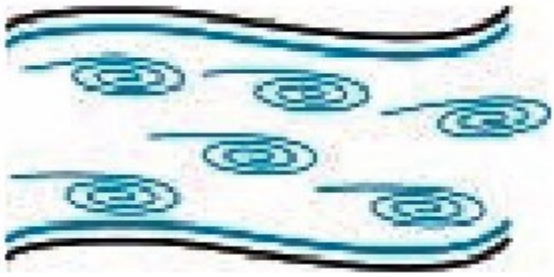
3.Agar Arximed kuchi jism og‘irligidan kichik bo‘lsa, jism suyuqlikda cho‘kadi.

Harakatlanuvchi suyuqlik va gazlarning jismga ta’siri

Siz tinch holatda turgan suyuqlik va gazlarning idish devoriga bosim berishi haqida bilib oldingiz. Tabiatda va turmushda suyuqlik tinch holatdan tashqari

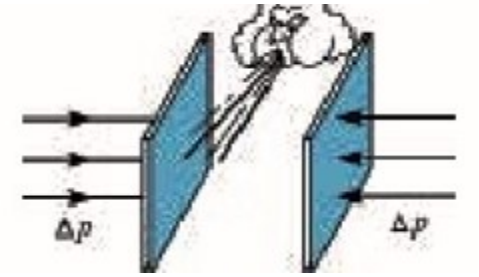


7-rasm



8-rasm

harakatda ham bo‘ladi. Ariq, kanal, daryolar va vodoprovod quvurlarida oqayotgan suvda qanday kuchlar vujudga keladi? Buni o‘rganish uchun ariqda oqayotgan suv yuzasi holatini bir eslab ko‘raylik. Suvi mo‘l, keng kanalda sekin oqayotgan suvning o‘rta qismi bir tekisda, taxminan bitta chiziq bo‘ylab, harakat qiladi. Buni suvda birga oqib kelayotgan cho‘plar harakatini kuzatib ishonch hosil qilish mumkin (7-rasm). Bunday oqim qatlamli yoki laminar oqim deyiladi. Tog‘dan tushib kelayotgan ariq suvi tez oqadi. Unga tashlangan mayda cho‘plar, barglar harakati kuzatilsa, ko‘p chilik joylarida girdob, ya’ni uyurma ko‘rinishidagi harakatlar hosil bo‘ladi (8-rasm.) Bunday oqimga turbulent oqim deyiladi. Demak, suyuqlik biror-bir nayda oqqanda suyuqlikning nay devorlariga ishqalanishi tufayli qatlamlarning siljishi nayning o‘rta qismida tezroq, chetki qismlarida sekinroq bo‘lar ekan. Suyuqlik tinch holatda turganiga nisbatan harakat holatida qo‘shimcha bosim hosil bo‘ladi. Bu bosimga dinamik bosim deyiladi. Bosim suyuqlik yoki gazning tezligiga qanday bog‘liq bo‘ladi? Buning uchun quyidagicha tajriba o‘tkazaylik. Ikki varaq qog‘oz olib, tik



9-rasm



10-rasm



11-rasm

holatda ushlaylik. So‘ngra qog‘oz orasiga puflaylik (9-rasm). Shunda qog‘ozlar bir-biriga tomon intilib yaqinlashadi. Buning sababi shundaki, qog‘ozlar orasidagi havo puflash natijasida harakatga keladi va u joydagi bosim kamayadi. Qog‘ozlarning tashqi tomonidagi bosim, ichki qismidagidan katta bo‘lib qolganligi tufayli, qog‘ozlarni siquvchi kuch paydo bo‘ladi. Bahor paytida uchiriladigan varraklaringizning osmonga ko‘tarilishining sababi ham bosimlar farqi hosil bo‘lishidadir. Bunda varrak osti va ustki qismidan o‘tuvchi shamol tezligi turlicha bo‘lganligidan ko‘taruvchi kuch paydo bo‘ladi (10-rasm). Bir tomonga harakatlanayotgan ikkita kema ba’zan hech qanday sababsiz to‘qnashib ketganligi kuzatilgan. Buning sababini ham xuddi ikkita qog‘oz varag‘i orasiga puflanganida bosimlar farqi hosil bo‘lishi bilan tushuntiriladi. Samolyotlarning parvozi ham aynan shu hodisani o‘rganish tufayli amalga oshirildi. Buni samolyot qanotining maxsus tuzilishi bilan tushuntiriladi (11-rasm). Samolyot qanotiga kelib urilayotgan shamol, qanotning ostki va ustki tomonidan o‘tadi. Ustki qismida shamol o‘tishii kerak bo‘lgan Yo‘l pastki qismidan ko‘proq. Shu sababli ustki qismida shamol tezligi pastkisidan kattaroq bo‘lishi kerak. Demak, shamol tezligi katta bo‘lgan joydagi bosim p_1 shamol tezligi kichik bo‘lgan ostki qismidagi bosim p_2 dan kichik bo‘ladi. Natijada pastdan yuqoriga yo‘nalgan bosimlar farqi $p=p_2 - p_1$ hosil bo‘ladi. Oqim turbulent bo‘lsa, bosimlar farqi shuncha katta bo‘ladi. Bunga samolyot qanotini ko‘taruvchi kuch deyiladi. Futbol maydonida burchakdan tepilgan to‘ping burilib darvozaga kirganini televizorda yoki stadionda kuzatganlar ko‘p. To‘pning burilishiga nima majbur qiladi? Bunga sabab shuki, to‘pning o‘rtasiga emas, balki biroz chetrog‘iga tepgan usta futbolchi uni to‘g‘ri harakati davomida aylanishiga majbur qiladi. Natijada to‘pning chap va o‘ng tomonidagi havo oqimining tezligi o‘zgaradi va bosimlar farqi hosil bo‘lib, to‘pni darvoza tomonga buradi.

13-MAVZU: SUYUQLIKLAR XOSSALARI.

Real gazlarda molekulalararo ta’sir kuchlari uncha katta bo‘lmagan bosim va past temperaturalarda sezilarli rol o‘ynasa, suyuqliklarda ular asosiy rol o‘ynaydi.

Shuning uchun suyuqliklarda molekulalararo ta’sir potensial energiyasi qariyb ularning kinetik energiyasiga teng. Suyuqliklarda ichki bosim $P' = \frac{a}{V^2}$ gazlardagiga nisbatan $10^5 \div 10^7$ marta kattaligi tufayli tashqi bosimni ichki bosimga nisbatan hisobga olmasa ham bo‘ladi. U holda 1 *mol* suyuqliklar uchun Van-der- Vaals tenglamasi

$$\frac{a(V-b)}{V^2} = RT \qquad (13.1)$$

ko‘rinishni oladi.

Suyuqliklar real gazlardan faqatgina holatni ifodalovchi tenglamalar bilan farqlanib qolmasdan boshqa bir qancha sifatlari bilan ham farq qiladi. Masalan, kritik temperaturalardan uzoq temperaturalarda ularning zichliklari bir-biridan qariyb 1000 marta farq qiladi.

Suyuqlik molekulalarining harakati uni o‘rab turgan qo‘shni molekulalar harakatiga bevosita bog‘liq. Gaz molekulalari erkin xaotik harakatda bo‘lsa, suyuqlik molekulalari unday tartibsiz harakatda bo‘la olmaydi. Suyuqlik molekulalari vaqtning ma’lum bir ulushi davomida muvozanat holat atrofida tebranma va aylanma harakat qilishi bilan birga issiqlik harakati tufayli bir holatdan ikkinchi holatga o‘tib ham turadi. Binobarin, suyuqlik molekulalari gazlardagi kabi tartibsiz xaotik harakat qilmasdan o‘zaro ma’lum bog‘lanishda harakat qiladi, ya’ni ularda yaqin tartib mavjud bo‘ladi. Rentgen nurlarining suyuqliklarda sochilishini o‘rganish haqiqatdan ham ularda yaqin tartib borligini ko‘rsatdi.

Suyuqliklarning gazlardan farq qiluvchi asosiy va muhim xossalaridan biri ularning o‘z hajmlarini saqlashlari va ularda erkin sirtning mavjudligidir. Suyuqlik o‘zi solingan idishning shakli qanday bo‘lishidan qat’iy nazar, o‘z hajmini saqlash xossasidan uning boshqa sifatlarini o‘rganishda ham foydalaniladi. Suyuqliklarning hajmiga bog‘liq bo‘lgan xossalari to‘g‘risida uning tashqi bosim ostida siqilishi va issiqlikdan kengayishini o‘rganish orqali xulosalar chiqarish mumkin. Shu xossalar bilan tanishaylik.

1. Suyuqliklarning siqiluvchanligi

Suyuqliklarning siqiluvchanligi siqilish koeffitsienti bilan xarakterlanadi.

Izotermik siqilish koeffitsienti deb, tashqi bosim bir birlikka ortganda suyuqlikning hajmi boshlangich xajmiga nisbatan qancha miqdoriga kamayishini ko‘rsatadigan kattalikka aytiladi, ya’ni

$$\chi = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T \qquad (13.2)$$

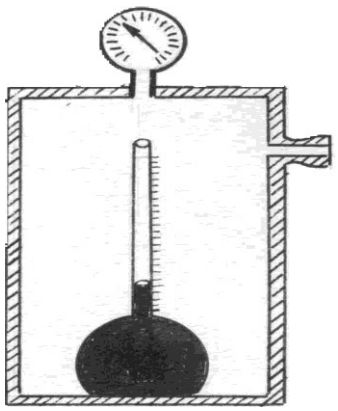
Umuman aytganda χ – bosimga bog‘liq. Ammo bosimning uncha katta bo‘lmagan intervalida uni bosimga bog‘liq emas, deb hisoblash mumkin. Van-der-Vaals izotermasida suyuq holat *FL* egrisi (39-rasm) bilan ifodalanadi va undan ko‘rinadiki, suyuqliklarning siqilish koeffitsienti juda kichik bo‘lib, $10^{-10} \div 10^{-11}\ \frac{м^2}{H}$ ga teng. Barcha suyuqliklar ichida suyuq geliyning izotermik siqilish koeffitsienti eng katta bo‘lib, $8 \cdot 10^{-3}\ \frac{м^2}{H}$ ga, suvniki esa $4{,}5 \cdot 10^{-5}\ \frac{м^2}{H}$ ga teng.

Bosimning ortishi bilan siqiluvchanlik koeffitsientining kamayishi kuzatiladi. Chunki bosim ortgan sari suyuqlik molekulalari orasidagi masofa kichrayib, o‘zaro itarishish kuchlari ortadi.

Temperaturaning ortishi bilan suyuqlik molekulalari orasidagi masofa ham ortganligi uchun suyuqlikning siqilish koeffitsienti ham ortadi.

Suyuqliklarning siqiluvchanligini maxsus asboblar - pezometrlar yordamida o‘lchash mumkin.

Oddiy pezometrlarda kapillyar naychali maxsus idish bosimi o‘zgartiriladigan qurilma ichiga joylashtiriladi (12-rasm).



12-rasm

Tashqi bosimning o‘zgari-shi bilan kapillyar naychadagi suyuqlik sathining o‘zgarishini o‘lchash orqali siqiluvchanlik koeffitsienti aniqlanadi.

2. Suyuqliklarning issiqlikdan kengayishi

Suyuqliklar isitilganda ularning hajmlari ortadi. Hajmning bunday ortishi hajm kengayishi koeffitsienti bilan xarakterlanadi. Suyuqlikning issiqlikdan hajm kengayish koeffitsienti deb, suyuqlik temperaturasini $1K$ ga isitganda uning hajmining nisbiy o‘zgarishiga aytiladi va K^{-1} larda o‘lchanadi:

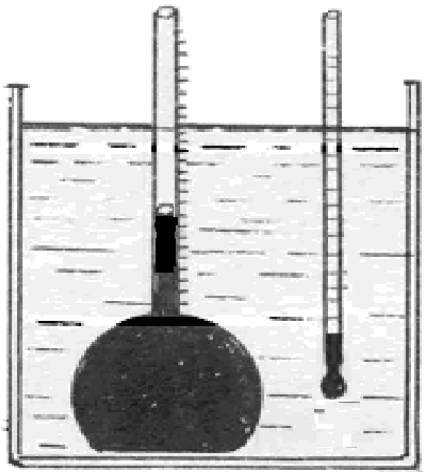
$$\alpha = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right) \quad (13.3)$$

Bu koeffitsient bosim va temperaturaga bog‘liq bo‘lib, bosimning ortishi bilan kamayadi va temperaturaning ko‘tarilishi bilan ortadi. Hajm kengayish koeffitsienti suyuqlik molekulalarining strukturasiga bog‘liq bo‘lib, turli xil suyuqliklar uchun turlichadir.

Masalan:

	$\alpha \cdot K^{-1}$
Etil spirti	$1{,}1 \quad 10^{-1}$
Glitserin	$5{,}4 \quad 10^{-4}$
Simob	$1{,}8 \quad 10^{-4}$
Suv (15°C)	$1{,}5 \quad 10^{-4}$

Suyuqliklarning hajm kengayish koeffitsienti maxsus asboblar dilatometrlar yordamida o‘lchanadi. Oddiy dilatometr suyuqlik solingan kapillyarli idishdan iborat bo‘lib, bu idish maxsus termostatga joylashtiriladi (13-rasm).



13-rasm

Termostat yordamida idishdagi suyuqlikning temperaturasi o‘zgartiri-lib, uning kapillyardagi ko‘tarilish balandligi Δh aniqlanadi va kapillyarning naychasining ko‘ndalang kesimi yuzasi S ni bilgan xolda

$$\alpha = \frac{1}{V}\frac{\partial V}{\partial T} = \frac{S\Delta h}{V_0 \Delta T}$$

formula orqali aniqlanadi.

Suyuqliklarning issiqlik sig‘imlari

Suyuqliklarning issiqlik sig‘imlari gazlarning issiqlik sig‘imlaridan keskin farq qilib, suyuqlik molekulasining strukturasiga, massasiga va temperaturasiga ham bog‘liq. Bu bog‘lanish turli xil suyuqliklar uchun turlicha bo‘lib, ayrim suyuqliklar uchun temperaturaning ortishi bilan issiqlik sig‘imlari ortadi, ayrim suyuqliklar uchun esa aksincha, kamayadi. Ba’zi suyuqliklarda masalan, suvda issiqlik sig‘imi temperaturaning ortishi bilan dastlab kamayadi, so‘ngra minimumdan o‘tib, orta boshlaydi.

Suyuqliklar hajmi siqiluvchanlikka ega bo‘lganliklari uchun ularning doimiy hajmdagi issiqlik sig‘imlari C_V, doimiy bosimdagi issiqlik sig‘imlari S_P dan farq qiladi. Lekin bu farq ideal gazlardagi kabi C_P-C_V=R (1 *mol* gaz uchun) ga teng bo‘lmasdan, unda katta yoki kichik ham bo‘lishi mumkin. C_P-C_V ning qiymati siqilish koeffitsienti χ ga va suyuqliklardagi molekulalararo ta’sir kuchlariga, binobarin, ichki bosimga bog‘liq.

Masalan, suvning 273 *K* atrofidagi issiqlik sig‘imlari $C_P = 76{,}020\frac{Ж}{моль \cdot K}$ va $C_V = 75{,}978\frac{Ж}{моль \cdot K}$ bo‘lib, $C_P - C_V = 0{,}042\frac{Ж}{моль \cdot K}$ bo‘lsa, suyuq argonning 140 *K* temperatura atrofidagi issiqlik sig‘imlari $C_P = 64{,}680\frac{Ж}{моль \cdot K}$, $C_V = 19{,}53\frac{Ж}{моль \cdot K}$ ya’ni $C_P - C_V = 45{,}15\frac{Ж}{моль \cdot K}$ ga teng.

Ko‘pgina organik suyuqliklar uchun issiqlik sig‘imining temperaturaga bog‘liq ravishda o‘zgarishi

$$C_P = A + Bt$$

qonuniyati asosida bo‘ladi. Bu yerda *A* va *V* lar berilgan moddalarning gomologik qatori uchun doimiy kattaliklardan iborat. Masalan, spirtlar qatori metil, etil, butil, propil va h.k. spirtlar uchun *A* va *V* lar doimiy kattaliklardir.

Tajriba natijalariga asoslanib suyuqliklarning molekulyar massasining ortishi bilan issiqlik sig‘imlari ham ortadi, deb xulosa qilish mumkin. Haqiqatdan ham spirtlarning gomologik qatori uchun $S_P$ning qiymati:

$$C_P \cdot 10^{-3} \frac{Ж}{моль \cdot К}$$

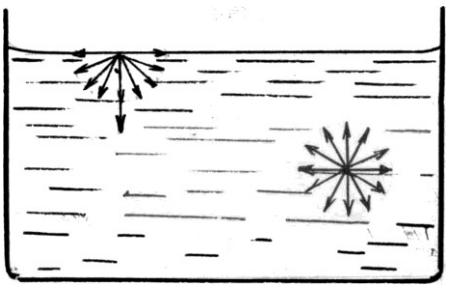
Metil spirti	80,00
Etil spirti	111,78
Amil spirti	176,86

ga teng ekanligi kuzatilgan.

Shunday qilib, suyuqliklarning issiqlik sig‘imlari ularning molekulyar tuzilishiga, molekulyar massasiga, temperaturaga va boshqa ko‘pgina faktorlarga bog‘liq. Shu sababli ularni ideal gazlardagi singari oddiy formulalar bilan ifodalab bo‘lmaydi.

Suyuqliklarda sirt hodisalari. Sirt tarangligi

Suyuqliklar qanday shakldagi idishga solinishidan qat’iy nazar shu idish shaklini egallaydi. Ammo shu suyuqlikning erkin sirti mavjud bo‘lsa u gorizontal sirtdan iborat bo‘ladi. Idishga solingan suyuqlik erkin sirtining gorizantal bo‘lishiga sabab og‘irlik kuchining mavjudligidir. Undan tashqari suyuqlik sirtidagi molekulalar suyuqlikning qolgan qismlardagi molekulalarga nisbatan boshqa sharoitda bo‘ladi. Erkin sirtdagi molekulalar suyuqlik ichidagi molekulalar kabi hamma tomondan o‘ziga o‘xshash molekulalar bilan qurshab olinmagan. Faqatgina yon va pastki tomondan o‘ziga o‘xshash molekulalar bilan qurshab olingan (14-rasm).



14-rasm

Suyuqlik sirti ustidagi shu suyuqlik bug‘ining zich-ligi suyuqlik zichligidan keskin kichik bo‘lganligi uchun sirtdagi molekulani o‘rab turgan bug‘ molekula-lari soni uni suyuqlikda o‘rab turgan molekulalari sonidan juda kam. Shuning uchun bug‘ molekulalarining ta’siri deyarli sezilmaydi va suyuqlik o‘rtasidagi molekulalarga atrofdagi molekulalar tomonidan ta’sir etuvchi

kuchlarning teng ta’sir etuvchisi nolga teng bo‘lsa, sirtdagi molekulaga ta’sir etuvchi kuchlarning teng ta’sir etuvchisi nolga teng bo‘lmasdan, tik pastga yo‘nalgan.

Shunday qilib, suyuqlikning sirtqi qatlam molekulasiga suyuqlikning boshqa molekulalari tomonidan qiladigan ta’sir kuchi, uning ustidagi bug‘ molekulalarining ta’sir kuchidan ancha katta bo‘ladi.

Binobarin, sirtdagi molekulalar ortiqcha potensial energiyaga ega bo‘ladi. Bu energiya sirt yuzasiga proporsional:

$$dU = \sigma dS \quad (13.4)$$

Suyuqlikning erkin sirtini oshirish uchun suyuqlik hajmidagi molekulani suyuqlik sirt qatlamiga chiqarish kerak. Buning uchun molekulalararo tortishish kuchlarini yengib ish bajarish lozim. Agar sirt yuzasining ortishi izotermik amalga oshirilsa, uning uchun sarflangan energiya ortgan sirt yuzasi o‘zgarishiga proporsional bo‘ladi.

$$\delta A = -\sigma dS \quad (13.5)$$

Bu yerdagi manfiy ishora sirtning kattalashuvi uchun ($dS>0$) energiya sarflash kerak ekanligini ko‘rsatadi. σ – esa suyuqlikning sirt xossalarini xarakterlaydigan asosiy kattalik bo‘lib, sirt tarangligi koeffitsienti deb ataladi. (13.5)dan:

$$\sigma = -\frac{\delta A}{dS} \quad (13.6)$$

ko‘rinadiki, sirt tarangligi koeffitsienti izotermik ravishda suyuqlik sirtini bir birlikka orttirish uchun sarflanadigan energiya bilan aniqlanadi. Sirt yuzasini orttirishga sarflangan energiya sirtning potensial energiyasiga aylanganligi uchun va izotermik jarayondagi potensial energiyaning o‘zgarishi erkin energiyaning o‘zgarishidan iborat ekanligini hisobga olsak

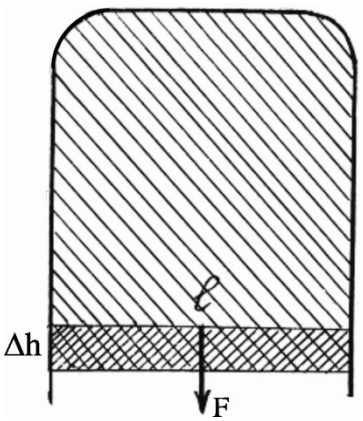
$$\delta A = -dU = -dF \quad (13.7)$$

yoki

$$dF = \sigma dS \text{ yoki } F = \sigma S \qquad (13.8)$$

kelib chiqadi. Demak, sirt tarangligi koeffitsienti sirt yuza birligiga to‘g‘ri kelgan sirt erkin energiyasini xarakterlar ekan. (13.5) formuladan muhim xulosa kelib chiqadi: tashqi ta’sir bo‘lmaganda (muvozanat holatda) erkin energiya eng kichik qiymatga, ya’ni suyuqlik sirti eng kichik yuzaga ega bo‘ladi. Hajmlari teng turli xil shakldagi jismlar orasida sirti eng kichigi sfera bo‘lganligi uchun suyuqlik muvozanat holatda shu shaklni olishga harakat qiladi. Shuning uchun suyuqlik tomchilari sferasimon ko‘rinishga ega bo‘ladi.

Shunday qilib, suyuqlik sirtining kattalashuviga to‘sqinlik qiladigan kuchlar mavjud bo‘lib, bu kuchlarga sirt taranglik kuchlari deyiladi. Bu kuchlar suyuqlik sirtiga urinma ravishda sirt yuzasini kamaytirish yo‘nalishida yo‘nalgan.



15-rasm

Sirt yuzasini *dS* ga orttirish uchun sirt taranglik kuchlarining qarshilik kuchini yengib, δA ish bajarish kerakligini hisobga olsak, 53-rasmdan ko‘rinadiki, bu vaqtda bajarilgan ish

$$\delta A = -F\Delta h = -\sigma dS \qquad (13.9)$$

$dS = \Delta h l$ bo‘lganligi uchun

$$F\Delta h = \sigma \Delta h l$$

$$\sigma = \frac{F}{l} \qquad (13.20)$$

Oxirgi ifodadan ko‘rinadiki, sirt tarangligi koeffitsienti sirt ajralish chizig‘i uzunlik birligiga to‘g‘ri keluvchi sirt tarangligik kuchiga teng ekan. Sirt tarangligi koeffitsienti J/m^2 yoki *N/m* larda o‘lchanadi.

Sirt taranglik koeffitsienti turli xil suyuqliklar uchun turlicha bo‘lib, suyuqlikning strukturasiga, suyuqlik molekulalarining ta’sir potensialiga bog‘liq. Molekulalarning ta’sir potensiali temperaturaning o‘zgarishi bilan o‘zgarganligi uchun suyuqlikning sirt taranglik koeffitsienti ham temperaturaga bog‘liq. Bu

bog‘lanishning matematik ifodasi Etvesh tomonidan chiqarilganligi uchun uning nomi bilan yuritiladi. Bu formula

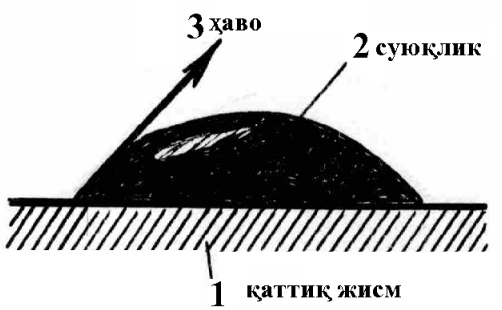
$$\sigma = B\left(T_к - T - \tau\right)\left(\frac{\rho}{M}\right)^{2/3} \qquad (13.21)$$

ko‘rinishga ega. Bu yerda V – doimiy koeffitsient, T_k – kritik temperatura, τ – temperatura o‘lchamiga ega bo‘lgan kichkina kattalik, ρ – suyuqlikning zichligi, M – uning molyar massasi. Bu formula kritik temperaturadan uzoq temperaturalarda o‘rinlidir va undan ko‘rinadiki, T temperaturaning ortishi bilan sirt tarangligi koeffitsienti kamayadi.

Sirt tarangligining termik koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi:

$$\frac{d\sigma}{dT} = -B\left(\frac{\rho}{M}\right)^{2/3} \qquad (13.22)$$

(13.22) dan suyuqlikning zichligi qancha katta va molekulyar massasi qancha kichik bo‘lsa, sirt taranglik koeffitsientining temperaturaga bog‘liqligi shuncha kuchli bo‘ladi.



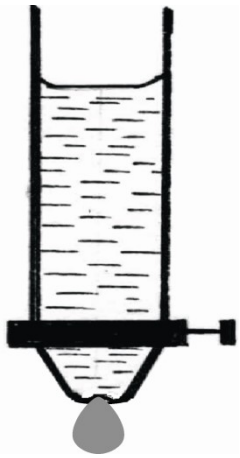
16-rasm

Bundan tashqari sirt tarangligi koeffitsienti sirt bilan chegaradosh bo‘lgan muhitga ham bog‘liq. Chunki, sirt taranglik koeffitsienti sirt yuza birligiga to‘g‘ri kelgan sirt erkin energiyasini xarakterlaganligi uchun suyuqlik sirtiga boshqa modda tegizilsa, uning erkin energiyasi o‘zgaradi. Binobarin, σ ham o‘zgaradi. Shuning uchun sirt taranglik koeffitsientining qiymatini yozganda faqatgina suyuqlikning o‘zini emas, u bilan bevosita (kontaktda) aloqada bo‘lgan sirtning xossalari ham hisobga olinishi kerak va bu sirt taranglik koeffitsientini yozishda maxsus indekslar orqali hisobga olinadi. Agar suyuqlik qattiq jism ustiga

tomchi sifatida tomizilgan bo‘lsa, bu suyuqlik-ning (2) qattiq jism (1) bilan chegarasidagi sirt taranglik koeffitsien-tini σ_{12}, suyuqlik havo (3) chegarasini σ_{23} lar bilan belgilash mumkin (16-rasm).

Suyuqliklarda sirt tarangligi kuchining mavjudligini juda ko‘pgina oddiy tajribalar yordamida isbotlash mumkin. Masalan, yupqa sovun pardasi misolida. Haqiqatdan ham biror xalqasimon sovun pardasi hosil qilinib, uning sirtiga ingichka ipdan sirtmoq tashlansa, uning formasi ixtiyoriy bo‘ladi. Agar shu sirtmoq o‘rtasidagi parda teshilsa, sirtmoq aylana shaklini olib, uning atrofida sovun pardasi qoladi. Ma’lumki, aylana yuzasi teng bo‘lgan geometrik shakllar ichida uzunligi eng qisqa bo‘lgan shakldir. Shuning uchun ham sirt tarangligi kuchi sirtmoq ipni uzunligi eng qisqa bo‘lgan shaklni olishga majbur qiladi.

Uchi ingichka pipetkadan tomayotgan suyuqlik tomchisining shar shaklda bo‘lishiga sabab xuddi yuqorida ta’kidlanganidek, sirt tarangligi kuchi ekan. Tomchining uzilish shartidan shu suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini aniqlash mumkin. Tomchining og‘irlik kuchi P tomchini ushlab turuvchi sirt taranglik kuchi F dan katta bo‘lishi oldida tomchi uziladi (17-rasm)



17-rasm

$$P = F = 2\pi r\sigma$$

Sirt taranglik kuchi ma’lum va noma’lum bo‘lgan suyuqlik tomchilari uchun R ni aniqlab sirt taranglik kuchi noma’lum bo‘lgan suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini aniqlash mumkin. Bu esa sirt tarangligi koeffitsientini aniqlashning usullaridan biridir. Umuman aytganda, sirt tarangligi koeffitsientini

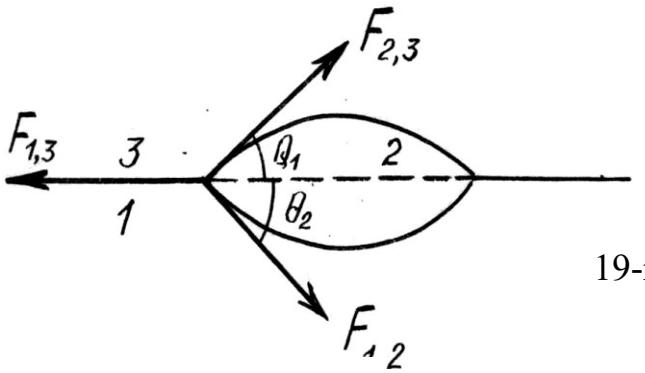
aniqlashning turli xil usullari mavjud. Ularning hammasi ham ma’lum sharoitlarda sirt xossalarining o‘zgarishini o‘lchashga asoslangan.

Ikki muhit chegarasidagi muvozanat shartlari

1. Suyuqlik-suyuqlik chegarasidagi muvozanat shartlari

Bir-birlari bilan aralashmaydigan ikki suyuqlik chegarasida muvozanat shartlarini keltirib chiqarish uchun bir suyuqlik sirtida unga aralashmaydigan ikkinchi suyuqlik tomchisi joylashgan holni ko‘raylik.

Tomchi ma’lum og‘irlikka ega bo‘lganligi tufayli u pastdagi suyuqlikni ma’lum darajada egilishga majbur qiladi. Bu sharoitda tomchiga ta’sir etuvchi sirt taranglik kuchlari (18-rasm):



19-rasm

$$F_{12} = \sigma_{12} dl \qquad (13.24)$$
$$F_{23} = \sigma_{23} dl$$
$$F_{13} = \sigma_{13} dl$$

lardan iborat bo‘lib, tegishli ikki muhit sirtiga urinma ravishda yo‘nalgan bo‘ladi. Tomchi muvozanatda bo‘lishi uchun uchchala kuchlar F_{13} va F_{23}, F_{12} larning F_{13} yo‘nalishidagi proeksiyalarining yig‘indisi bir-birini kompensatsiya qilishi kerak, ya’ni

$$F_{23}\cos\theta_1 + F_{12}\cos\theta_2 = F_{13}$$
$$F_{23}\sin\theta_1 - F_{12}\sin\theta_2 = 0$$

yoki

$$\sigma_{23}\cos\theta_1 + \sigma_{12}\cos\theta_2 = \sigma_{13}$$
$$\sigma_{23}\sin\theta_1 - \sigma_{12}\sin\theta_2 = 0 \qquad (13.25)$$

shartlari bajarilishi kerak. (13.25) tenglamalarning har ikkala tomonlarini kvadratga ko‘tarib, mos hadlarini o‘zaro qo‘shsak,

$$\sigma_{13}^2 = \sigma_{23}^2 + \sigma_{12}^2 + 2\sigma_{12}\sigma_{23}\left(\cos\theta_1 \cos\theta_2 - \sin\theta_1 \sin\theta_2\right)$$

yoki

$$\sigma_{13}^2 = \sigma_{23}^2 + \sigma_{12}^2 + 2\sigma_{12}\sigma_{23} \cos\left(\theta_1 + \theta_2\right) \qquad (13.26)$$

bo‘ladi. Agar $\theta_1 + \theta_2 = \theta$ deb olsak,

$$\sigma_{13}^2 = \sigma_{23}^2 + \sigma_{12}^2 + 2\sigma_{12}\sigma_{23} \cos\theta \qquad (13.27)$$

kelib chiqadi. Bu yerdagi θ_1 va θ_2 chegaraviy burchaklardir. Chegaraviy burchak deb, suyuqlik tomchisi sirtiga o‘tkazilgan urinma bilan suyuqlik tomchisi joylashgan sirt orasidagi burchakka aytiladi.

Agar chegaraviy burchaklar θ_1=0, θ_2=0 bo‘lsa θ_1+θ_2=0 va $\cos 0 = 1$ bo‘lganligi uchun, muvozanat sharti

$$\sigma_{13}^2 = \sigma_{23}^2 + \sigma_{12}^2 + 2\sigma_{12}\sigma_{23} = \left(\sigma_{23} + \sigma_{12}\right)^2$$

yoki

$$\sigma_{13} = \sigma_{23} + \sigma_{12} \qquad (13.28)$$

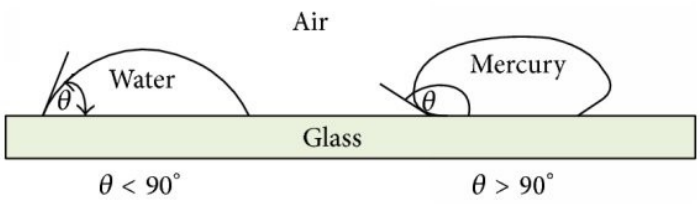
ekanligi kelib chiqadi. Agar $\sigma_{13} > \sigma_{23} + \sigma_{12}$ bo‘lsa, tomchi butun birinchi suyuqlik sirti bo‘ylab tekis yoyilib ketadi. Bunday holda ikkinchi suyuqlik birinchi suyuqlikni butunlay ho‘llaydi, deb aytiladi.

Agar $\sigma_{13} < \sigma_{23} + \sigma_{12}$ bo‘lsa, u holda tomchi $\sigma_{13} = \sigma_{23}\cos\theta_1 + \sigma_{12}\cos\theta_2$ shart bajarilguncha to‘planadi va 56-rasmda ko‘rsatilgan vaziyatni egallaydi.

2. Suyuqlik va qattiq jism chegarasidagi muvozanat shartlari

Suyuqlik va qattiq jism chegarasidagi muvozanat shartlari suyuqlikning qattiq jismni ho‘llash yoki ho‘llanmasligiga qarab (20-rasm):

$$F_{13} = F_{23}\cos\theta + F_{12}$$
$$F_{13} + F_{23}\cos\theta = F_{12}$$



yoki

$$\sigma_{13} = \sigma_{23}\cos\theta + \sigma_{12}$$
$$\sigma_{13} + \sigma_{23}\cos\theta = \sigma_{12}$$ kabi aniqlanadi.

Chegaraviy burchak

$\cos\theta = \frac{\sigma_{13} - \sigma_{12}}{\sigma_{23}}$ yoki $\cos\theta = \frac{\sigma_{12} - \sigma_{13}}{\sigma_{23}}$ shartlardan topiladi.

Agar $\sigma_{13} > \sigma_{23} + \sigma_{12}$ bo‘lsa, suyuqlik qattiq jism sirti bo‘ylab tekis yoyiladi yoki uni to‘la ho‘llaydi. Agar $\sigma_{13} < \sigma_{23} + \sigma_{12}$ bo‘lsa, suyuqlik qattiq jismni ho‘llamaydi. Masalan, suv parafinni ho‘llamaydi, temirni esa ho‘llaydi.

Ko‘p hollarda suyuqlik qattiq jismni qisman ho‘llashi ($\theta < \frac{\pi}{2}$) yoki qisman ho‘llamas-ligi mumkin ($\theta > \frac{\pi}{2}$).

Suyuqlik solingan idishning devorlari yaqinida suyuqlikning ho‘llash yoki ho‘llamasligiga qarab suyuqlikning sirti botiq yoki qavariq shaklda bo‘lishi mumkin.

Suyuqlikka botirilgan jismning ho‘llanishi yoki ho‘llanmasligiga qarab suyuqlikka botirilgan jismni tik yuqoriga ko‘taruvchi Arximed kuchi ortishi yoki kamayishi mumkin. Agar jism suyuqlikda ho‘llanmaydigan bo‘lsa, bu kuch Arximed kuchiga qo‘shiladi , aksincha bo‘lsa Arximed kuchiga qarshilik ko‘rsatadi.

Teshiklari parafinlangan g‘alvirda suv tashish paradoksi ham suvning parafinni ho‘llanmasligiga asoslangan.

Shuning uchun suv sirtida mayda hashorotlarning ham harakatlanishiga sabab suvning sirt taranglik kuchi ularning og‘irlik kuchidan katta ekanligidir. Suyuqliklarda ayrim moddalarning eritilishi ularning sirt tarangligi koeffitsientining ortishi yoki kamayishiga olib kelishi mumkin.

Masalan, shakar suvda eritilsa, eritmaning sirt tarangligi sof suvga nisbatan ortadi. Sovun esa suvning sirt tarangligini kamaytiradi. Ana shunday sirt tarangligini kamaytiradigan moddalarga sirt aktiv moddalar deyiladi.

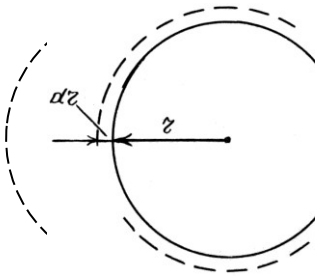
Suyuqliklarning egri sirti ostida yuzaga keladigan bosim

Suyuqliklarning egri sirti ostidagi suyuqlik molekulalari bilan yassi sirt ostidagi molekulalar boshqa-boshqa sharoitda bo‘ladi.

Egri sirt ostidagi molekulalarga sirt egriligi tufayli ta’sir etuvchi qo‘shimcha kuchlar ta’sir qiladi. Boshqacha aytganda, egri sirt ostidagi molekulalar shu sirtga perpendikulyar yo‘nalgan qo‘shimcha bosim ostida bo‘ladi.

Bu qo‘shimcha bosimni hisoblash uchun kichkina sharsimon sovun pufagini ko‘z oldimizga keltiraylik.

21-rasm



Pufak ichidagi atmosfera bosimidan ortiqcha bo‘lgan ichki bosim *R’* pufak sirt tarangligining ichkariga bo‘lgan bosimi bilan muvozanatlashadi. Pufak ichidagi bosim *dP* ga ortganda, pufak radusi ham *dr* ga ortadi va bu vaqtda sirt taranglik kuchini yengish uchun

$$\delta A = 4\pi r^2 dr P'$$

ish bajarilishi kerak (21-rasm). Bu vaqtda pufakning ortgan yuzasi $dS = d\left(4\pi r^2\right) = 8\pi r dr$. Pufak tashqi va ichki yuzaga ega bo‘lganligi uchun $dS = 2 \cdot 8\pi r dr$. Energiyaning saqlanish qonuniga ko‘ra

$$\delta A = \sigma dS$$

bo‘lganligidan

$4\pi r^2 P' dr = \sigma \cdot 2 \cdot 8\pi r dr$ yoki bundan

$$P' = \frac{4\sigma}{r} \qquad (13.29)$$

Bu bosim pufakning ichki va tashqi egri sirtining ta’siri tufayli hosil bo‘ladi. Har bir sirtga to‘g‘ri kelgan bosim esa $P=\frac{P'}{2}$ bo‘lganligi uchun

$$P=\frac{P'}{2}=\frac{2\sigma}{r} \qquad (13.30)$$

bo‘ladi.

Shunday qilib, sirt egriligi tufayli suyuqlik sirtining ichkariga bo‘lgan qo‘shimcha bosim sirtning egrilik radiusiga teskari proporsional. Sirt yassi bo‘lsa $r=\infty$ bo‘lganligidan $P=0$ bo‘ladi, ya’ni suyuqlik sirti yassi bo‘lganda sirt egriligi tufayli qo‘shimcha bosim paydo bo‘lmaydi.

Sirt sferik bo‘lmasdan o‘zaro perpendikulyar tekisliklar bo‘yicha r_1 va r_2 radiuslar hosil qiluvchi egri sirtdan iborat bo‘lsa, qo‘shimcha bosim

$$P=\sigma\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right) \qquad (13.31)$$

ga teng bo‘ladi. Bu formulaga Laplas formulasi deyiladi. Agar $r_1=r_2$ bo‘lsa, (13.30)dan (13.31) kelib chiqadi. Bu qo‘shimcha bosim sfera markazi tomon yo‘nalgan. Suyuqlik sirtining botiq yoki qavariqligiga qarab bu qo‘shimcha bosimning yo‘nalishi yuqoriga yoki pastga qarab yo‘nalgan bo‘ladi.

Kapillyar hodisalar

Egri sirt ostida hosil bo‘ladigan qo‘shimcha bosimning diametri kichik bo‘lgan (ingichka) naychalardagi suyuqlik holatiga ta’siri katta bo‘ladi. Bunday ingichka diametrli naychalar suyuqlikka botirilganda ularning suyuqliklarda ho‘llanish yoki ho‘llanmasligiga qarab kapillyar naychadagi suyuqlik sirtining egrilanishi botiq yoki qavariq ko‘rinishida bo‘lishi mumkin.

Agar naychaning diametri (radiusi) kichik bo‘lsa (13.31)dan ko‘rinadiki, sirt egrilanishi tufayli hosil bo‘ladigan Laplas bosimining ta’siri katta bo‘ladi va bu bosim kuchining yo‘nalishi naychani suyuqlik ho‘llasa yuqoriga yo‘nalgan bo‘ladi. Bu vaqtda naychadagi suyuqlik sathi suyuqlik ustunining gidrostatik bosimi

($P = \rho gh$) Laplas bosimi ($P = \frac{2\sigma}{r}$) bilan tenglashguncha yuqoriga ko‘tariladi (22-rasm, a)), ya’ni

$$\rho gh = \frac{2\sigma}{r} = \frac{2\sigma}{r_0}\cos\theta$$

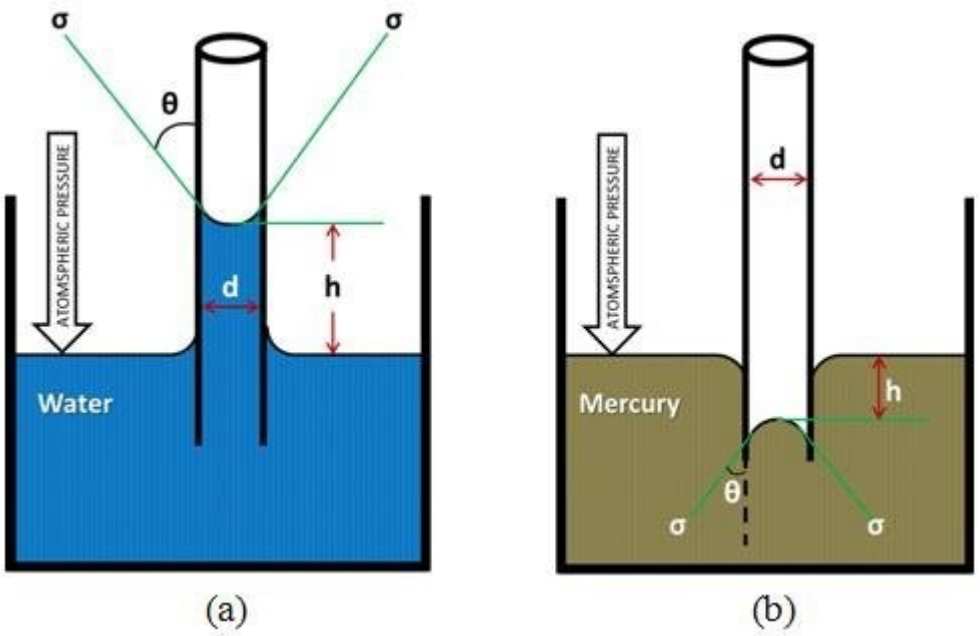
bu munosabatdan

$$h = \frac{2\sigma\cos\theta}{\rho g r_0} \qquad (13.32)$$

ifoda kelib chiqadi.

Bu yerda h – kapillyar naychadagi suyuqlik sathining balandligi, r_0 – kapillyar naycha radiusi, ρ – suyuqlikning zichligi.

Agar suyuqlik naychani ho‘llamasa, u holda naychadagi suyuqlik sathi idishdagi suyuqlik balandligidan h miqdorga pasayadi (22-rasm, b)). Chunki suyuqlik sirtining egrilik markazi past tomonga va binobarin, qo‘shimcha bosim ham past tomonga yo‘nalgan.



22-rasm

Suyuqlik solinadigan shunday ingichka naychalarning radiuslari suyuqlik egri sirtlarining egrilik radiuslariga yaqin bo‘lsa, bunday naychalarga kapillyar

naychalar va bu naychalarda suyuqlik sathining ko‘tarilishi yoki pasayishiga kapillyar hodisalar deyiladi. Unga bir necha misollar keltirish mumkin.

Kapillyar hodisalar o‘simliklar dunyosining oziqlanishida asosiy rol o‘ynaydi. Chunki o‘simlik tanasi va pustlog‘idagi ingichka kapillyar naychalar orqali suv va suvda erigan turli xil oziqalar yuqoriga tana va barglarga yetib boradi. Kerosinga botirilgan pilikdagi kapillyar naychalar orqali kerosin yuqoriga ko‘tarilib, lampa yonadi. Bahor paytlarida shudgor qilingan yerdagi namlik tuproqdagi kapillyar naychalar orqali bug‘lanishini kamaytirish maqsadida yerga mola bosiladi.

Kapillyar hodisalar tirik organizmlarda ham muhim rol o‘ynaydi. Inson tanasidagi kapillyar naychalar orqali organizmdagi ortiqcha suyuqlikning tashqariga chiqishi, ya’ni – terning hosil bo‘lishi bunga misoldir. YOzning issiq kunlarida organizmlarda terlash ayniqsa sezilarlidir.

Suvga botirilgan shisha plastinkalarni bir-biriga tegizilib, keyin ajratish ancha og‘ir, chunki ikki plastinka orasiga tushgan suv qatlami shishani ho‘llagani uchun shisha plastinkani bir-biridan ajratishda shisha-suv-shisha ta’sir kuchini yengish lozim. Buning uchun shisha-havo-shisha holdagiga nisbatan ancha katta kuch qo‘yish kerak. Bu kuchni son jihatdan nimaga teng ekanligini baholash ham mumkin. Bu kuch Laplas formulasidan topiladi.

Agar plastinkalar orasidagi suv qatlamining qalinligi $r\sim10^{-6}$ m bo‘lsa, suvning sirt taranglik koeffitsienti $\sigma = 70\cdot10^{-3}\,\frac{H}{м}$ (T=293 K da) bo‘lganligi uchun, bosim kuchi

$$P = \frac{\sigma}{r} = 70\cdot10^{3}\,\frac{H}{м^2}$$

Bu bosim kuchi yuzasi 10^{-2} m^2 bo‘lgan ikki shishani bir-biriga $F = PS = 70\cdot10^{3}\cdot10^{-2} = 700H$ kuch bilan tortib turadi. Plastinkalarni bir-biridan ajratish uchun plastinka tekisligiga perpendikulyar bo‘lgan ana shunday kuch bilan ta’sir qilish kerak. Ularni bir-biriga nisbatan sirpantirib, o‘zaro qoplovchi yuzalar kamaytirilsa, bunday plastinkalarni bir-biridan oson ajratish mumkin.

Xullas, kapillyar hodisalar kundalik turmushda juda keng qo‘llaniladi.

Suyuqliklarning bug‘lanishi va qaynashi

Suyuqliklarning sirt tarangligi tufayli suyuqlik sirtidagi har bir molekula suyuqlik hajmidagi molekulalarga tortilib turadi. Suyuqlik sirtidan tashqariga chiqish uchun suyuqlik molekulalari sirt taranglik kuchining qarshiligini yengishi kerak. Suyuqlik molekulalarining to‘xtovsiz issiqlik harakati tufayli ayrim molekulalar to‘qnashuv paytida shu kuchlarni yengib chiqadigan energiyaga ega bo‘ladi va suyuqlik sirtidan chiqib ketadi. Shu jarayonga suyuqlikning bug‘lanishi deyiladi. Bug‘lanish har qanday temperaturada ham bo‘lishi mumkin. Bug‘lanish jarayonida energiyasi katta molekulalar suyuqlik sirt taranglik kuchini yengib, chiqib ketib qolganliklari uchun suyuqlikda energiyasi kichik molekulalar qoladi, ya’ni bug‘lanish jarayonida sovish ro‘y beradi. Suyuqlik bug‘lanish jarayonida sovimasligi uchun unga tashqaridan energiya berib turish kerak. Temperaturaning ko‘tarilishi bilan bug‘lanish intensivligi ortadi. Bug‘lanish ochiq idishda bo‘layotgan bo‘lsa, barcha suyuqlik bug‘lanib ketishi mumkin. Agar bug‘lanish yopiq idishda bo‘layotgan bo‘lsa, bug‘lanuvchi molekulaning bir qismi yana suyuq holatga o‘tadi va bu holda bug‘lanuvchi va kondensatsiyalanuvchi molekulalar soni orasidagi farq kamayadi. Ma’lum vaqt o‘tgandan so‘ng bug‘lanuvchi molekulalarning soni bilan yana bug‘dan suyuqlikka aylanuvchi molekulalarning soni tenglashadi. Boshqacha aytganda, dinamik muvozanat yuzaga keladi. Ana shu holatdagi bug‘ga to‘yingan bug‘ deyiladi. Temperaturaning ortishi bilan to‘yingan bug‘ning zichligi va unga mutanosib ravishda uning bosimi ham ortadi.

To‘yingan bug‘ zichligining ortishi bilan suyuqlikning sirt taranglik koeffitsienti kamaya boradi. Chunki suyuqlik sirtidagi molekulalar bilan ta’sirlashuvchi bug‘ molekulalarining soni ortadi. Kritik temperaturaga yaqin temperaturalarda to‘yingan bug‘ning zichligi deyarli suyuqlik zichligiga tenglashib, kritik temperaturada esa ular o‘rtasida farq qolmaydi.

Shunday qilib, suyuqlik bug‘i uni tashkil etuvchi element gazidan farq qilib, birinchi yaqinlashuvdagina bug‘larga gaz qonunlarini qo‘llash mumkin.

O‘zgarmas tashqi bosimda massa birligidagi suyuqlikni butunlay bug‘ga aylantirish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdoriga bug‘lanishning solishtirma

issiqligi deyiladi. Bu kattalik turli xil suyuqliklar uchun turlicha bo‘lib, temperaturaga bog‘liq.

Umuman aytganda, bug‘lanishning solishtirma issiqligi ikki qismdan, ya’ni molekulaning suyuqlik sirt taranglik kuchini yengishga sarf bo‘ladigan qism va bug‘ning kengayishiga sarflanadigan qismlarga ajratish mumkin.

Suyuqlik bug‘larining yana suyuqlikka aylanishi – kondensatsiyalanish uchun kondensatsiya markazi bo‘lishi kerak. Bunday markazlar bo‘lib turli xil mayda zarrachalar, zaryadlangan zarrachalar xizmat qilishi mumkin. Bug‘ molekulalari ana shunday markazga o‘tirib, avval kichik, keyin kattaroq suyuqlik tomchilarini hosil qiladi. Agar bug‘lanayotgan fazoda shunday markazlar bo‘lmasa kondensatsiya ro‘y bermaydi va bunday bug‘ga o‘ta to‘yingan bug‘ deyiladi. Kondensatsiyalanish jarayonida bug‘lanish uchun sarflangan energiya qayta ajraladi.

Bug‘lanishning ortishi bilan to‘yingan bug‘ning bosimi orta boradi va u tashqi bosimga teng bo‘lganda qaynash ro‘y beradi. Qaynash paytida suyuqlikning butun hajmi bo‘ylab bug‘lanishi sodir bo‘ladi. Qaynash to‘yingan bug‘ning bosimi tashqi bosimga teng bo‘lgan temperaturada ro‘y beradi. Bu temperaturaga qaynash temperaturasi deyiladi. Tashqi bosimning o‘zgarishi bilan qaynash temperaturasi ham o‘zgaradi. Uning ortishi bilan qaynash temperaturasi ham ortadi va aksincha.

Suyuqliklarda qaynash markazlari mavjud bo‘lib, bu markazlar sifatida idish devorlariga yopishgan yoki suyuqlikdagi boshqa havo pufakchalari xizmat qiladi. Suyuqlikdagi havo pufakchalari ichida havo va suyuqlikning to‘yingan bug‘lari bo‘lib, havo pufagining muvozanat sharti quyidagichadir:

$$P+\frac{m}{\mu}\frac{RT}{V}=P'+\rho gh+\frac{2\sigma}{r} \qquad (13.33)$$

R – pufakdagi to‘yingan bug‘ning, $\frac{m}{\mu}\frac{RT}{V}$ – pufakdagi havoning bosimlari, R' – atmosfera bosimi, ρgh – gidrostatik bosim, $\frac{2\sigma}{r}$ – pufakda sirt egriligi tufayli hosil bo‘ladigan qo‘shimcha bosim.

Bunday havo pufakchasi idish devoriga ma’lum kuch bilan yopishib turadi. Pufakchani idish devorida ushlab turuvchi bu kuch pufakcha uchun Arximed kuchidan katta. Havo pufagi idish devoridan yoki pufak markazidan uzilganda, to‘la hammasi uzilmasdan yana ma’lum bir qismi qoladi va unda yana yangi pufakcha paydo bo‘ladi.

Qaynash jarayonida berilayotgan issiqlikning hammasi molekulalarning bug‘lanishiga sarflanganligi tufayli suyuqlikning temperaturasi doimiy qoladi.

Suyuqlik uzoq muddat qaynatilsa o‘ta qizdirilgan suyuqlik hosil bo‘ladi. O‘ta qizdirilgan suyuqlikda barcha havo pufaklari tashqariga chiqib, pufakchalar faqatgina to‘yingan bug‘dan iborat bo‘lib qoladi. Uni qaynatish uchun unga ozgina o‘sha suyuqlik yoki qaynash markazlari bo‘la oladigan predmet (masalan, o‘ta qizdirilgan suvga ozgina quruq choy) tashlash kerak.

To‘yingan bug‘ bosimining suyuqlik sirt egriligiga bog‘liqligi

Suyuqlikning bug‘lanishi uning sirtidan boshlanganligi tufayli sirt shaklining o‘zgarishi bilan bug‘lanish sharoiti ham o‘zgaradi. Chunki yassi sirt ustidagi to‘yingan bug‘ bosimidan egri sirt ustidagi to‘yingan bug‘ning bosimi farq qiladi. Bu farq nimalarga bog‘liq ekanligini ko‘rib o‘taylik.

Yassi sirtda bo‘ladigan bug‘lanish davomida sirt yuzasi o‘zgarmaydi, ya’ni uning erkin energiyasi doimiy qoladi. Agar bug‘lanish sferik tomchidan bo‘layotgan bo‘lsa, bug‘lanish davomida tomchining sirti kamaya boradi va tomchi butunlay bug‘lanib tamom bo‘lgandan keyin muvozanat qaror topadi. Tomchi ma’lum radiusli qavariq sirtdan iborat bo‘lganligi uchun qavariq sirt ustidagi to‘yingan bug‘ning bosimi yassi sirt ustidagi bosimdan katta ekanligi kelib chiqadi.

Agar suyuqlikning sirti botiq bo‘lsa, bug‘lanish davomida suyuqlikning sirti, ya’ni uning erkin energiyasi ortadi. Energetik nuqtai nazardan bunday bo‘lishi mumkin emas. Shuning uchun ham botiq sirt ustidagi to‘yingan bug‘ning bosimi yassi sirtdagiga nisbatan kichik bo‘ladi.

Egri va yassi sirt ustidagi to‘yingan bug‘ elastikligi (to‘yingan bug‘ning bosimini shunday deb ham ataydilar)ning farqini hisoblash mumkin. Buning uchun radiusi r ga teng bo‘lgan kapillyar naychani suyuqlikka botirib, ularni berk idishga

joylashtirsak, idish berk bo‘lganligi uchun biror vaqt o‘tgandan so‘ng kapillyardagi suyuqlikning botiq sirt va idishdagi yassi sirt ustida to‘yingan bug‘ muvozanati qaror topadi. Kapillyar naychadagi suyuqlik sathining ko‘tarilish balandligi $h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$ bilan aniqlanadi. To‘yingan bug‘ning h balandlikdagi bosimi R, uning idishdagi suyuqlik sathi balandligidan bosimi R_0 bilan barometrik formula asosida bog‘langan

$$P = P_0 e^{-\frac{mgh}{KT}} = P_0 e^{-\frac{mgh}{RT}} \qquad (13.34)$$

Agar h ning qiymatini (13.34)ga qo‘ysak

$$P = P_0 e^{-\frac{\mu g}{RT}\frac{2\sigma}{\rho g r}}$$

yoki

$$\ln\frac{P}{P_0} = -\frac{\mu}{\rho RT}\frac{2\sigma}{r} \qquad (13.35)$$

Bu formuladan ko‘rinadiki, berilgan suyuqlik uchun R va R_0 bosimlar farqi egri sirtning egrilik radiusiga bog‘liq ekan. Egrilik radusi r kichik bo‘lsa R va R_0 orasidagi farq kichik, katta bo‘lsa R va R_0 orasidagi farq eksponensial ravishda ortadi. R va R_0 lar o‘rtasida $|P - P_0| << P_0$ shart bajarilganda, bu bosimlar orasidagi farqni h balandlikdagi to‘yingan bug‘ ustunining bosimiga teng deb olish mumkin:

$$P_0 - P = \rho_0 g h \qquad (13.36)$$

bu yerda ρ_0 – to‘yingan bug‘ning zichligi. U holda

$$P_0 = P + \rho_0 g h = P + \frac{2\sigma}{r}\frac{\rho_0}{\rho}$$

yoki

$$P = P_0 - \frac{2\sigma}{r}\frac{\rho_0}{\rho} \qquad (13.37)$$

kelib chiqadi.

Shunday qilib, to‘yingan bug‘ bosimi suyuqlik sirtining egriligiga bog‘liq va botiq sirt ustidagi to‘yingan bug‘ning bosimi yassi sirt ustidagi bosimdan $\frac{2\sigma}{r}\frac{\rho_0}{\rho}$ miqdorga kichik bo‘lar ekan.

To‘yingan bug‘ bosimining temperaturaga bog‘liqligi

To‘yingan bug‘ bosimining temperaturaga bog‘liq ravishda o‘zgarishini biz yuqorida ko‘rib o‘tgan edik. Endi bu bog‘lanishning matematik ko‘rinishini aniqlaylik.

To‘yingan bug‘ bosimining temperaturaga bog‘liq ravishda o‘zgarishini har qanday birinchi tur fazaviy o‘tishilar uchun o‘rinli bo‘lgan Klapeyron-Klauzius tenglamasidan keltirib chiqarish mumkin.

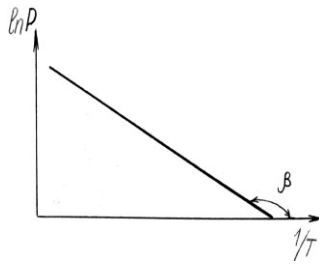
Klapeyron-Klauzius tenglamasi $\frac{dP}{dT}=\frac{L}{T(V_1-V_2)}$ dan to‘yingan bug‘ning molyar hajmi V_1, suyuqlikning molyar hajmi V_2 dan juda katta bo‘lganligi uchun ($V_1>>V_2$) V_2 ni hisobga olmaslik va birinchi yaqinlashishda to‘yingan bug‘ ideal gaz qonuniga bo‘ysunadi ($V_1=\frac{RT}{P}$),deb hisoblash mumkin. U holda Klapeyron-Klauzius tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\frac{dP}{dT}=\frac{L}{T\frac{RT}{P}} \text{ yoki } \frac{dP}{P}=\frac{L}{R}\frac{dT}{T^2} \qquad (13.38)$$

(13.38)da L ni temperaturaga bog‘liq emas deb olib, bu tenglamani integrallasak,

$$\ln P=-\frac{L}{RT}+C \qquad (13.39)$$

hosil bo‘ladi. Bu ifoda to‘yingan bug‘ bosimi bilan uning temperaturasi orasidagi bog‘lanishni ifodalaydi. Agar ln$P$ bilan $1/T$ orasidagi bog‘lanish grafigi chizilsa, undan foydalanib bug‘lanishning yashirin issiqligi L ni aniqlash mumkin. 23-rasmdan



23-rasm

$$tg\beta = \frac{L}{R} \text{ yoki } L = Rtg\beta$$

Bu usul bug‘lanishning yashirin issiqligini bilvosita aniqlash usullaridan biridir.

O‘ta qizdirilgan suyuqlik va o‘ta to‘yingan bug‘larning ahamiyati. Pufakli va Vilson kameralari. To‘yingan bug‘larda kondensatsiya markazlari bo‘lmasa, bu bug‘larning to‘yinish darajasi orta boradi. Shunday bug‘ga tashqaridan biror zaryadlangan zarra kiritilsa, bu zarra to‘yinish markazi bo‘lib xizmat qiladi va zarraning tarqalishi yo‘nalishida kondensatsiyalangan bug‘ izlarini kuzatish mumkin. Vilson kamerasi ana shunday o‘ta to‘yingan bug‘dan o‘tuvchi elementar zaryadlangan zarralarning harakat izlarida to‘yingan bug‘ hosil bo‘lishini qayd qilishga asoslangan.

Bu kamera porshenli silindrdan iborat bo‘lib, silindrga past temperaturalarda kondensatsiyalanadigan gazlar (argon, geliy yoki azot) bilan birgalikda oson kondensatsiyalanadigan moddalar (suv, spirt)ning bug‘i solinadi. Porshenning surilishi tufayli gaz adiabatik kengaytirilsa, gaz soviydi va o‘ta to‘yingan holatga o‘tadi. Agar shu silindrga energiyasi katta bo‘lgan zaryadlangan zarracha kiritilsa, u tarqalish yo‘nalishida o‘ta to‘yingan bug‘ zarralarini ionlaydi va bu ionlar kondensatsiyalovchi markazlar bo‘lib xizmat qiladi. Bu jarayon fotoplyonkaga tushirilsa, kiritilgan zaryadlarning shu kameradagi harakat traektoriyalarini (aniq izlarini) qayd qilish mumkin. Ana shu usul bilan zaryadlangan zarralarning magnit maydonidagi harakat qonuniyatlarini, ularning boshqa atom va yadrolar bilan to‘qnashuv jarayonlarini qayd qilish mumkin. Bunday kameralarga Vilson kamerasi deyiladi.

Xuddi shuningdek, elementar zarralar harakat qonuniyatlarini o‘ta qizdirilgan suyuqlik solinadigan kameralarda ham qayd qilish mumkin. Bunday kameralarga pufakli kamera deyiladi. Bu kamerada suyuq vodorodning propan va boshqa suyuqliklar bilan aralashmasi katta bosimda olinadi. Bosim katta bo‘lganligi uchun bu aralashma qaynash temperaturasidan ancha yuqori, ya’ni o‘ta qizdirilgan holatda bo‘ladi. Agar shunday kameraga bosimni kamaytirish bilan energiyasi

katta zarracha kelib tushsa, zarracha tarqalish yo‘nalishida suyuqlikda pufakchalar hosil bo‘ladi va ularni qayd qilish mumkin. Pufakli kameradagi suyuqliklarning zichligi Vilson kamerasidagi gazlar aralashmasi zichligidan bir necha marta katta bo‘lganligi uchun bu kamerada, asosan elementar zarralarning protonlar bilan ta’siri o‘rganiladi.

Shunday qilib, o‘ta to‘yingan bug‘ va o‘ta qizdirilgan suyuqlik elementar zarralar hamda ularning turli xil atom, yadrolar bilan ta’sirini o‘rganishning kuchli vositalaridan biri sifatida foydalaniladi.

14-MAVZU: POLIMERLAR FIZIKASI.

Ko‘plab atom guruhlar yoki quyi molekulyar birikmalarning (*monomer* yoki *elementar*) takroranuvchi zvenolar bo‘lib kimyoviy bog‘lanishi reaksion birikkan, zanjirsimon chiziqli va to‘rsimon shakllarga ega turli konfiguratsiya, konformatsiya va yuqori massali ulkan *makromolekula polimer* deyiladi. Bunday *yuqori molekulyar birikmalar* tabiiy sharoitlarda va kimyoviy reaksiyalar asosida hosil bo‘ladi va ular mos ravishda *tabiiy* va *sintetik* polimerlar deb yuritiladi.

Polimerlarda *“poli”* - *ko‘p* va “*mer*” - *qism* degan ma’noni anglatadi va “*poli*” old qo‘shimchasi monomer nomi oldiga quyiladi, masalan, monomer *etilen* asosida sintez qilingan polimer *polietilen* deyiladi. Polimer so‘zi kimyoviy sintez qilingan yuqori molekulyar birikmalarga nisbatan qo‘llanishi o‘tgan asrning 30-yillarida Shtaunger tomonidan tavsiya etilgan. Tabiiy polimerlarni aksariyatini nomlanishi nisbatan oldinroq boshlangan bo‘lib, ular turli tabiatshunoslar tomonidan kiritilgan. Masalan, sellyuloza, fibroin, keratin, kollagen, pektin va h.k.

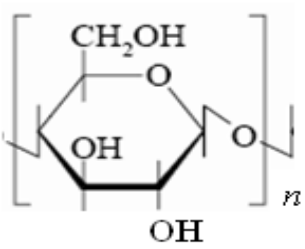
Shuni ta‘kidlash joizki, polimer makromolekulasida takrorlanadigan zvenolar to‘liqligicha zanjir tarkibiga kirsa *monomer* (*bir xil o‘lchamli*) deyiladi va aksincha, zvenolar birikishida qo‘shimcha turli elementlar yoki quyi molekulyar birikmalar ajralib chiqsa takrorlanadigan zvenolar monomer emas, *elementar zveno* deb yuritiladi. Monomerlardan farqli elementar zvenolar murakkab tuzilishli, tarkibli va olchamli quyi molekulyar birikmalar bo‘lib, odatda ular tabiiy polimerlar, jumladan, DNK, RNK, oqsil, polisaxaridlarning molekulalari tashkil

etadi. Umumiy hollarda makromolekulalalar elementar zvenolari deyilganda monomerlar ham nazarda tutiladi va aksincha.

Polimerdagi monomer (elementar) zvenolar soni *n* bilan belgilanadi va polimerlanish darajasi (PD) deyiladi. Aynan sintetik polimer polietilen uchun quyidagi monomer asosidagi formula o‘rinli bo‘ladi

$$[-CH_2 - CH_2 -]_n$$

shuningdek, tabiiy polimerlar tipik vakili polisaxarid sellyuloza uchun



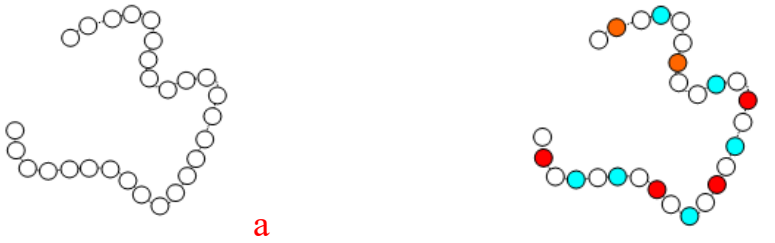
24-rasm

Odatda zvenoning nisbiy molekulyar massasi (M_o) deb belgilanadi va *n* bo‘yicha polimerning nisbiy molekulyar massasi (*M*), ya’ni $M = nM_o$ topiladi. Bunda *n* ning miqdori bir necha donadan 10000 va undan ortiq bo‘lishi mumkin. Demak, *n* ga, ya‘ni polimerlanish darajasiga bog‘liq holda polimerning molekulyar massasi turlicha bo‘ladi va shartli ravishda quyidagi toifalarga bo‘linadi: $M = 500 \div 10000$ bo‘lsa *oligomer*, undan yuqori $M = 10000 \div 50000000$ bo‘lsa *yuqori molekulyar birikma* deyiladi. Yuqori molekulyar birikmalar odatda molekulyar massalarga nisbatan quyi molekulyar massali ($M = 10000 \div 50000$), o‘rtacha molekulyar massali ($M = 50000 \div 5000000$), yuqori molekulyar massali ($M = 5000000 \div 50000000$) deb yuritiladi. Eng yuqori molekulyar massali polimerlar sirasiga DNK molekulasi kiradi va hozirda ushbu ulkan makromolekulagina shaklini elektron mikroskopiyada ko‘rishga erishilgan.

Polimerlar molekulasida bir xil monomerlar takrorlanib kelsa, bunday birikma *gomopolimer*, agar har xil monomerlar bo‘lsa – *sopolimer* deyiladi. Shuningdek, monomerlarning birikishiga qarab makromolekula *chiziqli, tarmoqlangan* va *to‘rsimon (fazoviy)* tuzilishlarga ega bo‘ladi. Bunday makromolekulyar tuzilishlarni vujudga kelishi monomerlar xiliga, kimyoviy yoki tabiiy sintezni amalga oshirish mexanizmlariga bog‘liq.

Chiziqli polimerlar va sopolimerlar odatda uzun zanjirsimon tuzilishga ega bo‘ladi. Agar monomerlarni xiliga qarab turli ranglar ○ ● ● bilan belgilasak, unda

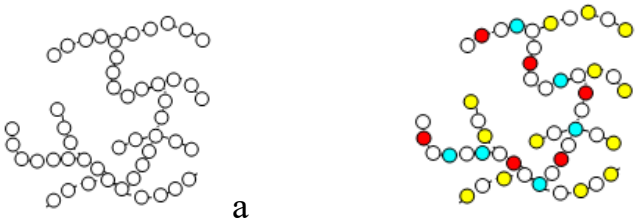
chiziqli polimer (a) va sopolimer (b) molekulyar ko‘rinishini quyidagicha tasavvur qilish mumkin:



a b

25-rasm

Tarmoqsimon polimerlar (a) yoki sopolimerlar (b) ham uzun zanjirsimon tuzilishga ega bo‘lib, ularning makromolekulasi *asosiy* (yoki *bosh*) zanjir va bir qator turli o‘lchamlarga ega *yon* zanjirlardan iborat bo‘lishi mumkin.

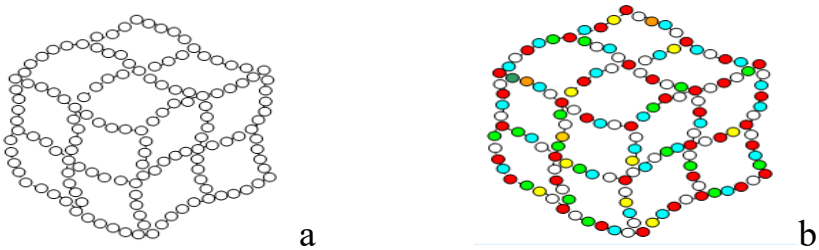


a b

26-rasm

Bunday makromolekulalarning asosiy yoki yon zanjirlari qattiq (yoki egiluvchan) bo‘lishi, shuningdek, gidrofilligi bilan farqlanishi mumkin.

To‘rsimon yoki *fazoviy* makromolekula deb monomerlar (elementar zvenolar) uzun zanjirlar bo‘lib bir biri bilan uch o‘lchamli to‘rsimon shaklda birikkan polimer (a) yoki sopolimerga (b) aytiladi. Bunday sopolimerlarda ham monomerlar (elementar zvenolar) turlicha bo‘ladi.



a b

27-rasm

To‘rsimon makromolekulalar, odatda, yuqori elastiklikka ega bo‘ladi, ular hajmiga quyi molekulyar birikmalar diffuzion tarzda kirishi, erituvchilarda cheklangan miqdorda bo‘kishi va gel-tuzilish hosil qilishi mumkin, ammo erimaydi. Bunday tuzulishni namoyon qiluvchilarning tipik vakillari kauchuk, jun keratini, teri kollageni kabi yuqori molekulyar birikmalardir.

Agar polimyerda elementar zvenolar bir xil monoton tarzda takrorlanib kelsa, zanjir bo‘ylab “uzoq tartib” hosil bo‘ladi va polimer *regulyar* deyiladi. Bunday tartibga ega bo‘lmagan polimer *noregulyar* deb yuritiladi. Noregulyarlikka turli xil sabablar olib keladi. Masalan polimerlanish jarayonida zvenolarni (◑) birikish tartibiga bog‘liq tarzda regulyar (a) va noregulyar (b) zanjirlar hosil bo‘lishi mumkin:

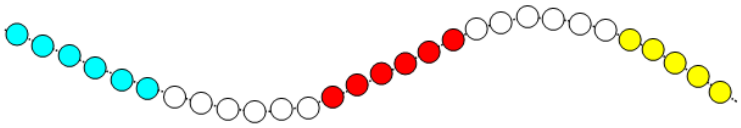


28-rasm

a b

Sopolimerlarda ham monomerlarning joylashishi tartibli yoki tartibsiz bo‘lishi mumkin. Mos ravishda bunday makromolekulalar *statistik regulyar* yoki *noregulyar* sopolimerlar deyiladi.

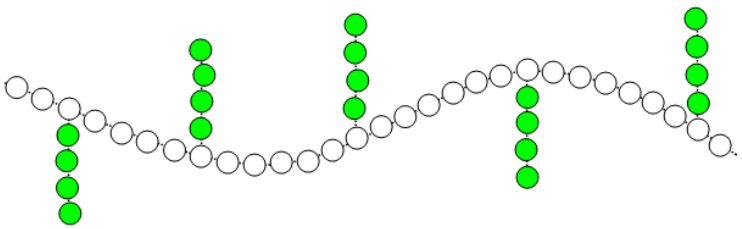
Chiziqli sopolimerda har bir tipdagi ●, ○, ●, ● monomerlar molekulyar zanjirning ma’lum uzunligida takrorlanib kelsa, bu qismlar *bloklar* va makromolekula esa *blok-sopolimer* deyiladi.



29-rasm

Bloklar uzunligi va qattiqligi (yoki egiluvchanligi) hamda boshqa fizik ko‘rsatgichlari bilan farqlanishi mumkin. Bu holat makromolekulaga turlicha xossalarni namoyon qilishga imkon beradi. Aynan shu tipdagi makromolekulalarga suyuq kristall holati xosdir.

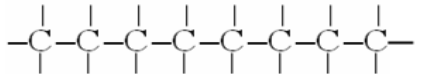
Tarmoqlangan sopolimerda asosiy zanjir bir tipdagi (○) monomerlardan va yon zanjirlar boshqa (●) tipdagi monomerlardan tashkil topgan bo‘lsa, bunday birikma *payvandli sopolimer* deyiladi.



30-rasm

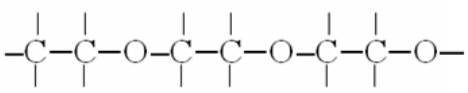
Asosiy zanjirdagi monomer zvenolarda atomlar ketma-ketligiga qarab polimer *gomozanjirli* yoki *geterozanjirli* deb ataladi.

Asosiy zanjiri bir xil atomlardan, masalan, uglerod, oltingugurt, fosfor kabilardan tuzilgan bo‘lsa, bunday birikma *gomozanjirli* polimer deyiladi. Asosiy zanjirda faqat uglerod atomi takrorlansa, polimer *karbozanjirli* deb yuritiladi.



31-rasm

Agar asosiy zanjirda monomerlar (elementar zvenolar) ketma-ketligi shakllanishi turli xil atomlar asosida shakllangan bo‘lsa, polimer (sopolimer) *geterozanjirli* deyiladi, masalan:



32-rasm

Atomlarning makromolekulyar birikmalar hosil qilish qobiliyati ularning D.I. Mendeleyev davriy tizimida joylashgan tartibiga ham bog‘liq. Birinchi guruh elementlari va bir valentli elementlar (jumladan, vodorod) polimer hosil qilmaydi, chunki zanjirli bo‘lib birikish uchun elementlar kamida ikki valentli bo‘lishi kerak. Davriy tizimning boshqa elementlari zanjirli birikmalar hosil qila oladi, ammo, ularning barqarorligi atomlar o‘rtasidagi bog‘lar mustahkamligiga bog‘liqdir.

Polimerlar elementar tarkibiga qarab *organik*, *elementorganik* va *noorganik* kabi tiplarga bo‘linadi. Ular ichida nisbatan keng miqyosda o‘rganilgani va ishlab chiqariladigani organik polimerlar hisoblanadi. Organik polimer molekulasi tarkibiga uglerod atomidan tashqari, vodorod, kislorod, azot, oltingugurt, galogenlar atomlari ham kiradi. Elementorganik polimerlar asosan uglerod va geteroatomlardan tuzilgan bo‘ladi, ammo tarkibiga azot, kislorod, oltingugurt atomlari kirmaydi. Noorganik polimerlarda esa uglerod atomi bo‘lmaydi.

Polimer zanjirida elementlarning birikishi natijasida hosil bo‘lgan bog‘lar qutblangan yoki qutbsiz bo‘lishi mumkin. Odatda bir atomlarni kovalent bog‘lanishi, masalan, N_2, O_2, Cl_2 birikmalar cheklanma qutbsiz bog‘langan deyiladi. Ularda elektron tumani (qobig‘i) ikkala atom yadrosi uchun mutloq simmetrikdir. Cheklanma qutblangan bog‘ elektronni bir atomdan ikkinchisiga

o‘tishii natijasida ajratilgan zaryadlar hisobiga hosil bo‘lgan bo‘lishi mumkin. Aslida elektronning to‘liq o‘tishii kuzatilmaydi. Elektron qaysi atomga tegishli bo‘lganligiga bog‘liq tarzda, uni turli atomlar yadrosi maydonida bo‘lishi turli xil bo‘ladi. Natijada elektronning o‘rtacha zichligi bir atomda ikkinchisiga nisbatan kattaroq bo‘ladi. Buning oqibatida ushbu atomlar asosidagi molekula ma’lum bir elektrik, yoki dipol momentga (μ_o) ega bo‘ladi va uning miqdori elektr zaryadi (q) va ular orasidagi masofaga (l) bog‘liq bo‘ladi, ya‘ni $\mu_o = ql$. Bundan $l \approx 10^{-8}$ *sm* va $q \approx 10^{-10}$ *el.st.b.* ekanligidan $\mu_o \approx 10^{-18}$ *el.st.b.sm* ≈ 1 *D (Debay).* SI tizimida $1\ D \approx 3{,}335*10^{-30}$ *Kl.m*. Ammo dipol momentining miqdori atomlar turlariga bog‘liq holda $\mu_o \approx 0 \div 10\,D$ diapazonida bo‘ladi.

Tuzilishi simmetrik bo‘lgan N_2, Cl_2, CH_4, C_2H_6 va shu kabi birikmalar, alifatik uglevodorodlar uchun $\mu_o \approx 0\ D$ bo‘lib, ular qutbsiz molekulalar deyiladi. Ulardan farqli suv molekulasi asimmetrik bo‘lib, uning dipol momenti $\mu_o \approx 6{,}14*10^{-30}\ Kl.m \approx 1{,}84\ D$ va suv qutbli molekula hisoblanadi.

Polimerning asosini tashkil etadigan uglevodorodlar qutbsizdir. Bunday polimerlar sirasiga polietilen, polipropilen, polibutadien, polizopren, poliizobutilen kabilar kiradi. Qutbli polimerlar turiga ON-guruhli polivinil spirt, sellyuloza, kraxmal, xitin, CN-guruhli poliakrilonitril, COON-guruhli poliakril va polimetakril kislotalar, C-Cl bog‘li polivinilxlorid, $OCOON_3$-guruhli atsetat sellyuloza. Ammo, molekulyar zanjirda qutbli guruhlarning bo‘lishi hamma vaqt ham polimerning qutbli bo‘lishiga olib kelmaydi. Umuman olganda molekulyar zanjirda qutbli guruhlar simmetrik joylashgan bo‘lsa, ularning elektrik maydoni kompensatsiyalangan va dipol momenti nolga teng bo‘ladi.

Asosiysi makromolekulalarning qutblanganligiga ularning orasidagi ta’sirlashishlar bog‘liq bo‘ladi. Bu holat makromolekuladagi atomlararo ichki ta’sirlashishlarda va makromolekulalararo tashqi ta’sirlashishlarda kuzatiladi. Bunday ta’sirlashishlar yangi kimyoviy birikmalar hosil bo‘lishiga olib kelmaydi, faqat makromolekulalararo tortishish yoki itarishish jarayonlarini amalga oshishiga sabab bo‘ladi. Odatda, tortitish kuchlari ta’siri $3 \div 4$ *Å* da, shushingdek, itarishish kuchlar bundan ancha yaqin masofalarda namoyon bo‘ladi. Itarishish kuchlari

kvantomexanik tabiatli bo‘lib, bitta molekulyar orbitada qarama-qarshi yo‘nalishli spinga ega ikkitadan ortiq elektron joylasha olmaganligi sababli vujudga keladi. Makromolekulalararo tortishishlar asosan *vandervaals (dispersion, deformatsion* va *orientatsion)* va *ion ta’sirlashishlar, vodorod bog‘lari* hamda *komplekslar* hosil bo‘lishi orqali namoyon bo‘ladi.

Turli qutbli va qutbsiz molekulalararo ta’sirlashishni eng universal turi *dispersion* ta’sirlashish hisoblanadi. Dispersion ta‘sirlashish kuchlarining vujudga kelishi kvant mexanikasi qonunlari yordamida tushuntiriladi va ushbu turdagi ta’sirlashish energiyasi $(U_{disp.})$ quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$U_{disp.} = - (3/2r^6)[I_1I_2/(I_1 – I_2)]\,\alpha_1\alpha_2 \qquad (14.1)$$

bu yerda r – molekulalararo masofa; I_1 va I_2 - molekula ionizatsiya energiyasi; α_1 va α_2 - o‘zaro ta‘sirlashayotgan ikkita molekulaning qutblanganligi.

Agar ikkala molekula ham dipol tuzilishga ega bo‘lsa, ular orasida *dipol – dipol* yoki *orientatsion* ta‘sirlashishlar vujudga keladi hamda energiyasi $(U_{or.})$ quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$U_{or.} = - (3/2r^6)[\mu_1^2\mu_2^2/kT] \qquad (14.2)$$

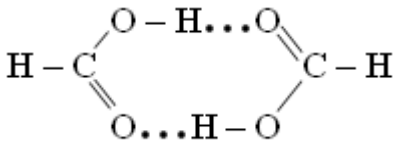
bu yerda μ_1 va μ_2 - molekulalar dipol momenti; k – Bolsman doimiysi; T – harorat.

Agar birinchi molekula dipol tuzilishga ega va ikkinchisi qutbsiz bo‘lsa, unda ikkinchi molekula birinchi molekulaning dipol maydonida qutblanadi. Chunki qutblanmagan molekulada elektronning siljishi va majburiy dipol hosil qilishi mumkin. Ushbu ta’sirlashish *deformatsion* deb yuritiladi va energiyasi (U_{def}).. quyidagi tenglama bilan ifodanaladi:

$$U_{def} \approx (2/r^6)\,\mu^2\alpha \qquad (14.3)$$

bu yerda α - qutbsiz molekulaning qutblanishi.

Energiyasi $U_{or.}$ dan ancha katta, ammo kovalent bog‘lanish energiyasidan deyarli bir tartibga kichik bo‘lgan vodorod atomi hisobiga amalga oshadigan ta’sirlashish bo‘lib, unda energiyasi $U_{vod} = 3 \div 30$ *kj/mol* diapazonida bo‘lgan *vodorod bog‘lar* hosil bo‘ladi. Quyidagi chizmada vodorod bog‘i H va O o‘rtasida nuqtalar orqali ifodalangan:



Odatda vodorod bog‘larni ON, COON, NHCO guruhlar hosil qiladi. Agar molekulada ionlashadigan guruhlar bo‘lsa, ular orasida *ion ta’sirlashishlar* hisobiga tortishish va itarishish kuchlari namoyon bo‘ladi. Uning energiyasi atomlar orasidagi masofaga teskari proporsioanal bo‘lib, ta‘sir etish masofasi vodorod energiyasinikidan ancha katta bo‘ladi.

Umuman olganda polimerlarda vandervaals (dispersion, deformatsion, orientatsion) va ion ta’sirlashishlar, vodorod bog‘lari *kuchsiz ta’sirlashishlar* va *bog‘lar* deb e’tirof etiladi. Polimerlarda katta energiyali *kuchli bog‘lar* bu zanjir elementlarini kimyoviy birikib hosil qilgan kovalent (*250 ÷ 300 kJ/mol*) bog‘lari hisoblanadi. Agar polimer tizimga tashqi fizik (issiqlik, mexanik, nurlanish) faktorlar, shuningdek, turli erituvchilar, ayniqsa, kislotalar, ishqorlar va tuzli eritmalar ta’sir etsa dastlab kuchsiz ta’sirlashishlar va bog‘lar uziladi, so‘ngra kuchli kimyoviy bog‘lar parchalanadi. Odatda kimyoviy bog‘larning uzilishi, ya’ni polimerlarning parchalanishi $300\ ^oC$ dan yuqori haroratlarda hamda kuchli kislotali va ishqorli muhitlarda ro‘y beradi.

Ammo, teskari jarayon, ya‘ni elementlarni kimyoviy birikishi – polimer sintezi nisbatan past haroratlarda reaksion muhitlarda amalga oshadi. Masalan, tabiiy polimerlar organizm haroratida sintez bo‘ladi, vaholanki organizmdagi harorat atrof muhit haroratidan unchalik katta farq qilmaydi. Umuman olganda polimerlar, ya’ni yuqori molekulyar birikmalar hosil bo‘lishi *polimerlanish* va *polikondensatsiya* reaksiyalari bo‘yicha *kimyoviy* va *tabiiy* sintezlar orqali amalga oshadi. Sintez qilingan polimerlarni molekulyar tuzilishini o‘zgartirish uchun esa turli xil kimyoviy va fizikaviy *modifikatsiya* usullaridan foydalaniladi.

Polimerlanish va uning turlari

Elementar zvenolarning uchlarida reaksion *faol markazlar* bo‘lib, ular orqali birikish - sintez amalga oshadi. Faol markazlar tabiatiga (*radikal* yoki *ion*) bog‘liq holda polimerlanish *radikalli* yoki *ionli* deb farqlanadi.

a) Radikal polimerlanish hamma vaqt *zanjirli mexanizm* bo‘yicha amalga oshadi. Bunda faol markazlar funksiyasini erkin radikallar bajaradi. Radikal polimerlanishni amalga oshiradigan eng taniqli monomerlar guruhiga etilen, vinilxlorid, akrilonitril, metakrilat, stirol, butadien kabilar kiradi. Radikal polimerlanish jarayoni bir nechta elementar kimyoviy bosqichlarni o‘z ichiga oladi: *initsirlash, zanjir o‘sishi, zanjir uzilishi* va *zanjir uzatilishi.*

Initsirlash reaksiya muhitida reaksion zanjirlarni boshlovchi erkin radikallarni yaratish jarayonidir. Bunday jarayonni amalga oshiradigan moddalar *initsiator* deyiladi. Masalan, oksidlovchi-qaytaruvchi (tiklanuvchi) tizimlar initsiator bo‘la oladi. Shuningdek, radikal polimerlanishda yorug‘lik kvantini yutish orqali *fotokimyoviy initsirlash* va yuqori energetik nurlanish (γ-nurlar, α-zarrachalar, neytronlar, elektronlar va sh.k.) orqali *radiatsion-kimyoviy initsirlash* qo‘llanadi.

Zanjir o‘sishi initsirlash natijasida hosil bo‘lgan erkin radikallarga monomerlarning birikish jarayonidir. Bu jarayon zanjir o‘sishi *tezligi doimiysi* (*k*) va *faollik energiyasi* (E_a) kabi parametrlarga bog‘liq. Odatda $E_a = 12 – 40$ *kJ/mol.*

Zanjir uzilishi zanjirlarni kinetik va material cheklanish reaksiyasi bo‘lib, bu jarayon tizimda faol markazlarni yo‘qolishiga yoki ular o‘rniga yetarlicha faol bo‘lmagan monomerlar paydo bo‘lishiga, zanjirlarni o‘sishini to‘xtashiga olib keladi. Natijada turli molekulyar massali zanjirlar hosil bo‘ladi va *polimolekulyarlik*, ya‘ni *polidisperslik* yuqori bo‘lishi kuzatiladi. Bunda zanjir uzilish faollik energiyasi $E_a = 6$ *kJ/mol* dan oshmaydi. Zanjirlar uzilishini amalga oshirish, ya’ni radikallar bilan ta‘sirlashib reaksiyani to‘xtatish uchun *ingibitor* moddalar ham qo‘llanadi.

Zanjir uzatish reaksiyasida biror bir tanlangan *zanjir uzatish* molekulasi bilan o‘sadigan radikal atomi uziladi, natijada yangi radikal hosil bo‘ladi va zanjir o‘sishining kinetik reaksiyasi davom etadi.

Polimerlanish darajasi (*R*) sintez qilingan polimer uchun kinetik tadqiqotlar natijalari asosida hisoblanadi. Uning miqdori $R = s/Z$, ya‘ni polimerlanish davrida polimer molekulasi tarkibiga kirgan monomerlar sonini (*s*) hosil bo‘lgan molekulyar zanjirlar soniga (*Z*) nisbatiga teng. Shuningdek, *R* miqdori bevosita

polimerlanish paytida aniqlashini mumkin. Buning uchun zanjir o‘sish tezligi (v_p), zanjirni bimolekulyar uzilish tezligi (v_o) hamda monomer va erituvchiga zanjir uzatish tezligi yig‘indisi (v_{uzat}) aniqlanadi va $R = v_p (v_o + \Sigma v_{uzat})$ formula yordamida R miqdori hisoblanadi.

b) Ionli polimerlanish kinetik qonuniyatlari va mexanizmlari murakkab bo‘lib, unda oraliq faol markazlar turli shakllarda bo‘lishi mumkin: *erkin ionlar, ion juftligi, polyarizatsion komplekslar* va sh.k. Zanjirli ion polimerlanish ikki tipga bo‘linadi: *kationli* va *anionli.*

Kationli polimerlanish jarayonida o‘sayotgan zanjirning reaksion qobiliyatli uchi *musbat* zaryadlangan bo‘ladi:

$$\sim M_n^+ + M \rightarrow \sim M_{n+1}^+$$

Anionli polimerlanish jarayonida o‘sayotgan zanjirning reaksion qobiliyatli uchi *manfiy* zaryadlangan bo‘ladi:

$$\sim M_n^- + M \rightarrow \sim M_{n+1}^-$$

c) Steroregulyarlik. Polimer zanjirida monomer zvenolar turli xil fazoviy konfiguratsion shaklga ega bo‘ladi. *Konfiguratsiya* tushunchasi atomlarni zanjirdagi geometrik joylashishini anglatadi va uni faqat kimyoviy bog‘larni uzish yoki qayta tiklash orqali o‘zgartirish mumkin. Turli xil ketma-ketlikda birikish imkoniyatidan monomer zvenolarining faqat bir xil konfiguratsiyasi takrorlansa yoki bir necha konfiguratsiyalar ma’lum bir qonuniyat asosida takrorlansa polimerlanish *stero o‘ziga xoslik* deyiladi va polimer *steroregulyar* deb yuritiladi. Radikal va ion polimerlanishda steroregulyarlik holati kuzatiladi.

Polimerlanishda monomer zvenolar “*boshga bosh*” yoki “*boshga dum*” holatlarida birikishi mumkin. Bunday monomerlar tartiblanishiga ega polimyerda atomlar *psevdoasimmetrik* joylashgan bo‘ladi. Makromolekulada psevdo-asimmetrik atomlar konfiguratsiyasi bir xil bo‘lsa, zanjir *izotaktik* (a), agarda psevdosimmetrik atomlar konfiguratsiyasi qarama - qarshi bo‘lsa va qat‘iyan ketma-ket kelsa, bunday zanjirlar *sindotaktik* (b) deyiladi. Psevdoasimmetrik atomlarni tasodifiy ketma-ketlikdagi zanjir konfiguratsiyasi mavjud bo‘lgan makromolekulalar *ataktik* (c) deb ataladi.



33-rasm

a b c

Ushbu formulalar asosida Fisherning psevdoasimmetrik atomlar konfiguratsiyalari ifodalangan polimer zanjirlar proeksion tasvirlaridir.

g) Polimerlanish usullari. Amaliyotda polimerlanishning to‘rtta usuli kengroq qo‘llanadi: *blokda; eritmada; emulsiyada; suspenziyada*.

Blokda (massada) polimerlanish – bu kondensirlangan fazada erituvchi bo‘lmagan holda monomerlarning polimerlanishini amalga oshirishdir. Reaksiya davomida monolit blok shakllanadi, u o‘zi sintez bo‘lgan idish yoki qolipning shaklini egallaydi. Usulning afzalligi erituvchi ishlatilmasligi va qolipda kerakli shakldagi material va buyumni shakllantirish imkoniyati mavjudligidir. Asosiy kamchilik esa ajralib chiqqan issiqlikni bartaraf etishning murakkabligidir.

Eritmada polimerlanish jarayoni monomerni hosil bo‘ladigan polimer bilan aralashadigan suyuqlikda, yoki faqat monomer eriydigan muhitda olib boriladi. Usulning afzalligi ajraladigan issiqlikni oson chiqarib yuborish imkoniyatini mavjudligidadir. Kamchiliklar esa erituvchi tayyorlash va uni regeneratsiya qilish, olingan polimerni yuvish va quritish bilan bog‘liq qo‘shimcha sarf-xarajatlardir.

Emulsiyada polimerlanish aralashmaydigan fazalar orasidagi mukammal sirtli muhitida amalga oshiriladi. Bunday fazalar birida monomer bo‘ladi. Emulgator qo‘shilishi bilan mitsellalar hosil bo‘ladi, unda monomer qisman eriydi va qisman tomchi (10^{-8} *sm*) bo‘lib shakllanadi. Mitsella soni tomchinikidan 10^{6} marta katta bo‘ladi. Tomchilar polimerlanishi mitsellada boshlanadi, ya’ni kolloid zarrachalar ulkan lateks zarrachalarga aylanadi. Bunday murakkab kimyoviy jarayon emulsion polimerlanish deb yuritiladi.

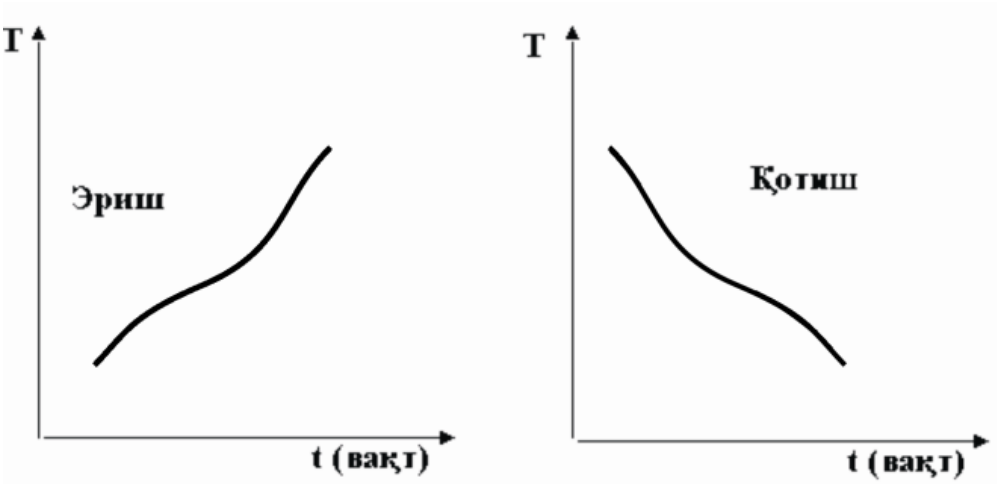
Suspenziyada polimerlanish jarayoni tomchilar ko‘rinishidagi ($10^{-5} \div 10^{-1}$ *sm*) monomerlarni, ular erimaydigan yoki o‘ta yomon eriydigan muhitda (odatda suvda) amalga oshiriladi. Odatda, tomchilar suvda eruvchan polimerlar bilan

barqarorlashtiriladi va monomyerda eriydigan radikal initsiator yordamida polimerlanish olib boriladi.

Polimerlanishning ushbu usullari reaksiya kirishadigan komponentlarning tabiatiga va miqdoriga hamda kinetik jarayonni, ya‘ni reaksiyani qay darajada tezlikda amalga oshishiga bog‘liq bo‘ladi. Buning uchun polimerlanish jaroyonining kinetik qonuniyatlari aniqlanishi o‘ta muhim ahamiyat kasb etadi.

15-MAVZU: QATTIQ JISMLAR FIZIKASI.

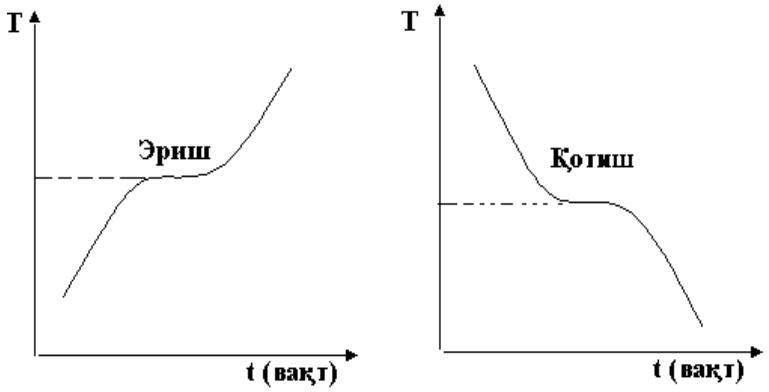
Qattiq jismlar zarralari orasidagi potensial energiya kinetik energiyaga nisbatan bir necha barobar katta va shuning uchun ham ular o‘z hajmi va shakllarini saqlay oladi. Biroq shunday qattiq moddalar ham borki, ular o‘z shakllarini saqlay olsalarda, boshqa xossalari bilan suyuqliklarga o‘xshaydi. Bunday qattiq moddalarga amorf moddalar deyiladi. Amorf moddalarga turli xil smolalar, plastmassalar, shishalar, parafin kabi moddalar misol bo‘la oladi. Bu moddalar aslida yopishqoqligi katta bo‘lgan suyuqliklardir. Chunki bu moddani tashkil etuvchi zarralar suyuqliklardagi kabi yaqin tartibda joylashgan. Ular qizdirilsa avval yumshaydi va asta sekin eriydi. Erish davomida ularning temperaturasi o‘zgarib boradi. Xuddi shuningdek qotishi ham bir temperaturada bo‘lmasdan temperatura pasaygan sari asta-sekin qotadi (34-rasm).



34-rasm

Bunday moddalardan farqli o‘laroq shunday qattiq jismlar ham borki, ular aniq erish va qotish temperaturalariga ega. Erish va qotish paytida ularning

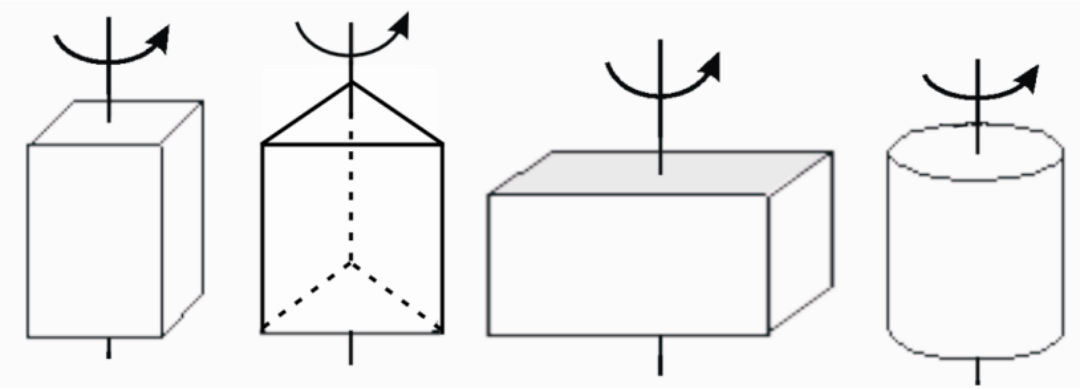
temperaturalari o‘zgarmaydi (34-rasm) va bu jismlarga kristall jismlar deyiladi. Bundan keyin qattiq jismlar haqida so‘z borganda ana shu kristall jismlar tushunilmog‘i lozim.



35-rasm

Qattiq jismlarning gazlar va suyuqliklardan farqli o‘ziga xos jihatlaridan biri ularning anizotropiyasidir. Kristallarning anizotropiyasi ularni tashkil etuvchi zarralarning joylashishi aniq fazoviy strukturaga va davriylikka ega ega bo‘lib, bu struktura ma’lum simmetriyaga ega ekanligidan kelib chiqadi. Qattiq jismlar simmetriyasi ularni gaz va suyuqlikdan farq qilishga olib keluvchi asosiy ko‘rsatkichdir. Qattiq jismlarning simmetrikligi o‘rin almashtirishlarda o‘z-o‘zini qoplash darajasi bilan aniqlanadi. Boshqacha aytganda simmetriya deganda, ma’lum harakat va operatsiyalar tufayli qattiq jismlarning o‘z-o‘zini qoplay olish imkoniyati tushuniladi.

Jismlarning o‘z-o‘zini qoplay olish qancha ko‘p operatsiyalar tufayli amalga oshirilsa, uning simmetriklik darajasi shunday yuqori hisoblanadi. Bir necha misollar keltiraylik: asosi kvadrat bo‘lgan muntazam prizma markazidan o‘tuvchi o‘q atrofida har 90° burchakka burilganda, o‘z-o‘zini qoplaydi. Bir marta to‘la aylanganda to‘rt marta o‘z-o‘zini qoplaydi (36-rasm, a)). Prizmaning asosi muntazam uchburchak bo‘lsa, o‘z-o‘zini qoplashga har 120° ga burilganda va bir to‘la aylanganda uch marta erishiladi (36-rasm, b)).



a) *b)* *v)* *g)*

36-rasm

Prizmaning asosi kvadrat bo‘lmagan to‘rtburchak bo‘lsa, o‘q atrofida 180° burchakka burilganda o‘z-o‘zini qoplash ro‘y beradi. Asosi doiradan iborat bo‘lgan silindrni o‘q atrofida istalgan burchakka burganda ham (farqi yo‘q) o‘z-o‘zini qoplayveradi.

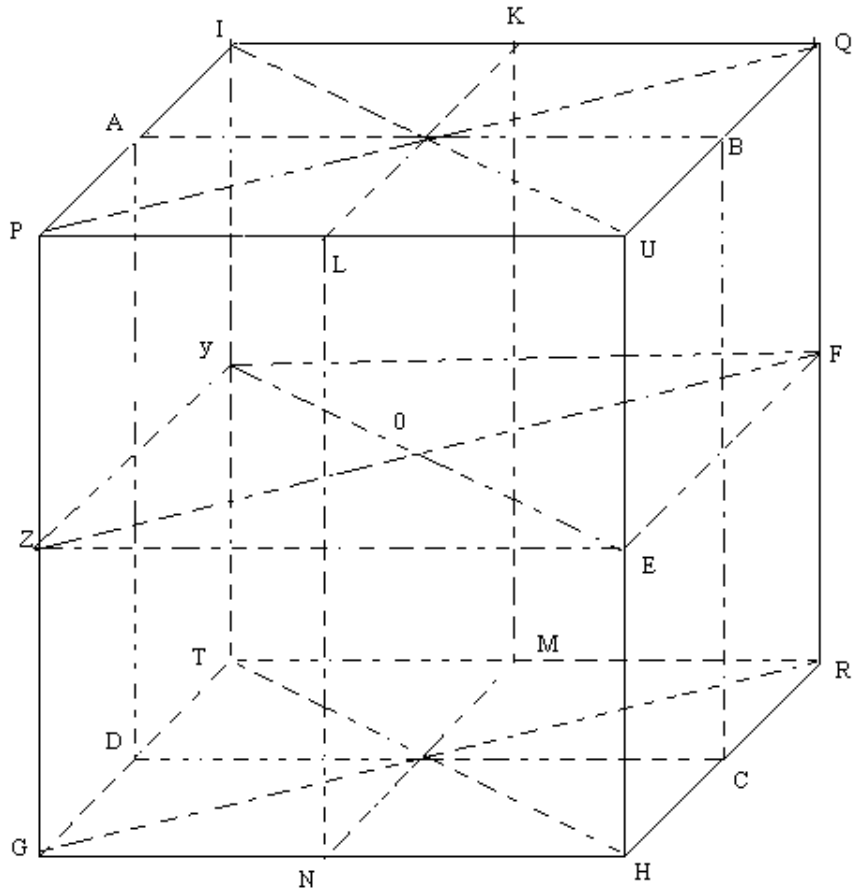
Jismlarning o‘z-o‘zini qoplashiga jismni faqatgina ma’lum o‘q atrofida aylantirish orqali erishilmasdan boshqa operatsiyalar tufayli ham erishish mumkin. Ana shunday barcha operatsiyalar to‘plamiga simmetriya elementlari deyiladi.

Qattiq jismlarning tuzilishi xilma xil bo‘lishiga qaramasdan ularning o‘z-o‘zini qoplashiga faqat to‘rtta simmetriya elementlari yoki ularning kombinatsiyalari orqali erishish mumkin. Bu simmetriya elementlariga quyidagilar kiradi:

1. Simmetriya o‘qlari. Agar jismning o‘z-o‘zini qoplashishiga erishishi ma’lum o‘q atrofida $\varphi = \frac{360^0}{n}$ burchakka burish tufayli erishilsa, bu o‘qqa *n*–tartibli simmetriya o‘qi deyiladi. Masalan, yuqorida ko‘rib o‘tilgan kvadratik prizma o‘z vertikal o‘qi atrofida xar 90° burchakka burilganda o‘z-o‘zini qoplaganligi uchun u $n = \frac{2\pi}{90} = 4$ tartibli vertikal simmetriya o‘qiga ega deyiladi. Bundan tashqari bu prizma yana 2 ta ikkinchi tartibli simmetriya o‘qiga ega (*x* va *u* o‘qlari bo‘yicha).

Har qanday jism istalgan nuqtasidan (36-rasm, a)) o‘tgan o‘q atrofida 2π burchakka burilganda o‘z-o‘zini qoplaganliklari uchun tabiatdagi barcha jismlar birinchi tartibli simmetriya o‘qiga ega.

2. Simmetriya tekisliklari. Agar jismlarning o‘z-o‘zini qoplashi uning



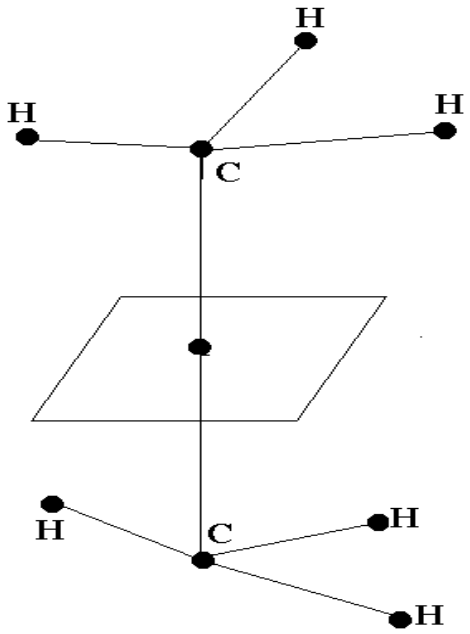
37-rasm

kesimlarining biror tekislikda ko‘zguli aks ettirish orqali erishilsa, bu tekislikka simmetriya tekisligi deyi-ladi. Masalan, kvadratik prizma beshta simmetriya tekisligiga ega (*AVSD, LKMN, FEZY, PQGR, JUHT*) (37-rasm).

3. Simmetriya markazi. Jismning o‘z-o‘zini qoplashi biror markazda invers aks ettirish orqali erishilsa, bu markazga simmetriya markazi deyiladi. Masalan, kvadratik prizmada 0 nuqta simmetriya markazi hisoblanadi. Bu jismning o‘z-o‘zini qoplashiga shu 0 nuqtaga ko‘zguli aks ettirish orqali ham erishish mumkin (37-rasm).

4. Buralma-akslanma simmetriya o‘qi. Agar jismlar-ning o‘z-o‘zini qoplashiga ma’lum o‘q atrofida $\frac{360^0}{n}$ burchakka burilib, keyin biror tekislikda

ko‘zguli aks ettirish orqali erishilsa bunday simmetriya elementiga *n*–tartibli buralma-akslanma simmetriya o‘qi deyiladi. Masalan, etan molekulasi 3-tartibli buralma-akslanma simmetriya o‘qiga ega (38-rasm).



38-rasm

Jismlarni xarakterlaydigan simmetriya elementlarining to‘pla-miga simmetriya gruppasi deyiladi. Jism qancha ko‘p simmetriya elementlariga ega bo‘lsa, u shuncha ko‘p simmetriklikka ega bo‘ladi. Masalan, shar markazdan o‘tuvchi cheksiz sondagi simmetriya tekisligiga va simmetriya o‘qiga hamda simmetriya markaziga ega. Shuning uchun ham shar o‘ta simmetrik shakldir.

Yuqorida ko‘rib o‘tilgan simmetriya elementlari turli xil kristallarda turli xil kombinatsiyada uchrashi mumkin, ya’ni bir kristallning o‘zi bir necha simmetriya elementlariga ega bo‘lishi mumkin. Aniq izlanishlar tabiatdagi barcha kristallar simmetriya elementlarining 32 xil kombinatsiyasidan iborat ekanligini ko‘rsatdi.

Kristallarda mavjud bo‘lgan ana shu simmetriya elementlarining kombinatsiyasi simmetriya sinfi deb aytiladi. Mavjud bo‘lgan barcha 32 simmetriya sinfini 7 simmetriya sistemasiga ajratib o‘rganiladi. Bularga triklin, monoklin, rombik, trigonal, geksagonal, tetrogonal va kubik sistemalar kiradi.

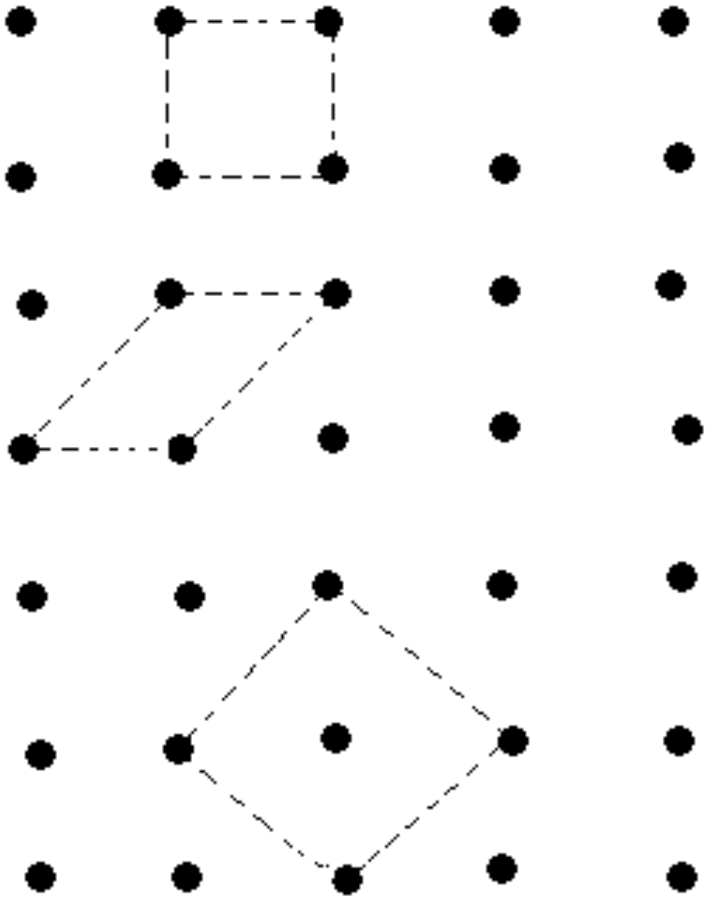
Kristall panjara. Brave panjarasi.

Qattiq jismlar simmetriyasi ularni tashkil etuvchi zarralarning simmetrik joylashuvidan kelib chiqadi. Qattiq jism zarralari fazoda bir-biridan ma’lum

masofada (fazoni *x,u,z* koordinata o‘qlari orqali tasvirlash mumkin) kristall panjara tugunlarida o‘rnashib, muvozanat holat atrofida tebranma harakatda bo‘ladi. Zarralar orasidagi masofa shu zarralar joylashishining muvozanatda bo‘lish sharti bilan aniqlanadi va masofa uch yo‘nalishda butun qattiq jism bo‘ylab davriy ravishda takrorlanadi.

Kristallning ma’lum tekislikdagi zarralari (atom, ion, molekulalari) ning joylashish tartibi bilan tanishaylik.

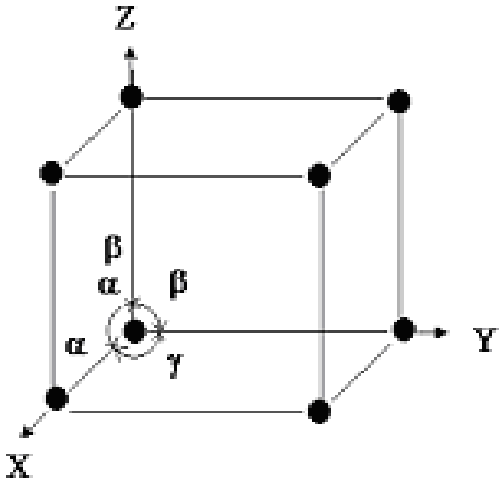
Zarralar orasidagi masofa ma’lum yo‘nalishda bir xil bo‘lib, davriy ravishda takrorlanib keladi va butun kristall ana shunday takrorlanib keluvchi zarralar sistemasidan tashkil topadi.



39-rasm

39-rasmda tekislikda tasvirlangan kristall kesimining to‘rtburchak, parallelogramm, romb shakllaridan iborat figuralarning davriy takrorlanishidan hosil bo‘lishi ko‘rsatilgan. Agar bu panjarani fazoda tasvirlaydigan bo‘lsak, 40-rasmdagi tasvir hosil bo‘ladi. Kristallar ana shunday elementar panjaralarning

davriy takrorlani-shidan hosil bo‘ladi. Kristall zarralari joylashadigan nuqtalarga ularning tugunlari deyiladi.



40-rasm

Kristall panjara tugunining istalganini koordinata boshlani-shi deb olib, boshqa tugunlarning fazodagi holatini shu nuqtaga nisbatan aniqlash mumkin:

$$r = m_0 a + n_0 b + p_0 c$$

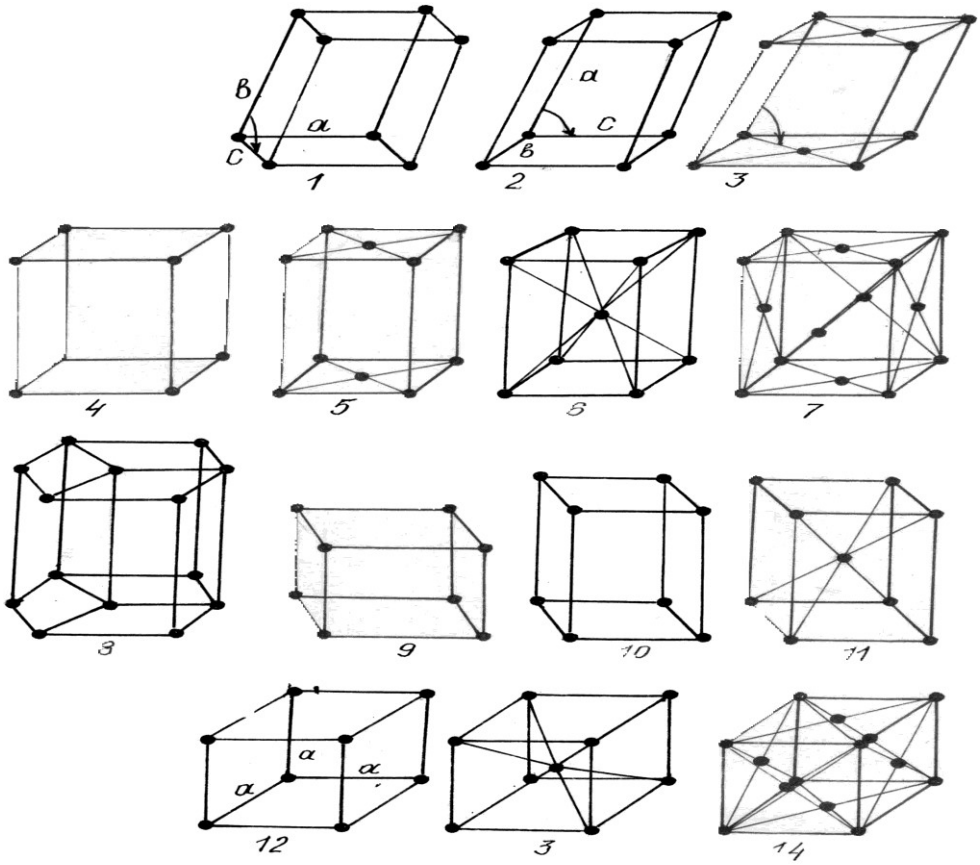
bu yerda m_0, n_0, p_0 – butun sonlar, a, b, c lar elementar panjara bazislari yoki davrlari deyiladi.

Qirralarining uzunliklari panjara davrlariga teng bo‘lgan va tugunlarida zarralar joylashgan fazoviy panjara elementar panjarani tashkil etadi. Ana shu elementar panjarani bazislar yo‘nalishida o‘z-o‘ziga parallel ko‘chirishdan hosil bo‘ladigan panjaraga Brave panjarasi deyiladi.

Ko‘p hollarda kristall bir emas, bir necha Brave panjaralaridan tashkil topadi. Barcha kristallarning tuzilishini o‘rganish hammasi bo‘lib o‘n to‘rt xil Brave panjaralari mavjud ekanligini ko‘rsatdi.

Bularga triklin 1 ($a \neq b \neq c, \quad \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$ bo‘lgan parallelepiped uchlarida joylashgan), monoklin 2, yoqlari markazlashgan monoklin 3, oddiy rombik 4, asosi markazlashgan rombik 5, hajmda markazlashgan rombik 6, yoqlari markazlashgan rombik 7, geksagonal 8, romboedrik 9, tetrogonal 10, hajmda markazlashgan tetrogonal 11, oddiy kubik 12, hajmda markazlashgan kubik 13 va yoqlari markazlashgan kubik 14 panjaralar kiradi (41-rasm). Bular orasida eng kam

simmetriklikka triklin panjara ega bo‘lsa, eng maksimal simmetriyaga kubik panjara ega.



41-rasm

Kristall panjara parallelepipeddan iborat bo‘lib, bu parallelepipedning yon tomon, qirralari va hajmida zarralar bo‘lmasdan, faqat uchlarida bo‘lsa, bunday pajaraga primetiv (sodda) panjara deyiladi.

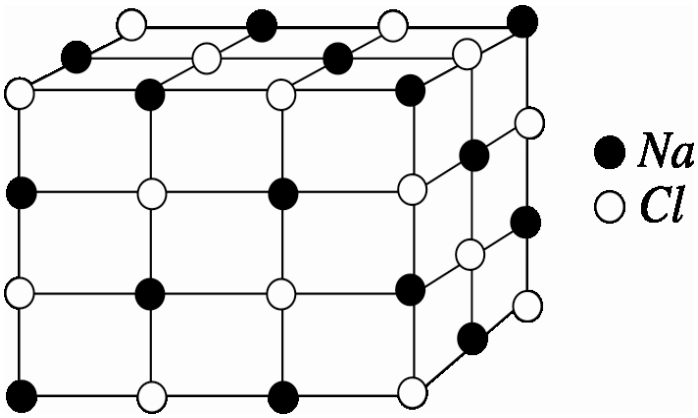
Kristall panjarada zarralar faqat tugunlarda emas, yon tomon markazida, qirra markazida, hajm markazida ham bo‘lishi mumkin. Bunday panjaralarga yon tomonda markazlashgan (3,5,7,8,14), hajmda markazlashgan (6,11,13) elementar panjaralar ham deb yuritiladi.

Kristall panjaralarning muhim xossalaridan biri uni o‘z bazisiga parallel ko‘chirilganda o‘z-o‘zini qoplashidir. Shuning uchun kristall panjara qattiq jismlarga tegishli simmetriya elementlaridan tashqari translyatsion (o‘z-o‘ziga parallel ko‘chirish) simmetriya elementiga ham ega. Elementar panjarani *r* vektori bo‘yicha siljitilsa, o‘z-o‘zini qoplaganligi uchun *r* ga translyatsiya vektori ham deyiladi.

Shunday qilib, Brave panjarasi kristall panjaraning tamomila aniq tuguni uchun uni a,b,c o‘qlari bo‘ylab o‘z-o‘ziga parallel ko‘chirish Yo‘li bilan yasaladi.

Agar boshlang‘ich nuqta sifatida boshqa tugun tanlansa, u holda boshqa Brave panjarasi hosil bo‘lishi mumkin. Ayrim hollarda bitta kristall bir-biriga nisbatan ko‘chirilgan bir necha Brave panjaralari sistemasidan iborat bo‘lishi mumkin.

Masalan, $NaCl$ kristall Na^+ va Cl^- ionlaridan tashkil topgan ikki Brave panjarasidan iborat bo‘lib, bu panjaralar bir-biriga nisbatan kub qirrasining yarmiga teng masofaga ko‘chirilgan (42-rasm).



42-rasm

Elementar panjara ham translyatsiya vektori-dan tashqari, simmetriya tekisliklari, simmetriya markazi, simmetriya o‘q-lari, buralma-akslanma o‘qlari – vint o‘qi va sirpanish tekisligi kabi simmetriya elementlariga ega. Berilgan panjara ega bo‘lgan barcha simmetriya elementlari to‘plami panjaraning fazoviy gruppasi deyiladi. Barcha kristall panjaralar uchun 230 xil fazoviy gruppalar mavjud bo‘lishi Y.S.Feodorov tomonidan ko‘rsatilgan.

Shunday qilib, qattiq jismlar davriy ravishda takrorlanib keluvchi elementar – kristall panjaradan tuzilgan bo‘lib, bu davriylik butun kristall bo‘ylab, ya’ni bir necha zarralar orasidagi masofasigacha ham davom etadi. Shuning uchun ham qattiq jismlar uzoq tartibga ega deb aytiladi.

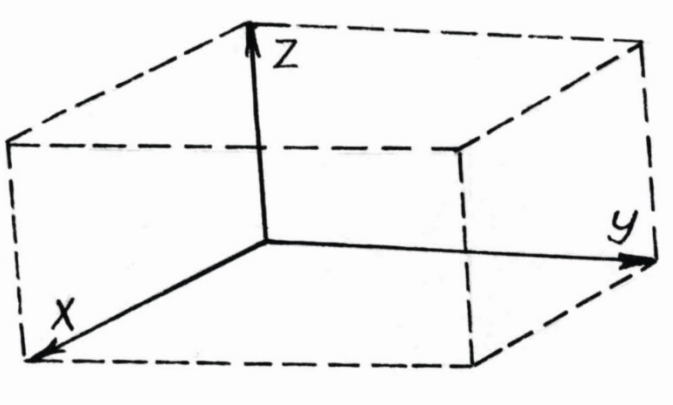
Kristallardagi tekisliklar va yo‘nalishlarning simvolik belgilari. Miller indekslari. Yuqorida ta’kidlanganidek, kristallar anizotropiyasi uning turli xil yo‘nalishlardagi zarralari orasidagi masofa turlicha va binobarin, xossalari turlicha ekanligidan kelib chiqadi. Shuning uchun bu yo‘nalishlarni farqlash va ularni

ma’lum tarzda belgilash kerak. Kristall panjaradagi atomlar vaziyatini aniqlash uchun maxsus koordinatalar sistemasidan foydalaniladi. Panjara tugunlaridan biri koordinata boshi qilib, elementar panjaraning mos qirralari esa koordinata o‘qlari qilib olinadi. Bundan ko‘rinadiki, bu koordinata o‘qlari to‘g‘ri burchakli yoki o‘zaro perpendikulyar bo‘lishi shart emas. Kristall panjaraning qirralari qanday bo‘lsa shundayligicha olinadi.

Kristallda atomlar yotuvchi cheksiz sondagi tekisliklarni tanlab olish mumkin. Bu tekisliklarning kristall o‘qlaridagi tenglamasi

$$\frac{x}{A}+\frac{y}{B}+\frac{z}{C}=1 \qquad (14.4)$$

bilan aniqlanadi. Bu yerda *A,V,S, x,y,z* o‘qlaridagi kesma uzunliklari. Birlik uzunlik qilib Brave panjarasi – parallelepipedi qirralarining uzunligi olinadi va parallelepiped qirralarining uzunligi turlicha bo‘lganligi uchun uning turli yo‘nalishdagi uzunlik birligi turlicha bo‘ladi (42-rasm).



42-rasm

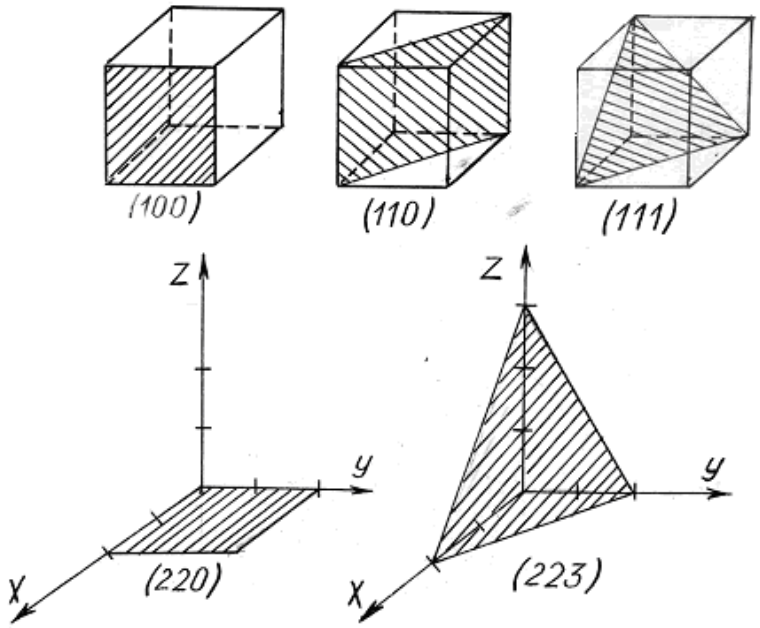
A,B,C lar ana shu uzunlik birliklariga karrali miqdorlardir. Umuman aytganda bunday tekisliklar tugunlar-dan o‘tmasliklari ham mumkin. U holda *A,B,C* lar butun sonlar bo‘lmasdan, kasr sonlar ham bo‘lishi mumkin. Lekin har doim ratsional sonlardir.

(14.4) tenglamani

$$hx+ky+lz=D \qquad (14.3)$$

ko‘rinishda ham yozish mumkin.

Bu yerdagi *h,k,l* lar butun sonlardan iborat bo‘lib, Miller indekslari deyiladi. Bu indekslar kristalldagi teksliklar holatini bir qiymatli aniqlaydi va (*hkl*) ko‘rinishda yoziladi. Minus ishora Miller indekslarining ustiga qo‘yiladi. 43-rasmda Miller indekslarining qo‘llanishiga doir misollar keltirilgan.



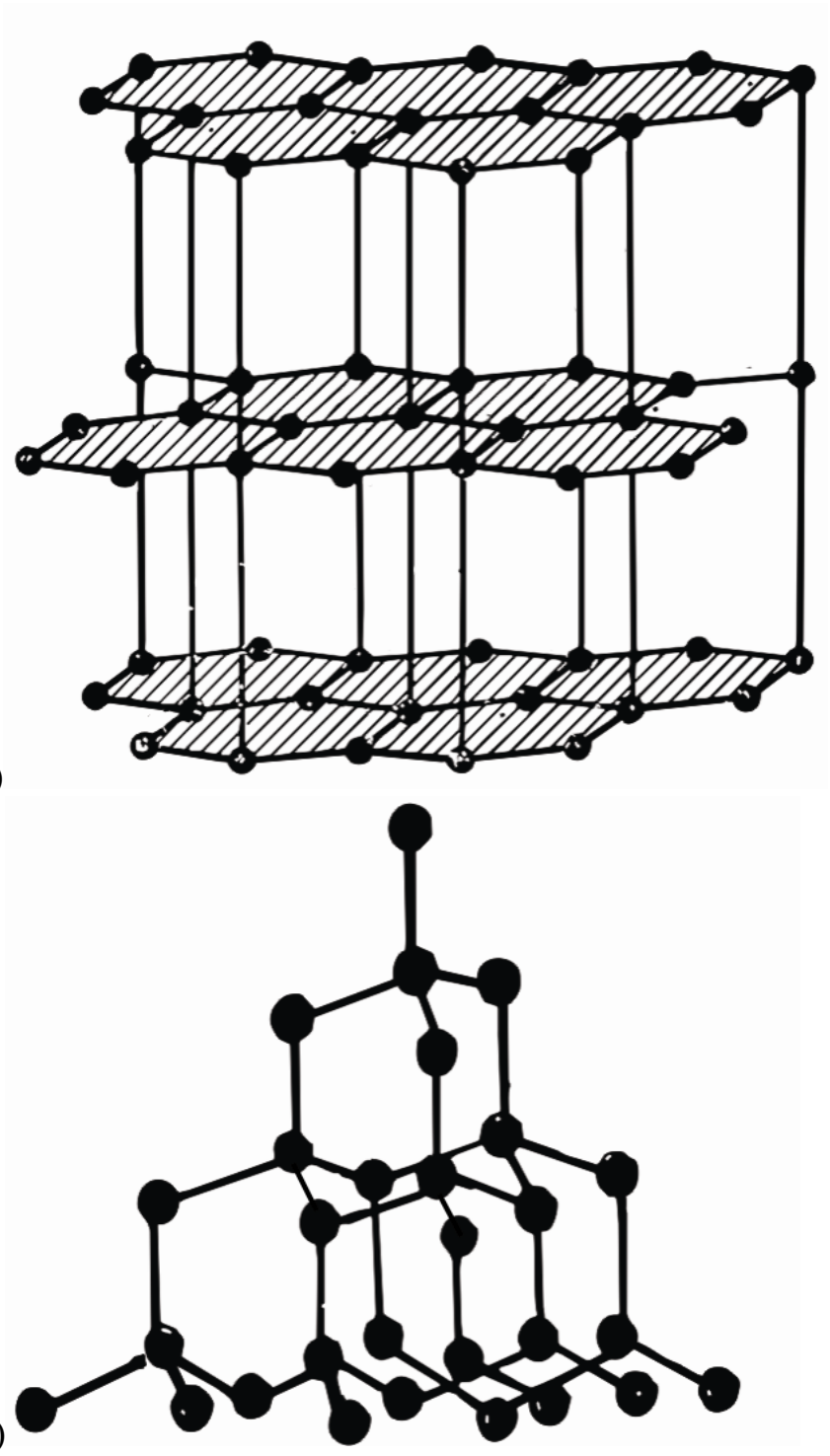
43-rasm

Kristalldagi yo‘nalishlar ham indekslar bilan belgilanadi. Yo‘nalishlarni belgilashda indekslar o‘rta qavsga olinadi va yo‘nalish indeks bilan aniqlanadigan tekislikka perpendikulyar yo‘nalishdan iborat. Masalan, [330] yo‘nalish (330) tekislikka perpendikulyar yo‘nalishni xarakterlaydi.

Ximiyaviy elementlar va kristall panjara turlari.

Kristallning xossalari panjara tugunida turgan zarralarning ximiyaviy tarkibi va kristall panjara strukturasi bilan aniqlanadi. Boshqacha qilib aytganda, strukturasi bir xil, lekin turli xil ximiyaviy elementlardan tashkil topgan kristallning xossalari bir-biridan keskin farq qiladi. Xuddi shuningdek, ximiyaviy tarkibi bir xil, lekin strukturasi har xil panjaraga ega bo‘lgan kristallar xossalari ham bir-biridan keskin farq qiladi. Masalan, olmos va grafit kristallarining panjara tugunlarida uglerod atomlari joylashgan bo‘lishiga qaramasdan, ularning strukturasi bir-biridan farq qilganliklari uchun ularning xossalarida xam farq mavjud. Grafit geksagonal strukturaga ega bo‘lib (44-rasm), u yassi parallel qatlamlaridan tashkil topgan. Qo‘shni qatlamlar orasida masofa bir qatlamlardagi qo‘shni atomlar orasidagi

masofadan 2-3 marta katta bo‘lib, ular o‘zaro Van-der-Vals kuchlari orqali bog‘langan. Qo‘shni qatlamlarning ana shunday bog‘lanishi grafitdagi o‘ziga xos yumshoqlikka sabab bo‘ladi. Grafit kristalli bosilsa, u holda panjara qatlamlari



44-rasm

sirpanib, bir-biriga nisbatan siljiydi. Yozish uchun grafitning qo‘llanilishi uning shu xossasiga asoslangan (44-rasm, a)).

Olmos esa yoqlari markazlashgan ikkita kubik panjaradan iborat bo‘lib, ular bir-biriga nisbatan kub fazoviy diagonalining to‘rtdan bir ulushi qadar masofaga siljigan. Shuning uchun u yassi qatlamlarga ega emas, (44-rasm, b)) va uning ayrim qatlamini boshqa qatlamga nisbatan siljitib bo‘lmaydi.

Ana shunday ximiyaviy tarkibi bir xil, lekin strukturasi har xil bo‘lgan kristallarga polimorf kristallar, bu hodisaga esa polimorfizm deyiladi. Polimorfizm ko‘pgina kristallar uchun xos bo‘lgan xususiyatdir.

Masalan, muz bir necha polimorf ko‘rinishda bo‘lishi mumkin. Kristallar bir polimorf ko‘rinishdan ikkinchi ko‘rinishga o‘tkazilishi (o‘tishii) mumkin. Ana shunday o‘tishilarga polimorf o‘tishilar deyiladi. Polimorf o‘tishilar fazaviy o‘tishilardan iborat.

Panjara tugunlarida qanday zarralar joylashganligiga qarab, kristallar ionli, atomli, metall va molekulyar kristallarga bo‘linadi.

Ionli kristallarning panjara tugunlarida o‘zaro qarama-qarshi zaryadlangan ionlar navbatma-navbat joylashgan. Ionli kristallarga misol qilib osh tuzi (Na^+Cl^-) kristallini keltirish mumkin. Bunday kristallarning hosil bo‘lishida Kulon kuchlari asosiy rol o‘ynaydi. Ionli kristallarga shuningdek, *CaCl* (dala shpati), *CsCl, AuZn* kristallari ham kiradi.

Atomli kristallarda panjara tugunlarida atomlar bo‘lib, ular o‘zaro gomeopolyar yoki kovalent bog‘lanish orqali bog‘langan. Bu bog‘lanish elektronlar va atom yadrosidagi elektrostatik ta’sir tufayli hosil bo‘ladi. Bunday kristallarning tuzilishini kvant nazariyasi asosida to‘la tushuntirish mumkin. Olmos, grafit kabi kristallar atomli kristallarga misol bo‘la oladi.

Metall kristallarining tugunlarida metall atomining musbat ioni joylashgan bo‘lib, oraliqda erkin elektronlar gazi mavjud. Bitta markazdan o‘sgan kristallarga monokristallar, ko‘p markazdan iborat kristallarga polikristallar deyiladi. Metalli kristallar yagona markazga ega bo‘lgan monokristallar shaklida juda kam uchraydi. Ular asosan polikristallar ko‘rinishida, ya’ni juda ko‘p mayda va tartibsiz orientatsiyalangan monokristallardan tuzilgan bo‘ladi. Bunday kristallarga barcha metall kristallar (*Al,Fe,Zn,Au*) misol bo‘la oladi.

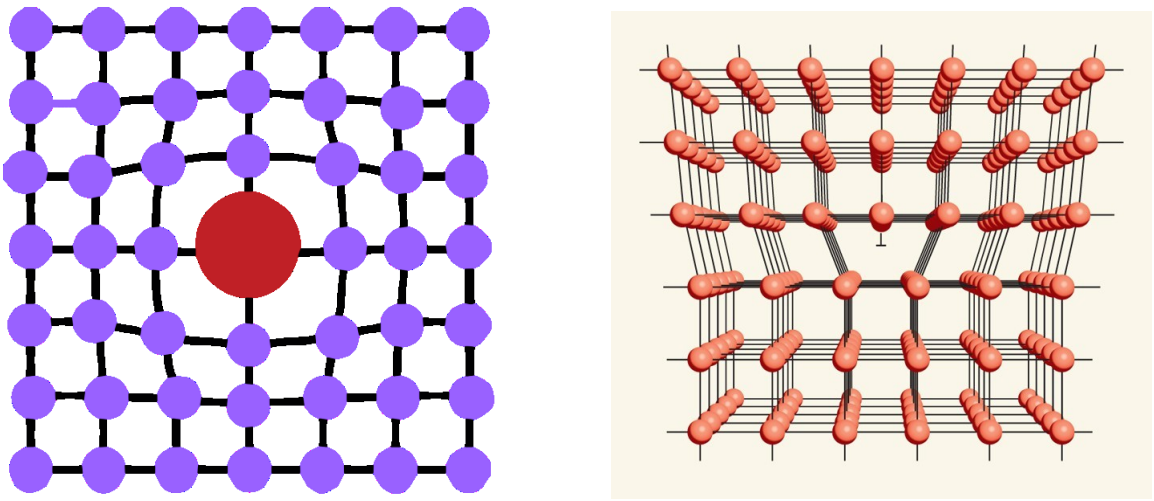
Shunday kristallar ham borki, bunday kristallar tugunlarida molekulalar joylashgan bo‘lib, ular Van-der-Vals kuchlari hisobiga kristallik strukturani tashkil etadi. Bunday kristallarga naftalin, O_2, N_2, I_2, CO_2 kristallari misol bo‘la oladi. Molekulyar kristallar dipolli molekulalarning o‘zaro ta’sir kuchi orqali bog‘langan bo‘lganligi uchun ularning mustahkamligi ancha kamdir.

Shunday qilib, kristallar panjara tugunida qanday zarralar turganliklari va strukturasiga ko‘ra rang-barang bo‘ladi.

Kristallardagi nuqsonlar

Kristall panjara tugunlarida zarralarning joylashish tartiblari turli sabablarga ko‘ra buzilishi mumkin. Bu esa ularning ko‘pgina xossalariga ta’sir etadi. Kristallardagi ana shunday nuqsonlar bilan tanishaylik.

Qattiq jismlarda zarralar kristall panjara tugunida muvozanat holat atrofida uzluksiz tebranma issiqlik harakatida bo‘ladi. Agar kristallning temperaturasi ko‘tarilsa, muvozanat holat atrofidagi tebranma harakatning tebranish amplitudasi ortadi. Kristallardagi nuqson ana shunday tebranma harakatning natijasi sifatida namoyon bo‘ladi va energiyasi katta bo‘lgan zarra tugun o‘rnini tashlab, boshqa joyga ko‘chishi mumkin. Natijada panjara tuzilishida nuqson paydo bo‘ladi.

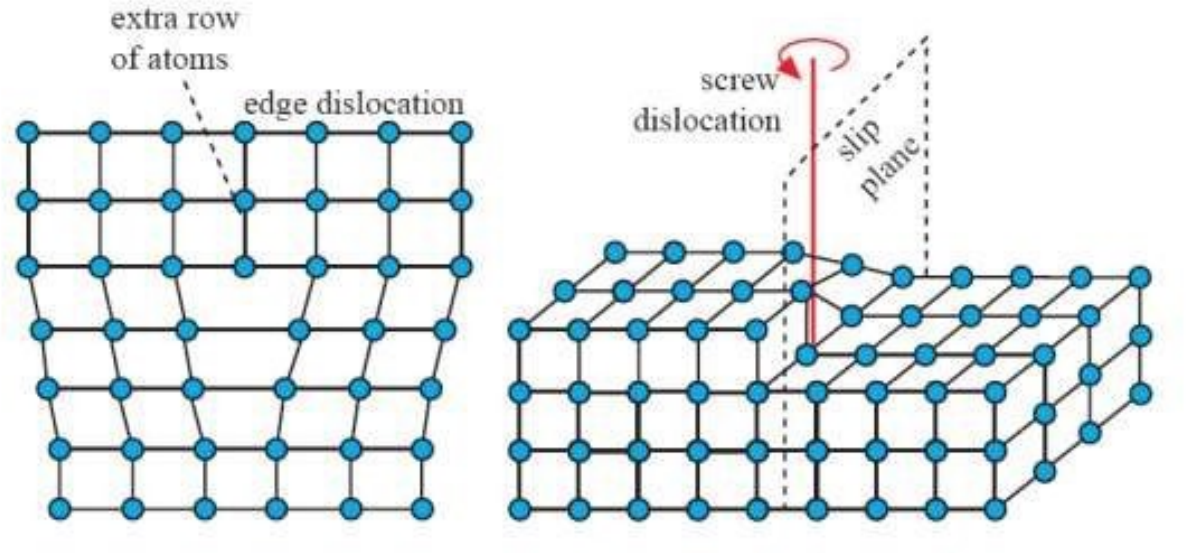


45-rasm

Kristallardagi nuqsonlar makroskopik va mikroskopik turlarga bo‘linadi. Makroskopik nuqsonlarga bevosita ko‘zga tashlanadigan yoriqlar yoki boshqa kristallar panjaralarining aralashuvlari kiradi. Mikroskopik nuqsonlar kristall

panjaradagi davriylikning buzilishi tufayli ro‘y beradi va ular nuqtaviy, chiziqli yoki dislokatsiya kabi turlarga bo‘linadi.

Nuqtaviy nuqsonlarning o‘zi ham bir necha xil bo‘lishi mumkin: a) kristall panjaraning ayrim tugunlarida kristall zarrasi bo‘lmasdan bo‘sh qolishi mumkin; b) kristall panjaradagi ayrim zarralar o‘rnini boshqa tipdagi zarralar egallashi mumkin; v) ayrim zarralar kristall panjara tugunlarida emas, oraliqdagi bo‘shliqda bo‘lib qolishi mumkin. Bu nuqsonlar kristallardagi uzoq tartibga ta’sir qilmaydi.



46-rasm

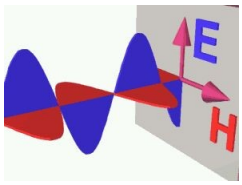
Dislokatsiya tipidagi nuqsonlarda zarralar joylashgan tekisliklar-ning muntazamligi buzilganligi tufayli uzoq tartib ham buziladi. Shuning uchun ham bunday nuqsonlar qattiq jismlarning mexanik xossalarining buzilishda asosiy rol o‘ynaydi. Odatda dislokatsiya chegaraviy va vintsimon ko‘rinishda bo‘ladi.

Chegaraviy dislokatsiyada ikki qo‘shni zarralar qatlami orasiga urilgan pona singari uchinchi zarralar qatlami joylashadi. Shunday nuqsonni farqlash uchun o‘rtadagi buzuvchi qatlam oxiriga ⊥ belgisi qo‘yiladi. Zarralarning ortiqcha qatlami ana shu belgi yuqorisida joylashgan.

Vintsimon nuqson esa zarralar qatlami yarmining bir-biriga nisbatan bir yoki bir necha davrga siljishi tufayli hosil bo‘ladi.

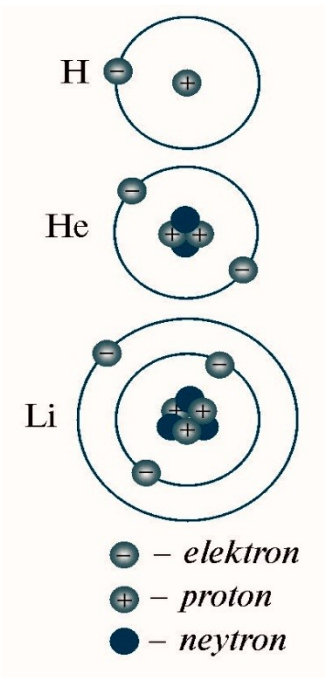
Kristallardagi nuqsonlar ularning fizik (mexanik, elektr, magnit va x.k.) xossalariga kuchli ta’sir ko‘rsatadi. Shuning uchun ularning o‘rganish juda katta amaliy ahamiyatga ega.

Kristallardagi dislokatsiyalar sonini xarakterlash uchun ularning zichligi tushunchasi kiritiladi. Birlik yuzani kesib o‘tuvchi dislokatsiya chiziqlari soni dislokatsiya zichligi deyiladi.



ELEKTRODINAMIKA ASOSLARI

Elektrodinamika — elektr zaryadlari orasidagi o‘zaro ta’sirni amalga oshiruvchi elektromagnit maydon qonunlari haqidagi bo‘limdir. Zaryadli zarralarning harakati bilan bog’liq bo’lgan hodisa va jarayonlarni o’rganadigan fizikaning bo’limi *elektrodinamika* deyiladi. Eng sodda elektr va magnit hodisalari juda qadim zamonlardanoq odamlarga ma’lum bo‘lgan. Bu hodisalar yagona sistemaga solinguncha ko‘plab tajribalar o‘tkazilgan, kashfiyotlar qilingan. Elektr maydon — elektromagnit maydonning (magnit maydon bilan birgalikda) namoyon bo‘lish shakllaridan biridir. U harakatsiz zaryadga ta’sir ko‘rsatadi. Elektr maydon haqidagi tushuncha ingliz fizigi M.Faradey tomonidan kiritilgan. Uning tasavvuri bo‘yicha harakatsiz har bir zaryad o‘z atrofida elektr maydon hosil qiladi. Bu zaryadlar bir-birlari bilan maydonlari orqali ta’sirlashishadi. Harakatsiz zaryad atrofidagi elektr maydonga elektrostatik maydon deyiladi. Ushbu bob elektrostatik maydonni o‘rganishga bag‘ishlanadi.



16. ELEKTROSTATIKA

Elektrodinamikaning tinch turgan zaryadli jismlarning o’zaro ta’sirlashuvini va elektr maydonini o’rganadigan bo’limi *elektrostatika* deb ataladi.

Elektr zaryadi. Jun matoga ishqalangan kahrabo tayoqcha yengil narsalarni tortish xususiyatiga ega bo‘lishi juda qadim zamonlardan ma’lum bo‘lgan. Ingliz shifokori Gilbert (XVI asrning oxiri) ishqalashdan keyin yengil

narsalarni torta olish xususiyatiga ega bo‘lgan jismlarni elektrlangan (yunoncha kahrabolangan) deb atadi va ***elektr*** so‘zi qo‘llanila boshlandi. Tabiatdagi moddalarning turli-tumanligiga qaramasdan faqat ikki xilgina, qarama-qarshi ishorali elektr zaryadlari mavjud. Amerikalik fizik R.Milliken (1868—1953) tajribalar yordamida elektr zaryadi diskret ekanligini, ya’ni istalgan jismning zaryadi elementar elektr zaryadi **($e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C)** ga karrali ekanligini aniqladi. Boshqacha aytganda, istalgan jismning zaryadi $q = \pm Ne$, (N — butun son) bo‘lmog‘i kerak. Elektron ($m = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg) va proton ($m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg) mos ravishda manfiy va musbat elementar zaryadli zarralardir. Karralilik qonuning bajarilishining asosiy sababi elementar zaryadning bir qismini ajratib olish mumkin emasligidadir, ya’ni elementar zaryadni (elektronni yoki protonni) parchalab bo’lmaydi.

Bitta elektronning zaryadi : $q_e = -1{,}6 \cdot 10^{-19} C$ ga teng.

Bitta protonning zaryadi esa : $q_p = +1{,}6 \cdot 10^{-19} C$ ga teng.

Bitta elektronning massasi: $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31} kg$ ga teng.

Atomning markazida musbat zaryadlangan yadro joylashgan bo’lib, u zaryadsiz zarralar neytronlar va musbat zaryadli protonlardan tashkil topgan. Yadro atrofida manfiy zaryadli zarralar elektronlar bo’lib, u aylanma harakat qiladi.(1-rasm)

Elektr jihatidan neytral bo’lgan, atom yadrosidagi protonlar soni doim uning atrofida mavjud bo’luvchi elektronlar soniga teng bo’lib, bu son o’z navbatida kimyoviy elementning davriy jadvaldagi tartib raqamiga teng.

Elektromagnit ta’sir. Yuqorida ko‘rganimizdek, har qanday jism massasidan tashqari elektr zaryadi bilan ham xarakterlanadi va ular orasida nafaqat gravitatsion, balki elektromagnit ta’sir ham mavjuddir. Bir xil ismli zaryadlar itarishadi, turli ismlilari esa tortishishadi. Shuni alohida ta’kidlash lozimki, elektromagnit ta’sir gravitatsion ta’sirdan ko‘p marta kuchliroqdir. Gravitatsion ta’sir barcha jismlarga xos bo‘lsa, elektromagnit ta’sir faqatgina zaryadlangan jismlargagina xos xususiyatdir. Elektromagnit ta’sirning kuchliligi jismdagi zaryad

miqdoriga bog‘liq bo‘ladi.

Jismlarning zaryadlanishi. Tabiatdagi barcha jismlar elektrlanib qolish xususiyatiga ega. Elektrlanish esa turlicha usullar bilan amalga oshiriladi. Ularning eng soddasi bir jismni ikkinchisiga ishqalashdir. Masalan, teriga ishqalangan shisha tayoqcha musbat, junga ishqalangan kahrabo tayoqcha esa manfiy zaryadlanib qoladi. Xo‘sh bu zaryadlar qanday paydo bo‘ladi? Shuni ta’kidlash lozimki, barcha jismlarda elektr zaryadi mavjud. Faqatgina elektroneytral, ya’ni zaryadlanmagan jismlarda musbat va manfiy zaryadlarning miqdori teng. Tayoqchalarni matoga ishqalash esa zaryadlarning paydo bo‘lishiga emas, balki ularning qayta taqsimlanishigagina olib keladi. Natijada ularning birida musbat zaryad ko‘proq yig‘iladi va tayoqcha musbat zaryadlanib qoladi, boshqasida esa manfiy zaryadlar ko‘proq qoladi va tayoqcha manfiy zaryadlanib qoladi. Tayoqcha - mato sistemasida esa zaryadlar miqdori o‘zgarmay qolaveradi. Ya’ni biror jarayonda hosil bo‘ladigan zaryadlarning algebraik yig‘indisi nolga teng bo‘ladi. Bir xil ishorali ortiqcha elektr zaryadlar jismdagi zaryad miqdori deyiladi. Umumiy zaryad undagi hamma elektr zaryadlarning algebraik yig‘indisiga teng.

Agar jism o’ziga elektron biriktrib olsa, u manfiy zaryadga ega bo’ladi, aksincha u elektrlanish jarayonida o’zidan elektronni berib yuborsa musbat zaryadlanadi.

Elektrlanishning ikki turi mavjud. Shoyiga ishqalangan shisha tayoqcha ***musbat ishorali*** (+), mo‘ynaga ishqalangan ebonit tayoqcha esa ***manfiy ishorali*** (—) elektrlanib qoladi. Neytral ya’ni zaryadsiz har qanday atomda protonlar soni bilan elektronlar soni teng. Undagi anashu elektronlar va protonlar zaryadlari yig’indisi nolga teng. Neytronlar soni turlicha bo’lishi mumkin va elektronlar yoki protonlar sonidan mustasno.

Jismdagi zaryad miqdorini o’lchash. Hozirgi kunda zaryad miqdorini turli usullar orqali aniqlash mumkin, masalan tajriba yordamida yoki o’lchov asboblari yordamida. O’lchov asboblarining bir necha turlari mavjud.

Elektroskop — jismlarning elektrlanganligini sezish, kuzatish uchun qo‘llaniladigan asbob. Jismlarning qay darajada elektrlanganligini aniqlaydigan

ko‘rsatkichli va darajalangan elektroskop — ***elektrometr*** deb ataladi. ***Kulonimetr*** – jismdagi zaryad miqdorini o’lchovchi qurilma

Elektrofor mashina. Tayoqchada hosil qilingan zaryadli zarrachalar boshqa jismga berilsa, undagi zaryad tugaydi. Tayoqchada takror zaryad hosil qilish uchun uni yana matoga ishqalash kerak bo‘ladi. Lekin olimlar shunday asbob o‘ylab topdilarki, bu asbob yordamida uzluksiz ravishda zaryadlarni hosil qilib turish mumkin. Elektrofor mashina dastagi aylantirilganda, uning ikki diski qarama-qarshi tomonga aylanadi. Aylanayotgan disklarning cho‘tkalarga ishqalanishi natijasida qarama-qarshi ishorali zaryadlar hosil bo‘ladi.



Rasm 2

Elektr zaryadining saqlanish qonuni. Juda ko‘plab, jumladan, o‘z tajribalari asosida ingliz fizigi M. Faradey 1843-yilda tabiatning fundamental qonunlaridan biri elektr zaryadining saqlanish qonunini ta’rifladi: *Istalgan yopiq sistemada, sistema ichida qanday jarayonlar ro‘y berishidan qat’iy nazar, elektr zaryadlarining algebraik yig‘indisi o‘zgarmaydi*:

Zaryadlarning saqlanish qonuni:

$$q_{um} = q_1 + q_2 + q_3 + \cdots q_n = const\ yoki \sum_{i=1}^{n} Q_i = const$$

bu yerda *n* sistemadagi zaryadlar soni. q_{um} −sistemaning umumiy zaryadi

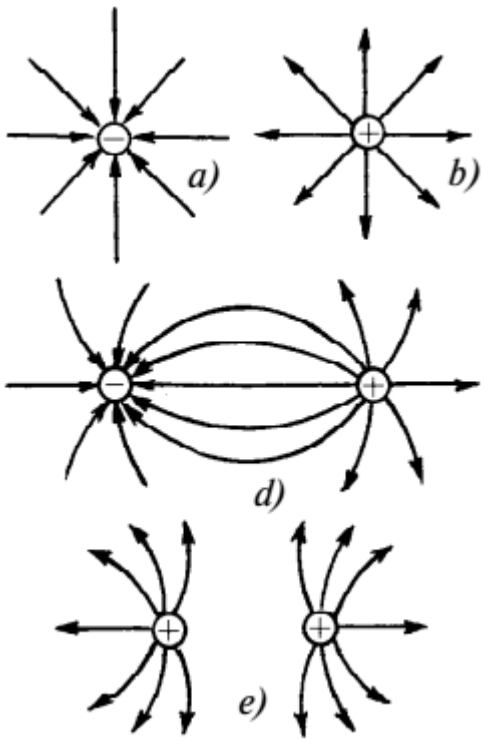
Elektr zaryadi paydo ham bo‘lmaydi, yo‘qolmaydi ham, u faqat bir jismdan ikkinchisiga uzatiladi yoki shu sistema ichida qayta taqsimlanadi.

Yopiq Sistema - deb tashqi jismlar bilan zaryad almashmaydigan sistemaga aytiladi.

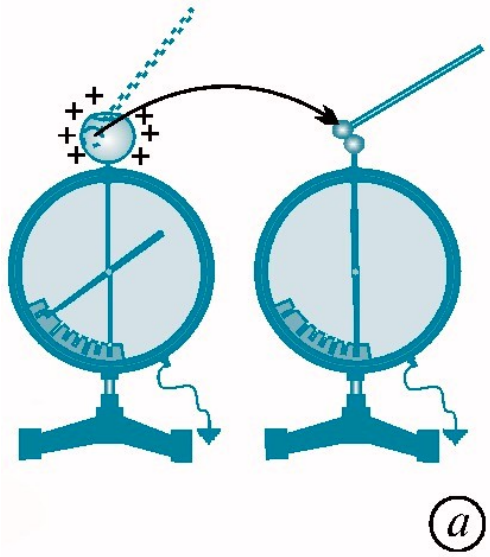
Elektr zaryadi — relativistik invariant kattalik bo‘lib, uning miqdori qanday sanoq sistemasida qaralayotganligiga, zaryadning harakatda yoki tinch turganligiga mutlaqo bog‘liq emas.

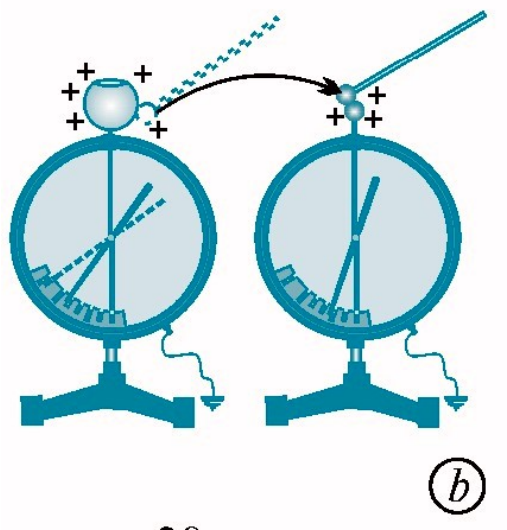
Elektr zaryadining SI dagi birligi. Elektr zaryadining SI dagi birligi hosilaviy kattalik bo‘lib, 1 A tok oqayotgan o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzidan **1**s da

oqib o‘tgan zaryadlar miqdoriga tengdir. Bu zaryad miqdori 1 kulon (C) deyiladi.



Moddalardagi elektronlar miqdori. Erkin elektronlarining miqdoriga qarab moddalar o‘tkazgichlarga, dielektriklarga va yarim o‘tkazgichlarga ajraladi. Butun hajmi bo‘ylab elektr zaryadini erkin o‘tkazuvchi moddalar ***o‘tkazgichlar*** deyiladi. Ular ikki guruhga bo‘linadi: 1) birinchi tur o‘tkazgichlar (metallar) — ularda zaryad (erkin elektronlar) ko‘chganda kimyoviy o‘zgarish ro‘y bermaydi; 2) ikkinchi tur o‘tkazgichlar (eritmalar) — ularda zaryadning ko‘chishi kimyoviy o‘zgarishlarga olib keladi. Erkin elektronlari amalda mavjud bo‘lmagan moddalar (shisha, plastmassalar) **dielektriklar** deyiladi. Yarim o‘tkazgichlar (germaniy, kremniy va hokazolar) o‘tkazgichlar va dielektriklar oralig‘ida bo‘ladi.





Nuqtaviy zaryad. Elektrodinamikada ham turli modellardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Ulardan biri nuqtaviy zaryad tushunchasidir. Nuqtaviy zaryad deb, o‘lchamlari ta’siri o‘rganilayotgan masofaga nisbatan e’tiborga olinmaydigan darajada kichik bo‘lgan, zaryadlangan jismga aytiladi. U ham xuddi moddiy nuqta kabi ideallashtirilgan tushunchadir. Zaryadlangan jismlarning maydonlarini grafik tasvirlash, kuch chiziqlari orqali aks ettiriladi. 3- a rasmda manfiy (-) zaryadning 3 - b rasmda musbat (+) zaryadlarning kuch chiziqlari va yo’nalishlari ko’rsatilgan. Agar qarama-qarshi ishorali

zaryadlar uchrashtirilsa zaryadlar bir – biriga tortiladi (3- d rasm). Agar bir - xil ishorali zaryadlar uchrashtirilsa zaryadlar bir – biridan qochadi (3- e rasm).

⇨ Nuqta ko’rinishidagi hajmga ega bo’lmagan zaryadga ***nuqtaviy zaryad*** deyiladi.

Zaryadning sirtiy zichligi.



Rasm 5

Elektr zaryadlari yakkalangan o'tkazgichda qanday joylashgan bo'ladi? O'tkazgich ichida ham zaryad bo'ladimi? Mulohaza yuritib ko'raylik. Metall sharga musbat zaryad berildi, deylik. Bilamizki, bir xil ishorali zaryadlar bir-biridan itariladi. Shu sababli shar ichida zaryad bo'lgan taqdirda ham, ular o'zaro itarishib, imkon qadar bir-biridan uzoq masofada joylashishga intiladi . Natijada, sharning butun hajmidagi zaryadlar uning sirtiga chiqib qoladi. Shu bois, metall sharga berilgan musbat zaryadlar 4- rasmda tasvirlangandek, sharning sirti bo'ylab joylashadi. Ikkita elektrometr olib, ularning biriga ichi kovak va tepasida teshigi bo'lgan metall shar o'rnatiladi. Sharga elektr zaryadi berilsa, elektrometr ko’rsatkichi ma'lum burchakka buriladi. Izolatorli tayoqcha uchini kovakli shar ichiga kirgizib, tayoqcha uchiga mahkamlangan sharchani sharning ichki sirtiga, so'ngra tayoqcha sharchasini zaryadlanmagan elektrometr sharchasiga tekkizamiz. Bunda ikkinchi elektrometrning ko'rsatkichi joyidan qo'zg'almaydi (5 - a rasm). Demak, shar ichida zaryad bo'lmas ekan. Endi tayoqcha sharchasini birinchi elektrometr ustidagi shar sirtiga tekkizamiz. Bunda shu elektrometr ko'rsatkichi zaryadning biroz kamayganini ko'rsatadi.



Tayoqcha sharchasini ikkinchi elektrometr sharchasiga tekkizamiz. Bunda

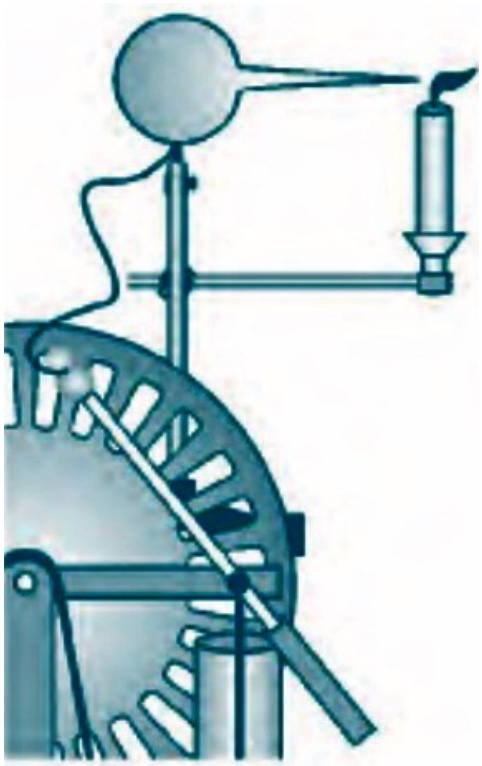
elektrometr ko'rsatkichi biroz buriladi, ya'ni zaryad olganini bildiradi (5- b rasm). Demak, elektr zaryadi shar sirtida joylashar ekan. **FARADEY QAFASI:** M.Faradey o'tkazgich ichida elektr zaryadlari bo'lmasligini isbotlash uchun yog'ochdan qafas yasagan. Qafasning tashqi sirtini yupqa folga bilan qoplagan. Faradey qo'liga elektroskop olib, qafas ichiga kirib olgan. Uning yordamchilari qafasni ipak arqonlar bilan osishgan, so'ngra qafasga elektr zaryadlari berishgan. Qafas ichidagi elektroskop ham, Faradey ham qafasning zaryadlanishini sezmagan. Faradey o'tkazgan bu tajriba ham o'tkazgich ichida zaryad bo'lmasligi, elektr zaryadlari faqat o'tkazgich sirti bo'ylab joylashishini isbotlaydi. O'tkazgich sirtida zaryadlar taqsimoti Zaryadlar metall sharning sirtida joylashishiga ishonch hosil qildik. Lekin ixtiyoriy shakldagi o'tkazgich sirtida zaryadlar qanday taqsimlanadi? 6 - rasmda tasvirlangan shakldagi o'tkazgichni zaryadlaylik. Rasmda ko'rsatilgandek, o'tkazgichning turli joylariga folga yaproqchalarini qo'yaylik. Bunda o'tkazgich sirtidagi zaryadlar ta'sirida yaproqchalar turlicha tarzda ochiladi. Murakkab shakldagi yakkalangan o'tkazgichda elektr zaryadlari notekis taqsimlangan bo'ladi. O'tkazgichning uchli joylarida zaryadlar zich, tekis joylarida siyrakroq, botiq joylarida esa juda siyrak joylashadi.

O’tkazgichga berilgan zaryad uning to’la sirti bo’ylab notekis taqsimlanadi, jismning uchli joylarida zaryadlar zichroq, aksincha botiqroq joylarida siyrak joylashadi. O'tkazgich ichida zaryad bo'lmaydi. Faqat shar yoki sfera shaklidagi o’tkazgichga berilgan zaryad uning sirti bo’ylab, tekis taqsimlanadi.

Ixtiyoriy shakldagi jismning zaryad sirt zichligini aniqlash:

$$\sigma = \frac{q}{S}$$

q-zaryad miqdori, S-zaryadlangan jismning to’la sirti yuzi.

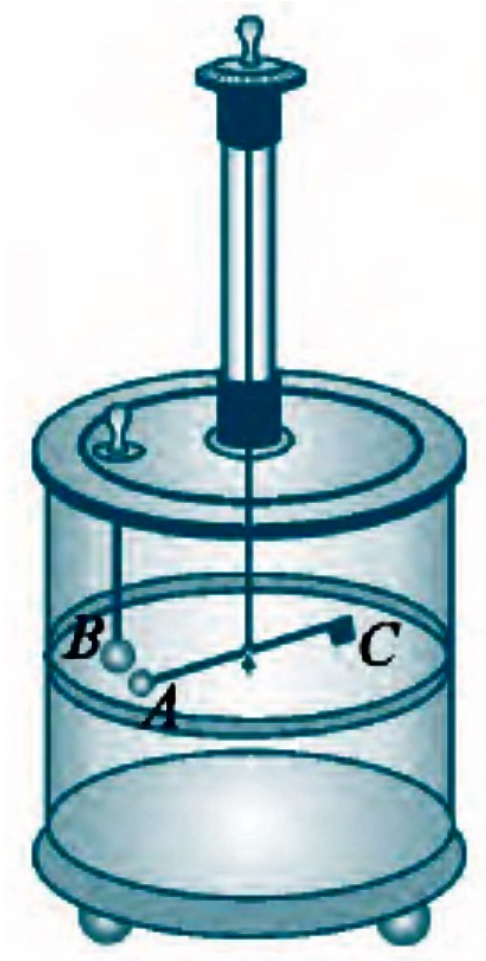


Rasm 7

Elektr «shamol» Yakkalangan o'tkir uchga ega sharni o'tkazgich sim orqali elektr zaryadlari manbayiga ulab, uni uzluksiz zaryadlab turamiz. Sharning o'tkir uchida zaryad eng zich ekanligi ma'lum. Sharning uchiga yonib turgan shamni yaqinlashtiramiz. Bunda alanganing shamol ta'siridagidek egilishi kuzatiladi (7 - rasm). Shuning uchun bu hodisa elektr «shamol» deb yuritiladi. Bu tajriba murakkab shakldagi yakkalangan o'tkazgich sirtida elektr zaryadlarining notekis taqsimlanishi, o'tkazgichning uchli joylarida zaryadlar zich joylashishini tasdiqlaydi.

Kulon qonuni.

Harakatsiz nuqtaviy zaryadlar orasidagi o‘zaro ta’sir kuchi 1785- yilda fransuz fizigi Sh.Kulon tomonidan aniqlangan. U ham o‘z tajribasini G. Kavendesh gravitatsion doimiysini aniqlashda foydalangan asbobga o‘xshash, buralma tarozi yordamida bajargan (8 - rasm). Quyi qismida shisha tayoqcha osilgan ingichka elastik ip shisha silindr idishda o‘rnatilgan. Ipning yuqori uchi burilish burchagini aniqlashga imkon beruvchi darajalangan qurilmaga biriktirilgan. Osib qo‘yilgan shisha tayoqchaning bir uchida kichkina metall sharcha, ikkinchi uchida esa posangi biriktirilgan. Idish qopqog‘idagi teshikcha orqali xuddi shunday boshqa sharchani ham kiritish mumkin. Agar sharchalarga zaryad berilsa, ular o‘zaro ta’sirlashishadi va ipning



burilish burchagiga qarab ta’sir kuchini baholash imkoni tug‘iladi.

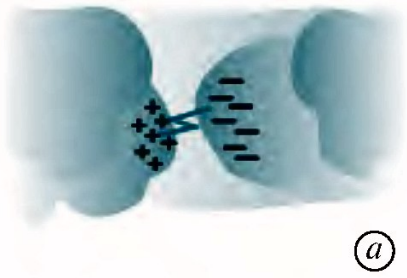
⇨ ***Kulon qonuni:*** *Bo‘shliqdagi ikkita harakatsiz nuqtaviy zaryad orasidagi o‘zaro ta’sir kuchi F ular zaryadlari Q_1 va Q_2 larning ko‘paytmasiga to‘g‘ri, oralaridagi masofa R ning kvadratiga esa teskari proporsional:*

$$F_k = k\frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{R^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} - \textbf{proporsionallik koeffitsienti}$$

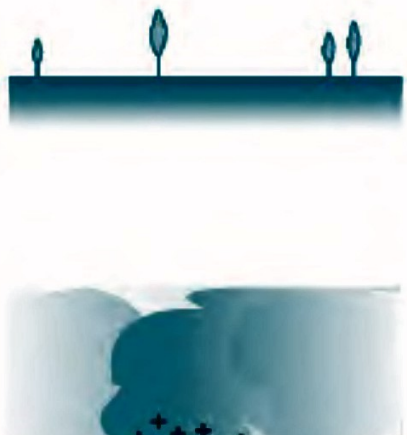
Rasm 8

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}\frac{C^2}{N \cdot m^2} - \textbf{Elektr doimiysi}$$

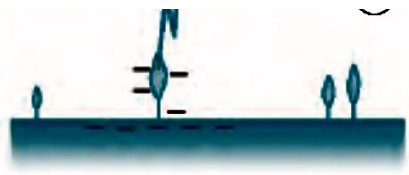


Yuqoridagi formula bo’shliqdagi ikki nuqtaviy zaryad uchun yozilgan, agar nuqtaviy zaryadlar bo’shliqdan biror ε dielektrik singdiruvchanlikka ega bo’lgan muhitga olib kirilsa, bu zaryadlar orasidagi tortishish kuchi kamayadi. Aynan biror ε muhitda turgan nuqtaviy zaryadlar orasidagi tortishish kuchini quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$F_k = k\frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{\varepsilon R^2}$$



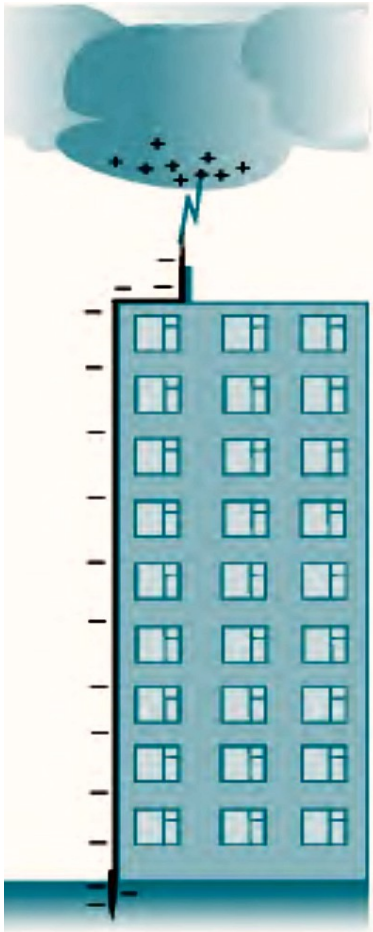
Rasm 9



Tabiatdagi elektr hodisalari. Chaqmoq va momaqaldiroq Odamlar qadimda chaqmoq chaqishi va momaqaldiroq gumburlashi sabablarini bilolmaganlar. Chaqmoqning hosil bo'lishini turli ishorali elektr zaryadlarining o'zaro ta'siri asosida tushuntirish mumkin. Bir jism ikkinchi jismga ishqalanganda, elektr zaryadi hosil bo'lishini bilasiz. Shunga o'xshash, bulut qatlamlarining bir-biri bilan ishqalanishi natijasida ularning bir qatlami musbat, ikkinchi qatlami manfiy zaryadlanib qoladi. Zaryadlangan bulut to'plami boshqa bir zaryadlangan bulut to'plamiga yaqinlashganda ular o'z elektr maydonlari orqali ta'sirlashadilar. Musbat va manfiy zaryadlarning bir-biriga tortilishini ham bilasiz. Turli ishora bilan zaryadlangan bulutlar kuchli

zaryadlanganda va ular bir-biri bilan yaqinlashganda, bir bulutdagi manfiy zaryadlar ikkinchi bulutdagi musbat zaryadlar tomon harakat qiladi. qo'shilishi natijasida kuchli elektr uchqun – chaqmoq hosil bo'ladi (9 - a rasm).

Chaqmoq − bu turli ishora bilan zaryadlangan bulutlar orasida yoki bulut bilan yer sirti orasida sodir bo'ladigan kuchli elektr uchquni. Chaqmoqning uzunligi bir necha kilometrga, diametri esa bir necha santimetrga teng bo'lib, davomiyligi sekundning ulushida sodir bo'ladi. Chaqmoq paytida kuchli gumburlash - momaqaldiroq yuzaga keladi.



Momaqaldiroq − bu chaqmoq paytida sodir bo'ladigan havodagi (atmosferadagi) tovush hodisasi bo'lib, u chaqmoq yo'lida havoning qizishi, bosimi ortishi va kengayishi tufayli yuz beradi. Chaqnashdagi yorug'lik − chaqmoqni deyarli shu zahoti ko'ramiz, lekin uning ovozi − momaqaldiroq gumburlashini biroz vaqtdan keyin eshitamiz. Bunga sabab, 1 s da yorug'lik 300 000 km masofani, tovush esa havoda bor-yo'g'i 340 m masofani bosib o'tadi. Masalan, chaqmoq bizdan 1 km uzoqlikda sodir bo'lsa, uni deyarli shu zahoti ko'ramiz, momaqaldiroq ovozini esa 3 s dan keyin eshitamiz. Nima uchun ko'p hollarda momaqaldiroq bir necha sekund davomida gumburlab turadi? Buning sababi, chaqmoq sodir bo'layotgan maydonning juda uzunligidadir. Chaqmoqning uzunligi ba'zan bir necha kilometr bo'ladi. Chaqmoqning yaqin va uzoq qismidan momaqaldiroq turli vaqtlarda yetib keladi. Yer, bino va boshqa joylardan qaytgan aksi sado ham momaqaldiroqning yanada uzoq vaqt davomida gumburlab turishiga olib keladi. Chaqmoq bulutlar orasidagina emas, bulut bilan yer orasida ham yuz berishi mumkin (9 - b rasm). Bunda bir-biri bilan ishqalangan bulut qatlamlarida hosil bo'lgan zaryadlar yerga o'tadi. Agar bulutning manfiy zaryadlangan qatlami yer sirtiga yaqin kelib qolsa, shu bulut ostidagi yer sirtida musbat zaryadlar to'planadi.

Natijada, zaryadlangan bulut yer sirti bilan hosil bo'lgan elektr maydon orqali ta'sirlashadi. Bulut kuchli zaryadlangan va yerga juda yaqinlashib qolganda bulut va yer sirti orasida kuchli elektr uchqun chiqadi, ya'ni chaqmoq chaqnaydi. Chaqmoq jarayonida bulutdagi zaryadlar yerga o'tadi.

Yashindan saqlanish. Siz «yashin urdi», «yashin tushdi» degan so'zlarni ko'p eshitgansiz. Yashinning o'zi nima? Undan qanday saqlanish mumkin? *Yashin* − zaryadlangan bulut bilan yer orasida sodir bo'ladigan chaqmoq paytida bulutdagi zaryadlarning yerga bir zumda o'tish jarayoni. Yashin juda xavflidir. Zaryadlangan bulutga yerdagi elektr o'tkazuvchi narsalardan qaysi biri yaqin bo'lsa, shunga o'zining zaryadini beradi, ya'ni yashin uradi. Shuning uchun yer sirtidan baland ko'tarilgan tog' cho'qqisi, minora, bino, daraxt, elektr ustunlarini birinchi galda

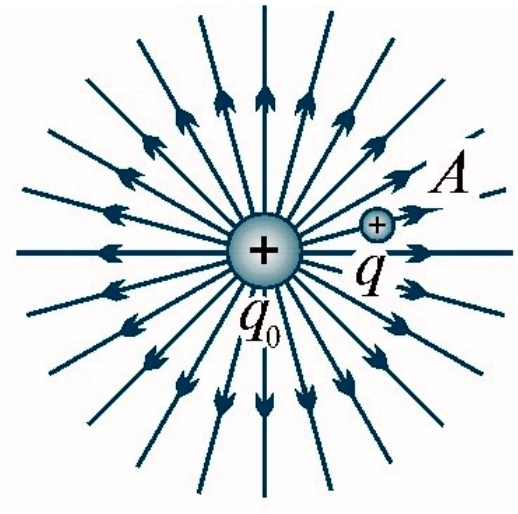
Rasm 10

yashin urishi va vayron qilishi mumkin. Chaqmoq paytida tekis yerda ketayotgan mashina yoki odamni ham yashin urishi mumkin. Bunday paytlarda balandlikda, daraxt tagida turish, pichan g'arami ostiga yashirinish ham xavflidir. Odatda, baland minora va binolarni qurishda ularning tepasiga yashin qaytargich o'rnatiladi (10 - rasm). Yashin qaytargich minora, binolarni, sanoat va qishloq xo'jalik inshootlarini yashin urishdan himoya qiluvchi qurilmadir. Yashin qaytargich uchli o'tkazgichdan iborat bo'lib, u yo'g'on sim orqali yerga chuqur ko'milgan metall qoziqqa ulanadi. Yerga yaqinlashgan zaryadlangan bulut o'z zaryadini birinchi galda minora yoki bino ustiga o'rnatilgan yashin qaytargichga beradi. Kuchli elektr zaryadi minora yoki binoga shikast yetkazmay yashin qaytargich orqali yerga o'tib ketadi.

17. ELEKTROSTATIK MAYDONIDA O‘TKAZGICHLAR

Elektr maydon. Kulon qonunidan ma'lumki, zaryadlangan jism o'z atrofidagi boshqa jismlarga ta'sir ko'rsatadi. Ushbu ta'sirni ingliz fizigi Maykl Faradey elektr maydon deb atagan. Uning ta'limotiga ko'ra:

⇨ Elektr zaryadlari bir-biriga bevosita tegmasdan ham ta'sirlashadi. Ular o'z atrofida elektr maydonni hosil qiladi. Bir zaryadning maydoni ikkinchi zaryadga, ikkinchisining maydoni birinchi zaryadga ta'sir qiladi. Zaryaddan uzoqlashilgan sari elektr maydon zaiflasha boradi.



Rasm 11

Elektr maydonni bevosita ko'ra olmaymiz, sezmaymiz ham. Zaryadlangan jismlarning o'zaro ta'sirlashishiga qarab, uning mavjudligini bilamiz.

Elektrostatik maydon vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydi va uni faqat elektr zaryadi vujudga keltiradi. Elektr maydon ham materiyaning maxsus ko‘rinishlaridan biri bo‘lib, u elektr zaryadiga bog‘langan va zaryadlarning bir-biriga o‘zaro ta’sirini uzatadi. 11- rasmda $\boldsymbol{q_0}$ zaryad hosil qilgan maydonga $\boldsymbol{q}$ zaryad kiritilgan hol ko‘rsatilgan. Bu yerda $\boldsymbol{q}$ zaryad sinash zaryadi vazifasini o‘taydi. Odatda sinash zaryadi sifatida musbat zaryad olinadi. Shu bilan birga sinash zaryadining maydoni juda kichik va u o‘rganilayotgan maydonni buzolmaydi deb hisoblanadi. $\boldsymbol{q_0}$ zaryadning maydoniga kiritilgan $\boldsymbol{q}$ sinash zaryadiga elektrostatik maydoni kuch bilan ta’sir etadi.

Elektrostatik maydon kuchlanganligi. 11- rasmdan ko‘rinib turibdiki, $\boldsymbol{q_0}$ sinash zaryadining qiymatiga bog‘liq bo‘lmay, maydonning u turgan nuqtasini xarakterlovchi kattalik bo‘ladi. Bu kattalik kuchlanganlik deyilib, u elektrostatik maydonning kuch xarakteristikasidir. Elektrostatik maydonning shu nuqtasining kuchlanganligi deb, unda joylashtirilgan birlik musbat zaryadga ta’sir etuvchi kuch bilan aniqlanadigan kattalikka aytiladi:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} - elektr\ maydon\ kuchlanganligi \quad \vec{F}=q_e\vec{E}$$

⇨ ***Nuqtaviy zaryadning elektr maydon kuchlanganligini:***

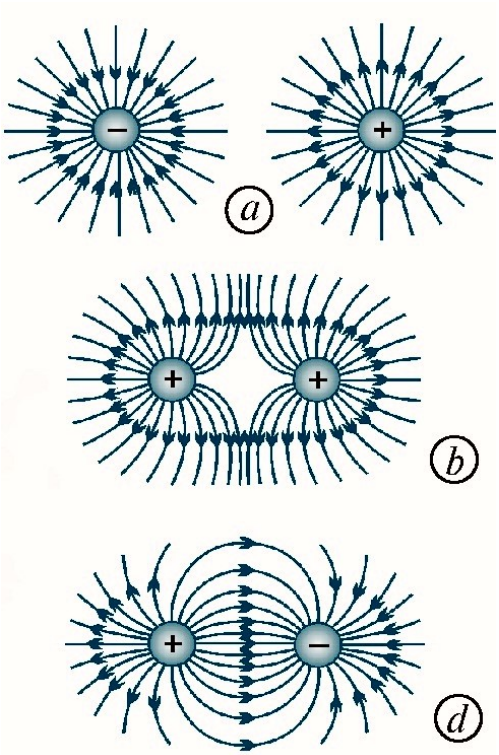
$$\boldsymbol{E = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{R^2};} \quad \boldsymbol{E = \frac{k}{\varepsilon}\cdot\frac{q}{R^2}} - \text{muhitda}$$

$$\boldsymbol{E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{R^2};} \quad \boldsymbol{E = k\cdot\frac{q}{R^2}} - \text{vakiumda}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85\cdot 10^{-12}\,\frac{C^2}{N\cdot m^2}};$$

ε –muhitning nisbiy dielektrik sindiruvchanlik . $\boldsymbol{\varepsilon = \frac{F_{vakuum}}{F_{muhit}}}$

Elektrostatik maydon kuchlanganligining birligi. $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ifodadan ko‘rinib turibdiki, SI da elektr maydon kuchlanganligining birligi: $\mathbf{1}\ [\frac{\boldsymbol{N}}{\boldsymbol{C}}]$ — maydonning shunday nuqtasining kuchlanganligiki, unda joylashtirilgan 1 C nuqtaviy zaryadga 1N kuch ta’sir etadi. Ko‘pincha, kuchlanganlikning $\mathbf{1}\ [\frac{\boldsymbol{V}}{\boldsymbol{m}}]$ birligidan ham foydalaniladi. Bu yerda V (volt) — elektrostatik maydon potensialining birligi.



Rasm 12

⇨ *Elektrostatik maydonning shu nuqtasining elektr maydon kuchlanganligi deb, unda joylashtirilgan birlik musbat zaryadga ta’sir etuvchi kuch bilan aniqlanadigan kattalikka aytiladi.*

Kuchlanganlik chiziqlari. Elektr maydonni kuchlanganlik chiziqlari yordamida grafik ravishda tasvirlash ancha qulaydir. Maydonning kuch chiziqlari yoki kuchlanganlik chiziqlari deb, har bir nuqtasiga o‘tkazilgan urinma maydonning shu nuqtasining kuchlanganlik vektori yo‘nalishi bilan mos keluvchi chiziqlarga aytiladi (12- rasm). Kuchlanganlik chiziqlari hech qachon kesishishmaydi. Yopiq chiziq xarakteriga ega emas. Ularning boshlanish va tugash nuqtalari mavjud yoki cheksizlikka borib tutashadi. Bu xususiyatlar tabiatda ikki xil elektr zaryadi mavjudligining natijasidir.

Shartli ravishda kuchlanganlik chiziqlari musbat zaryaddan chiquvchi va manfiy zaryadga kiruvchi deb qabul qilingan. (12- rasm). Elektrostatik maydon kuchlanganligining nafaqat yo‘nalishi va balki qiymatini ham xarakterlash uchun kuch chiziqlarini ma’lum qalinlikda o‘tkazishga kelishilgan. Elektrostatik maydon kuchliroq bo‘lgan joyda kuchlanganlik chiziqlari



$E_1 = E_2 = E_3$

$E_1 < E_2$

$E \neq const$ - Turli jinsli ya’ni o’zgaruvchan elektr maydoni

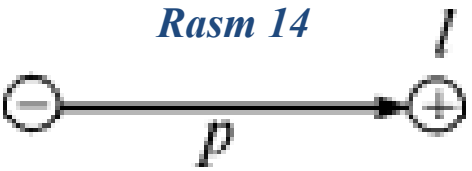
E=const – bir jinsli

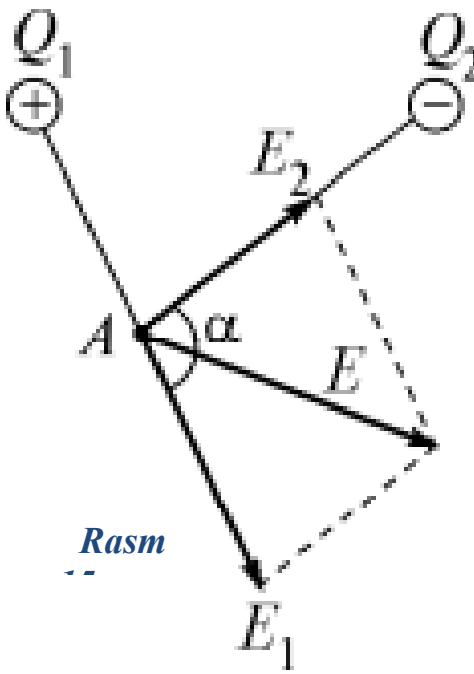
Rasm

qalinroq va aksincha maydon kuchsizroq bo‘lgan joyda kuchlanganlik chiziqlari siyrakroq bo‘ladi(13-rasm).

Dipol. Elektr dipoli deb qiymatlari teng, ishoralari turli, bir - biridan l masofada joylashgan ikkita zaryaddan iborat sistemaga aytiladi. Zaryadlarni tutashtiruvchi l kesma dipol o‘qi deyilib, u (14- rasm) ko‘rilayotgan maydon nuqtasigacha bo‘lgan masofaga nisbatan juda kichikdir. Dipol o‘qi bo‘ylab manfiy zaryaddan musbat zaryadga qarab yo‘nalgan va kattaligi dipol o‘qiga teng bo‘lgan vektor dipol yelkasi $\vec{l}$ deyiladi. Yo‘nalishi dipol yelkasining yo‘nalishi bilan mos keluvchi va zaryad Q

Rasm 14





Rasm

ning yelka $\vec{l}$ ga ko‘paytmasi bilan aniqlanuvchi:

$$\boldsymbol{P = Q \cdot \vec{l}}$$

kattalik dipolning elektr momenti yoki ***dipol momenti*** deyiladi. Birligi $\boldsymbol{P - 1[Debay]}$ qabul qilingan.

DTM testlarini yechish bo’yicha ma’lumotlar:

Elektr maydon kuchlanganligi formulasi:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q};$$

⇨ Nuqtaviy zaryadning vakiumdagi elektr maydon kuchlanganligi:

$$\boldsymbol{E=\frac{kq}{R^2}};\quad \boldsymbol{E=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}};\ \boldsymbol{E=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}}$$

⇨ Nuqtaviy zaryadning biror muhitdagi elektr maydon kuchlanganligi:

$$\boldsymbol{E=\frac{kq}{\varepsilon R^2}};\quad \boldsymbol{E=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R^2}};\quad \boldsymbol{E=\frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}}$$

⇨ Bir xil ishorali nuqtaviy zaryad orasidagi masofa l ular orasidagi kuchlanganlik nolga teng ($E=0$) bo'lgan nuqtani aniqlash:

$$\boldsymbol{R_1=\frac{l}{\sqrt{\frac{q_2}{q_1}}+1}};\quad \boldsymbol{R_1=\frac{l}{\sqrt{\frac{q_1}{q_2}}+1}}$$

⇨ Biror muhitdagi shar yoki sferaning elektr maydon kuchlanganligi:

1)ichidagi elektr maydon kuchlanganligi: $\boldsymbol{\vec{E}=0}$

2)sirtidagi elektr maydon kuchlanganligi: $\boldsymbol{\vec{E}=\frac{kq}{\varepsilon R^2}};\ \boldsymbol{\vec{E}=\frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}}$

3)sirtidan x masofa uzoqlikdagi elektr maydon kuchlanganligi: $\boldsymbol{\vec{E}=\frac{kq}{\varepsilon(R+x)^2}}$

⇨ Biror muhitda turgan tekis zaryadlangan cheksiz yakka tekislik uchun elektr maydon kuchlanganligi: $\boldsymbol{E=\frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}}$

⇨ Vakiumda turgan tekis zaryadlangan cheksiz yakka tekislik uchun elektr maydon kuchlanganligi: $\boldsymbol{E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}}$

⇨ Biror muhitda turgan tekis zaryadlangan cheksiz ikki parallel tekislikning elektr maydon kuchlanganligi: $\boldsymbol{E=\frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}};\ \boldsymbol{E=\frac{q}{S\varepsilon\varepsilon_0}}$

⇨ Vakiumda turgan tekis zaryadlangan cheksiz ikki parallel tekislikning elektr maydon kuchlanganligi: $\boldsymbol{E=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}};\ \boldsymbol{E=\frac{q}{S\varepsilon_0}}$

⇨ Zaryadlanib manbadan uzilgan kondensatorda elektr maydon kuchlanganligi:

$$\boldsymbol{E=\frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}};\ \boldsymbol{E=\frac{q}{S\varepsilon\varepsilon_0}}$$

⇨ O'tkazgichning elektr maydon kuchlanganligi: $\boldsymbol{E=\frac{I\rho}{S}}$; $\boldsymbol{E=\sigma\rho}$

⇨ To'gri cheksiz silindr shaklidagi jismning elektr maydon kuchlanganligi :

1)tashida $-\ \boldsymbol{E} = \frac{\boldsymbol{\lambda}}{\boldsymbol{2\pi R\varepsilon\varepsilon_0}}$ 2)ichidagi maydon kuchlanganligi: $\boldsymbol{E} = \boldsymbol{0}$

Fazoda elektr maydon kuch chiziqlarini o'tkazish shartlari:

⇨ Kuch chizig'ining ixtiyoriy nuqtasiga o'tkazilgan urinma elektr maydonning shu nuqtasidagi kuchlanganlik vektori bilan mos tushishi kerak;

⇨ Kuch chiziqlarining zichligi elektr maydon kuchlanganligining shu sohadagi qiymatiga proporsional bo'lishi kerak.

⇨ Har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinmalarning yo'nalishi, kuchlanganlik vektorining yo'nalishiga mos keluvchi uzluksiz chiziqlar, *kuchlanganlik (qisqacha kuch) chiziqlari* deb ataladi.

⇨ Kuchlanganlik chiziqlari hech qayerda o'zaro kesishmaydi.

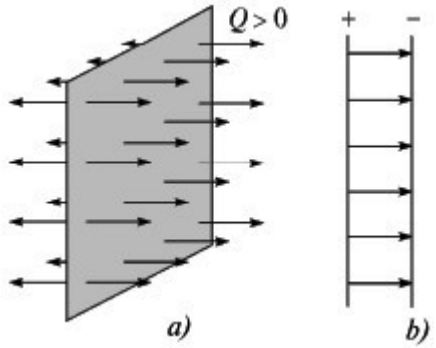
⇨ Elektr maydoni kuchlanganlik chiziqlari yopiq bo'lmasdan, ular musbat zaryaddan boshlanib, manfiy zaryadda tugaydi.

⇨ Kuchlanganlik chiziqlari faqat zaryad joylashgan nuqtadagina tutashadi.

⇨ Ikkita parallel plastinkani modullari teng, lekin ishorasi qarama-qarshi bo'lgan zaryadlar bilan zaryadlansa, plastinkalar orasida kuchlangalik chiziqlari o'zaro parallel joylashadi va maydon kuchlanganligi vektorining moduli plastinkalar orasidagi barcha nuqtalarida bir xil bo'ladi.

⇨ Kuchlanganlik vektorining moduli va yo'nalishi hamma nuqtalarida bir xil bo'lgan elektr maydoniga *bir jinsli elektr maydoni* deyiladi.

⇨ Bir jinsli maydonga bir tekis zaryadlangan tekislik (16 - a rasm) va yassi kondensator qoplamalari chekkasidan uzoqroqdagi elektr maydonlari (16 - b rasm) misol bo'la oladi.



Rasm 16

⇨ Bir tekis zaryadlangan cheksiz tekislik hosil qilgan maydonning kuchlanganligi fazoning ixtiyoriy nuqtasida bir xil qiymatga ega bo'lib masofaga bog'liq emas: ($\boldsymbol{E_1=E_2=\ldots=E_n}$).

Zaryadlangan cheksiz tekisliklar tizimining tashqarisida natijaviy elektr maydon kuchlanganligi nolga teng.

Cheksiz parallel tekisliklar orasidagi maydon bir jinsli maydon hisoblanadi.

⇨ Tekis zaryadlangan cheksiz tekislik hosil qilgan elektr maydon kuchlanganligi:

$$\boldsymbol{E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}} - vakium\ uchun \quad \boldsymbol{E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0 \varepsilon}} - muhit\ uchun$$

⇨ Elektr maydoni faqat tekisliklar orasida hosil bo'ladi

⇨ Qarama-qarshi ishorali zaryadlar bilan zaryadlangan ikkita parallel tekisliklar orasida hosil bo'lgan elektr maydon kuchlanganligi zaryadlangan bitta tekislik hosil qilgan elektr maydoni kuchlanganligidan ikki marta ortiq bo'ladi.

⇨ Parallel tekisliklar orasidagi fazoning istalgan nuqtasida maydon kuchlanganligi vektorining moduli va yo'nalishi bir xil bo'ladi.

⇨ Musbat zaryad maydoniga manfiy zaryad kiritsak yoki manfiy zaryad maydoning musbat zaryad kiritsak elektr maydon kuchlanganligi ortadi.

⇨ Musbat zaryad maydoniga musbat zaryad yoki manfiy zaryad maydoniga manfiy zaryad kiritsak elektr maydon kuchlanganligi zaiflashadi.

⇨ Elektrostatik maydon faqat qo'zalmas zaryadlar hosil qiladi.

⇨ Elektrostatika maydon vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi.

⇨ Qo'zg'olmas zaryadning yoki zaryadlar to'plamining maydoni ***elektrostatik maydon*** deb ataladi.

⇨ Vaqt o'tishi bilan o'zgaradigan maydon elektromagnit maydon deyiladi.

Elektrostatik maydon vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi va uni faqat elektr zaryadi vujudga keltiradi. Elektr maydon ham materiyaning maxsus ko'rinishlaridan biri bo'lib, u elektr zaryadiga bog'langan va zaryadlarning bir-biriga o'zaro ta'sirini uzatadi.

⇨ Nuqtaviy zaryadning R masofadagi elektr maydon kuchlanganligi:

$$\boldsymbol{E = k\frac{q}{\varepsilon \cdot R^2}}; \quad \boldsymbol{E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 \cdot R^2}}$$

⇨ Bir xil ishorali nuqtaviy zaryad orasidagi masofa l, ular orasidagi kuchlanganlik $\boldsymbol{E=0}$ bo'lgan nuqta:

$$\boldsymbol{R_1 = \frac{l}{\sqrt{\frac{q_2}{q_1} + 1}}}; \qquad \boldsymbol{R_2 = \frac{l}{\sqrt{\frac{q_1}{q_2} + 1}}}$$

⇨ Kuch chiziqlari zaryadli jismlar yaqinida zichroq joylashib, Bu yerda maydon kuchlanganligi ham kattaroq bo'ladi.

⇨ Elektr maydonning kuchlanganlik chiziqlari ekvipotensial sirtlarga nisbatan sirtga tik ravishda, potensial kamayadigan yo'nalishda bo'ladi.

⇨ O’tkazgichdan yasalgan va zaryadlangan sferani dielektrik bilan o’ralganida, sferaning hosil qilgan elektr maydon dielektrik ichida o’zgaradi, tashqarida o’zgarmaydi.

⇨ Tomonlari a bo’lgan kvadrat uchlariga bir xil q musbat joylashtirilgan. Kvadrat markazidagi elektr maydon kuchlanganligi **0** ga teng.

⇨ Tomonlari a bo’lgan uchburchak uchlariga bir xil q musbat joylashtirilgan. Uchburchak tomonlari o’rtasidagi elektr maydon kuchlanganligi $\boldsymbol{k\frac{4q}{3a^2}}$ ga teng va uchburchak markaziga qarama – qarshi yo’nalgan.

⇨ Zaryadlangan metal sfera hosil qilgan elektr maydon kuchlanganligi sferaning ichida nolga teng.

⇨ Zaryadining sirt zichligi σ bo’lgan sferik sirtdan uning radiusiga teng masofadagi elektr maydon kuchlanganligi $\frac{\sigma}{4\varepsilon_0}$ **;**

⇨ Elektr maydoni kuchlanganligi va induksiya: $\boldsymbol{E=B\vartheta Sin\alpha}$ **;** $\boldsymbol{E=B\vartheta}$

⇨ Kuchlanganlik elektr maydonini kuch tomonidan xarakterlovchi vektor kattalikdir.

⇨ Shar yoki sferaga berilgan zaryad o’zaro itarilish kuchi tufayli faqat ularning sirti bo’ylab taqsimlanganligi uchun ularning ichidagi (R_{shar}>R) maydon kuchlanganligi doim nolga teng (E_{ichki}=0).

⇨ $\boldsymbol{E}$ gorizontal yo’nalishdagi elektr maydonida elektronning tezlanishi:

$$\boldsymbol{a=\frac{eE}{m_e}}\ ; \qquad \boldsymbol{a=\frac{eU}{m_e\cdot d}};$$

⇨ $\boldsymbol{E}$ vertikal yo’nalishdagi elektr maydonida q zaryadning dinamik tenglamasi:

mα = ± qE± mg ; ± ishora $\boldsymbol{E}$ vektorining yo’nalishi, zaryadning ishorasi va tezlanishi yo’nalishiga bog’liq.

⇨ Faqat metal shar va sferaga berilgan zaryad sirt bo’ylab tekis taqsimlanadi. Boshqa shakldagi metal jismlarda zaryad, sirt bo’ylab notekis taqsimlanadi.

Maydon superpozitsiya prinsipi: Zaryadlar sistemasining biror nuqtada hosil qilgan elektr maydonining kuchlanganligi sistemaga kiruvchi har bir zaryadning o’sha nuqtada alohida-alohida hosil qilgan maydon kuchlanganliklarining geometrik yig’indisiga teng.

$$\boldsymbol{\vec{E}=\vec{E}_1+\vec{E}_2+\cdots+\vec{E}_n=\sum_{i=1}^{n}\vec{E}_i}$$

⇨ Superpozitsiya so'zi "qo'shilish yoki ustma-ust tushish" degan ma'noni anglatadi.

⇨ Superpozitsiya prinsipiga ko'ra bir-biridan $\boldsymbol{R}$ masofa uzoqlikda joylashgan ikki nuqtaviy zaryadning biror nuqtadagi maydon kuchlanganligi:

⇨ **Maydon kuchlanganlik vektorlarini qo'shish:**

Natijaviy maydon kuchlanganligini aniqlashda zaryadlarning ishoralaridan mazkur zaryadlar bir-biri bilan tortishadimi yoki bir-biridan qochadimi shuni aniqlab olingach, zaryadlarning ishorasini inobatga olinmay, zaryadlar bir-biriga tortilsa maydon kuchlanganliklarini qo'shamiz, aksincha bir-biridan qochsa ayiramiz!

⇨ Agar qarama-qarshi ishorali ikki nuqtaviy zaryad berilgan bo'lsa ularning bir to'g'ri chiziqda yotgan istalgan nuqtadagi natijaviy elektr maydon kuchlanganligini aniqlash formulalari :

$$\boldsymbol{E_n = E_1 + E_2} \;\; ; \quad \boldsymbol{E_n = \frac{kq_1}{R_1^2} + \frac{kq_2}{R_2^2}};$$

Bu masalada qarama-qarshi ishorali zaryadlar deyilmoqda, demak mazkur zaryadlarning biri musbat ikkinchisi manfiy, bu holda ular bir-biri bilan tortishadi, zaryadlar bir-biri bilan tortishganda elektr maydonlarini orttiradi shuning uchun har bir zaryad hosil qilayotgan maydon kuchlanganliklari qo'shiladi: $\boldsymbol{E_n = E_1 + E_2}$ bu yerda $\boldsymbol{l = R_1 + R_2}$ – ikkala nuqtaviy zaryad orasidagi masofa, $\boldsymbol{R_1 = l - R_2}$ - o'rganilayotgan nuqtadan birinchi zaryadgacha bo'lgan masofa, $\boldsymbol{R_2 = l - R_1}$ - o'rganilayotgan nuqtadan ikkinchi zaryadgacha bo'lgan masofa, $\boldsymbol{E_1 = \frac{kq_1}{R_1^2}}$ – birinchi zaryadning hosil qilayotgan maydon kuchlanganligi, $\boldsymbol{E_2 = \frac{kq_2}{R_2^2}}$ – ikkinchi zaryadning hosil qilayotgan maydon kuchlanganligi.

⇨ Agar bir xil ishorali ikki nuqtaviy zaryad berilgan bo'lsa ularning bir to'g'ri chiziqda yotgan istalgan nuqtadagi natijaviy elektr maydon kuchlanganligini aniqlash formulalari:

$$\boldsymbol{E_n = E_1 - E_2} \;\; ; \quad \boldsymbol{E_n = \frac{kq_1}{R_1^2} - \frac{kq_2}{R_2^2}}$$

Bu masalada bir-xil ishorali zaryadlar deyilmoqda, demak mazkur zaryadlarning ikkalasi ham musbat, yoki ikkalasi ham manfiy bu holda ular bir-biri bilan itarilishi aniq, zaryadlar bir-biridan qochganda elektr maydonlarini kamaytiradi shuning uchun har bir zaryad hosil qilayotgan

maydon kuchlanganliklari ayriladi: $\boldsymbol{E_n = E_1 - E_2}$ bu yerda $\boldsymbol{l = R_1 + R_2}$ – ikkala nuqtaviy zaryad orasidagi masofa, $\boldsymbol{R_1 = l - R_2}$ - o'rganilayotgan nuqtadan birinchi zaryadgacha bo'lgan masofa, $\boldsymbol{R_2 = l - R_1}$ - o'rganilayotgan nuqtadan ikkinchi zaryadgacha bo'lgan masofa, $\boldsymbol{E_1 = \frac{kq_1}{R_1^2}}$ – birinchi zaryadning hosil qilayotgan maydon kuchlanganligi, $\boldsymbol{E_2 = \frac{kq_2}{R_2^2}}$ – ikkinchi zaryadning hosil qilayotgan maydon kuchlanganligi.

⇨ Elektr maydon kuchlanganligi o'zaro perpendikulyar bo'lganda natijaviy kuchlanganlikni aniqlash:

$$\boldsymbol{E_n = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}} \;\; ; \;\; \boldsymbol{E_n = \sqrt{\frac{kq_1}{R_1^2} + \frac{kq_1}{R_1^2}}}$$

⇨ Elektr maydon kuchlanganligi o'zaro α burchak hosil bo'lganda natijaviy kuchlanganlikni aniqlash:

$$\boldsymbol{E_n = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2cos\alpha}}$$

Bu yerda $\boldsymbol{E_1}$ va $\boldsymbol{E_2}$ mos ravishda nuqtaviy zaryadlarning qaralayotgan nuqtadagi maydon kuchlanganliklari, α-maydon kuchlanganlik vektorlari orasidagi burchak.

⇨ Dipol momenti vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalishi manfiy zaryaddan musbat zaryadga qarab yo'nalgan deb tan olingan. XBSda dipol momentining birligi qilib Debay qabul qilingan,

$$1Debay = 1,6 \cdot 10^{-19} C \cdot m \,.$$

⇨ Atomidagi elektronlarining massa markazi yadrosidagi protonlarining massa markazi bilan ustma – ust tushmaydigan dielektriklar *qutbli dielektriklar* deyiladi. Osh tuzi, spirt, suv kabilar qutbli dielektriklardir. Qutbli dielektrik molekulasida elektronlar protonlarga nisbatan siljigan bo'ladi. Shu sababdan tashqi elektr maydoniga kiritilmagan qutbli dielektrik molekulasi elektr dipolini tashkil qiladi.Elektr maydoniga kiritilgan dielektrikning qutblanishi tufayli uning ichida ichki elektr maydoni hosil bo'ladi. Bu ichki elektr maydoni dielektrik dipollarining maydonlari hisobiga yuzaga kelib, tashqi maydonga qarama- qarshi yo'nalgan bo'ladi va shu sababli tashqi maydonni zaiflashtiradi.

$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q};\ \ \vec{E} = \frac{ma}{q};$	Elektr maydon kuchlanganligi formulasi a-zaryadli zarraning tezlanishi, F-kulon kuchi, q-zarraning zaryad miqdori, m-zarraning massasi,E-elektr maydoni kuchlanganlik vektori
$\vec{E} = \frac{m(a-g)}{q}$	elektr maydon kuchlanganligi pastga yo'nalgan bo'lsa m massali va musbat q zaryadli og'irlik kuchi ta'sir etayotgan zaryadli zarraning(jismning) elektr maydon kuchlanganligini aniqlash
$\vec{E} = \frac{m(a+g)}{q}$	elektr maydon kuchlanganligi yuqoriga yo'nalgan bo'lsa m massali va manfiy q zaryadli og'irlik kuchi ta'sir etayotgan zaryadli zarraning(jismning) elektr maydon kuchlanganligini aniqlash
$\vec{E} = \frac{m(a+g)}{q}$	elektr maydon kuchlanganligi yuqoriga yo'nalgan bo'lsa m massali va musbat q zaryadli og'irlik kuchi ta'sir etayotgan zaryadli zarraning(jismning) elektr maydon kuchlanganligini aniqlash
$\vec{E} = \frac{m(a-g)}{q}$	elektr maydon kuchlanganligi pastga yo'nalgan bo'lsa m massali va manfiy q zaryadli og'irlik kuchi ta'sir etayotgan zaryadli zarraning(jismning) elektr maydon kuchlanganligini aniqlash
$\vec{E} = \frac{kq}{R^2};\ \vec{E} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R^2} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$	Nuqtaviy zaryadning vakiumdagi elektr maydon kuchlanganligi
$\vec{E} = \frac{kq}{\varepsilon R^2};\ \vec{E} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R^2} = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}$	Nuqtaviy zaryadning biror muhitdagi elektr maydon kuchlanganligi
$R_1 = \frac{l}{\sqrt{\frac{q_2}{q_1}}+1}$ $R_1 = \frac{l}{\sqrt{\frac{q_1}{q_2}}+1}$	Bir xil ishorali nuqtaviy zaryad orasidagi masofa l ular orasidagi kuchlanganlik nolga teng (E=0) bo'lgan nuqtani aniqlash
$1)\vec{E} = 0$	Biror muhitdagi shar(sfera)ning 1)ichidagi elektr maydon kuchlanganligi, 2)sirtidagi elektr

$2)\vec{E}=\frac{kq}{\varepsilon R^2};\ \vec{E}=\frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}$ $3)\vec{E}=\frac{kq}{\varepsilon(R+x)^2}$	maydon kuchlanganligi, 3)sirtidan x masofa uzoqlikdagi elektr maydon kuchlanganligi
$\vec{E}=0$ $2)\vec{E}=\frac{kq}{R^2};\ \vec{E}=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ $3)\vec{E}=\frac{kq}{(R+x)^2}$	Vakiumdagi shar(sfera)ning 1)ichidagi elektr maydon kuchlanganligi, 2)sirtidagi elektr maydon kuchlanganligi, 3)sirtidan x masofa uzoqlikdagi elektr maydon kuchlanganiligi
$E=\frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}$	Biror muhitda turgan tekis zaryadlangan cheksiz yakka tekislik uchun elektr maydon kuchlanganligi
$E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$	Vakiumda turgan tekis zaryadlangan cheksiz yakka tekislik uchun elektr maydon kuchlanganligi
$E=\frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0};\ E=\frac{q}{S\varepsilon\varepsilon_0}$	Biror muhitda turgan tekis zaryadlangan cheksiz ikki parallel tekislikning elektr maydon kuchlanganligi
$E=\frac{\sigma}{\varepsilon_0};\ E=\frac{q}{S\varepsilon_0}$	Vakiumda turgan tekis zaryadlangan cheksiz ikki parallel tekislikning elektr maydon kuchlanganligi
$E=\frac{D}{\varepsilon\varepsilon_0}$	Elektr maydon kuchlanganligi va elektr maydon induksiyasi orasidagi bog'lanish
$E=B\vartheta;\ E=\frac{Bc}{n}$	Biror muhitdagi elektr maydon kuchlanganligi va induksiyasi orasidagi bog'lanish yorug'lik tezligi - $c=3\cdot10^8$m/s, n-muhitning absolut sindirish ko'rsatkichi
$A=kq(\frac{q_1}{R_1}-\frac{q_2}{R_2})$	q_1 zaryadni maydonni yuzaga keltiruvchi q_2 zaryaddan R_1 masofa uzoqlikda yotgan nuqtadan R_2 masofa uzoqlikda yotgan nuqtaga ko'chirishda elektr kuchlarining bajargan ishi
$E=B$c	Elektr maydon kuchlanganligi va Induksiya orasidagi bog'lanish
$E=\frac{mgtg\alpha}{q};\ E=\frac{q}{S\varepsilon\varepsilon_0}$	Elektr maydonida osilgan zaryad masalasini yechish uchun
$a=\frac{eE}{m}$	Elektronning gorizontal yo'nalishdagi elektr maydonidagi tezlanishini aniqlash

$A = \frac{kq^2(R_1 - R_2)}{R_1 R_2}$	Ikkita zaryadni bir-biriga yaqinlashitirishda bajarilgan ishni aniqlash
$1) E_n = E_1 + E_2$ $2) E_n = \frac{kq_1}{R_1^2} + \frac{kq_2}{R_2^2}$ $3) l = R_1 + R_2$	1) va 2) Agar qarama-qarshi ishorali ikki nuqtaviy zaryad berilgan bo'lsa ularning bir to'g'ri chiziqda yotgan istalgan nuqtadagi natijaviy elektr maydon kuchlanganligini aniqlash formulalari, 3)R_1 –birinchi zaryaddan o'rganilayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa, R_2 –ikkinchi zaryaddan o'rganilayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa
$1) E_n = E_1 - E_2$ $2) E_n = \frac{kq_1}{R_1^2} - \frac{kq_2}{R_2^2}$	Agar bir xil ishorali ikki nuqtaviy zaryad berilgan bo'lsa ularning bir to'g'ri chiziqda yotgan istalgan nuqtadagi natijaviy elektr maydon kuchlanganligini aniqlash formulalari, R_1 –birinchi zaryaddan o'rganilayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa, R_2 – ikkinchi zaryaddan o'rganilayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa
$E_n = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$ $E_n = \sqrt{\frac{kq_1}{R_1^2} + \frac{kq_1}{R_1^2}}$	Elektr maydon kuchlanganligi o'zaro perpendikulyar bo'lganda natijaviy kuchlanganlikni aniqlash, R_1 – birinchi zaryaddan o'rganilayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa, R_2 – ikkinchi zaryaddan o'rganilayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa
$E_n = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 cos\alpha}$	Elektr maydon kuchlanganligi o'zaro α burchak hosil bo'lganda natijaviy kuchlanganlikni aniqlash, R_1 – birinchi zaryaddan o'rganilayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa, R_2 – ikkinchi zaryaddan o'rganilayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa
$1) a = g + \frac{qE}{m}$ $2) a = \frac{qE}{m} - g$	Elektr maydoni kuchlanganligi pastga yo'nalganda elektr maydonida m massali q zaryadning tezlanishi 1-zaryad musbat bo'lsa 2-zaryad manfiy bo'lganida qo'llaniladi
$1) E = \frac{\lambda}{2\pi R\varepsilon\varepsilon_0}; 2) E = 0$	1)To'gri cheksiz silindr shaklidagi jismning elektr maydon kuchlanganligi 2)ichidagi maydon kuchlanganligi

$F = qE; F = eE$	Elektr maydon tomonidan 1)zaryadga 2)elektronga ta’sir etuvchi kuch
$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0};\ E = \frac{q}{2S\varepsilon\varepsilon_0}$	Cheksiz tekislikning elektr maydon kuchlanganligi
$E = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0};\ E = \frac{q}{S\varepsilon\varepsilon_0}$	Cheksiz 2 parallel tekislikning elektr maydon kuchlanganligi
$E = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0};\ E = \frac{q}{S\varepsilon\varepsilon_0}$	Zaryadlanib manbadan uzilgan kondensatorda elektr maydon kuchlanganligi
$\tilde{E}=İρ/S;\ \tilde{E}=jρ$	O’tkazgichning elektr maydon kuchlanganligi
(ichida $\tilde{E}=0$); (sirtida $\tilde{E}=kq/\xi R^2$) (tashida $\tilde{E}=kq/\xi(R+x)^2$	Sharning elektr maydon kuchlanganligi
$A = qEd;\quad A = qU$	Elektr maydonida zaryadni ko’chirishda bajarilgan ish
$A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$	Elektr maydonida zaryadni ko’chirishda bajarilgan ish
$A = eEd;\ A = eU$	Elektronni elektr maydonda ko’chirishda bajarilgan ish
$A = e(\varphi_1 - \varphi_2)$	Elektronni elektr maydonda ko’chirishda bajarilgan ish
$R = \frac{kq^2}{m\vartheta^2};$ $R = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 m\vartheta^2}$	Bir-biridan cheksiz uzoqlikdagi ikkita bir-biriga qarab harakatlana boshlagan bir xil massali bir xil zaryadli zarrachalarning bir-biriga yaqinlasha olishi mumkin bo’lishi mumkin bo’lgan eng qisqa masofasi
$\vec{E} = \overrightarrow{E_1} + \overrightarrow{E_2} + \ldots \overrightarrow{E_n}$	Elektr maydon superpozitsiya prinsipi
$E = \sum_{k=1}^{n} \vec{E}$	Elektr maydon superpozitsiya prinsipi
$1)a = g + \frac{qE}{m}$ $2)a = \frac{qE}{m} - g$	Elektr maydoni kuchlanganligi yuqoriga yo’nalganda elektr maydonida m massali q zaryadning tezlanishi 1-zaryad manfiy bo’lsa 2-zaryad musbat bo’lganida qo’llaniladi

Elektr maydonni xarakterlaydigan fizik kattaliklardan yana biri maydon potensialidir. Bu tushuncha bilan tanishishda elektr maydonning energetik xarakterda ekanligidan foydalanamiz. Elektr maydonga kiritilgan zaryadning maydon bilan o‘zaro ta’sir energiyasi faqat

maydonga bog‘liq bo‘lmasdan, kiritilayotgan zaryad miqdoriga ham bog‘liqdir. Shuning uchun elektr maydonning ixtiyoriy nuqtasidagi zaryadning potensial energiyasi kiritilayotgan zaryad miqdoriga to‘g‘ri proporsionaldir, ya’ni:

$$W_p = \varphi \cdot q$$

Bu formuladagi φ proporsionallik koeffitsiyenti maydonning har bir nuqtasining energetik xarakteristikasi bo‘ladi. Elektr maydonning berilgan nuqtadagi energetik xarakteristikasi zaryad kiritilgan nuqtadagi ***maydon potensiali*** deb ataladi va u potensial maydonning o‘sha nuqtasida joylashgan birlik musbat zaryadning potensial energiyasi bilan o‘lchanadi:

$$\boldsymbol{\varphi = \frac{W_p}{q}}$$

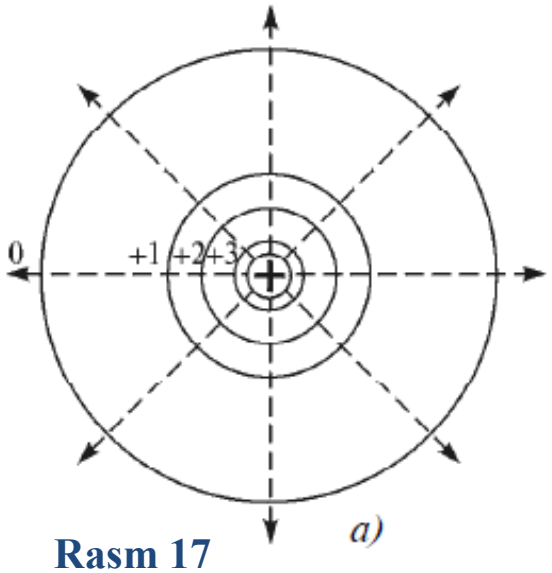
Energiya ham, zaryad ham skalar kattalik bo‘lganligidan, potensial ham skalar kattalik bo‘ladi. Yuqoridagi formulalarga asosan, elektrostatik maydonda q zaryadni ko‘chirishda bajariladigan ish quyidagicha ifodalanadi:

$$\boldsymbol{A = W_{p1} - W_{p2} = q(\varphi_1 - \varphi_2)}$$

bu yerda $\boldsymbol{W_{p1} = q\varphi_1}$ **va** $\boldsymbol{W_{p2} = q\varphi_2}$ — mos ravishda q zaryadning boshlang‘ich va oxirgi holatlaridagi potensial energiyasi, $\boldsymbol{(\varphi_1 - \varphi_2)}$ — potensiallar farqi deb ataladigan kattalik. Uning fizik mazmunini

$$\boldsymbol{\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}}$$

ifodadan aniqlash mumkin: elektr maydonda potensiali $\boldsymbol{\varphi_1}$ bo‘lgan nuqtadan potensiali $\boldsymbol{\varphi_2}$ bo‘lgan nuqtaga birlik musbat zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish bilan o‘lchanadigan kattalik shu ikki nuqta orasidagi potensiallar farqi deyiladi.



Rasm 17

Ekvipotensial sirtlar. Elektr maydonni grafik ravishda nafaqat kuchlanganlik chiziqlari, balki teng potensialli sirtlar orqali ham ifodalash mumkin. ***Ekvipotensial sirtlar*** deb bir xil potensialli nuqtalar to‘plamiga aytiladi. Bu sirtlar chizmada teng potensialli chiziqlar sifatida tasvirlanadi. 17 - *a* rasmda nuqtaviy musbat zaryad maydonining teng potensialli chiziqlari ko‘rsatilgan. Bu zaryad atrofida cheksiz ko‘p bunday chiziqlarni o‘tkazish mumkin. Bu chiziqlarni oralaridagi potensiallar farqi bir xil (misol uchun $1V$) qilib chizish maqsadga muvofiq. Shundagina teng potensialli chiziqlar mazkur maydonda potensiallar farqi qanday o‘zgarishini ko‘rsata oladi. Endi q zaryadni teng potensialli sirt bo‘ylab 1 - nuqtadan 2 - siga ko‘chirishda maydon kuchlarining bajargan ishini ko‘raylik, uni quyidagicha hisoblash mumkin:

$$\boldsymbol{A = q(\varphi_1 - \varphi_2)}$$

Teng potensialli sirtlarda $(\boldsymbol{\varphi_1 - \varphi_2})$ ligidan $(\boldsymbol{\varphi_1 - \varphi_2}) = \boldsymbol{0}$, va demak, $A = 0$. Demak, teng potensialli sirt bo‘ylab zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish nolga teng bo‘lar ekan. Ekvipotensial sirtlarda kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ va ko‘chish yo‘nalishi o‘zaro perpendikular bo’ladi. Shunday qilib maydon kuchlanganligining vektori teng potensialli sirtning har bir nuqtasiga perpendikular va potensial kamayishi tomonga yo‘nalgan. **Kuchlanish haqida tushuncha**

Elektr zanjirga ulangan o'tkazgichdagi elektronlar tok manbayining manfiy

qutbidan musbat qutbiga qarab harakat qiladi. Bu elektronlar ish bajaradi. Zanjirning biror qismi orqali 1 kulon zaryad o'tganida bajariladigan ish zanjirning shu qismi uchlari orasidagi elektr kuchlanish deb ataladi va U harfi bilan belgilanadi.

Elektr kuchlanish formulasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\boldsymbol{U = \frac{A}{q} - kuchlanish}$$

bunda A - zanjirdan q zaryad o'tganda uning shu qismida bajarilgan ish.

Kuchlanish birligi qilib, tok manbayining ixtirochisi Alessandro Volta

sharafiga volt (V) qabul qilingan. Bunda ya'ni zanjirning biror qismida kuchlanish 1 V ga teng bo'lishi shu qism orqali 1 C zaryad miqdori o'tganida 1J ish bajarilishini bildiradi. Binobarin, agar zanjir qismida kuchlanish 2 V ga teng bo'lsa, shu qism orqali 1 C zaryad o'tganida 2 J ish bajariladi. Kuchlanish elektr zanjirning biror qismidagi o'tkazgich uchlaridagina emas, balki tok manbayi qutblarida ham namoyon bo'ladi. Manba qutblari orasidagi kuchlanish zanjirdan 1 C zaryad o'tganda bajarilishi mumkin bo'lgan ishga teng bo'ladi.

18. O‘ZGARMAS ELEKTR TOKI VA UNING QONUNLARI

O‘ Z G A R M A S T O K Q O N U N L A R I

Biz oldingi bobda harakatsiz elektr zaryadi va unga bog‘liq fizik hodisalarni o‘rgandik. Endi ularning harakati bilan bog‘liq jarayonlarni ko‘rishga o‘tamiz. Elektr zaryadlari yoki zaryadlangan makroskopik jismlarning harakati bilan bog‘liq hodisa va jarayonlarni o‘rganishda elektr toki tushunchasi muhim ahamiyatga egadir.

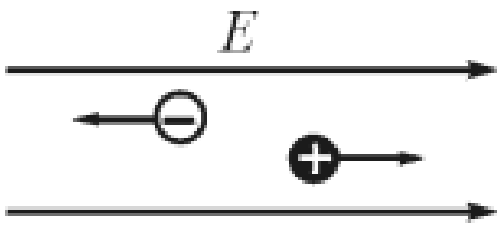
Elektr toki.

⇨ Elektr toki deb elektr zaryadlarining batartib (tartibli) harakatiga aytiladi.

⇨ Zaryadli zarralarning tartibli harakati, ya'ni oqimi elektr toki deb ataladi. «Tok» so'zi «oqim» ma'nosini bildiradi.

⇨ Elektr toki erkin harakatlana oladigan elektronlar yoki ionlarning tartibli ko’chishidan paydo bo’ladi.

⇨ Tashqi elektr maydon ta’sirida o‘tkazgichlardagi musbat zaryadlar maydon bo‘ylab, manfiy zaryadlar esa maydonga qarshi harakatga keladi, ya’ni o‘tkazgichda elektr toki vujudga keladi. Bu tok **o‘tkazuvchanlik toki** deyiladi (28 - rasm).



Rasm 28

⇨ Shartli ravishda elektr tokining yo‘nalishi musbat zaryadlarning harakat yo‘nalishi bilan mos, manfiy zaryadlarning harakatiga esa qarama-qarshi deb qabul qilingan. Masalan, metallardagi elektr tokining yo‘nalishi elektronlarning harakat yo‘nalishiga qarama-qarshi deb olinadi. O‘tkazgichda elektr tokining

mavjudligi uning quyidagi: qizish, kimyoviy tarkibini o‘zgartirish va magnit maydon hosil qilish xususiyatlariga ko‘ra aniqlanadi.

🖫 *DTM testlarini yechishga oid ma’lumotlar:*

⇨ Elektr toki vujudga kelishi va mavjud bo‘lishi uchun: 1) batartib harakat qilishi mumkin bo‘lgan erkin zaryadlangan zarralar; 2)energiyasini bu zarralarning batartib harakatiga sarflaydigan elektr maydoni bo‘lishi zarur.

Elektr toki mavjud bo’lish shartlari:

1. O’tkazgichda erkin zaryadli zarralarning mavjud bo’lishi;
2. Zaryadli zarralarni tartibli harakatga keltirish va bu harakatni to’xtatmay turish uchun bu zarralarga ma’lum bir yo’nalishda ta’sir qilib turadigan kuch bo’lishi zarur yoki o’tkazgich uchlaridan noldan farqli potensiallar ayirmasi bo’lishi zarur;
3. Elektr zanjiri yopiq bo’lishi kerak.

⇨ Elektr tokining asosiy belgisi - harakatdagi zaryadli zarralar tufayli paydo bo’luvchi ***magnit maydon***ning mavjudligidir.

⇨ **Tok kuchi.** O’tkazgichning ko’ndalang kesim yuzasidan vaqt birligi ichida oqib o’tgan zaryad miqdoriga son jihatidan teng bo’lgan skalyar kattalikka ***tok kuchi*** deyiladi.Tok kuchi ($\boldsymbol{I}$) elektr tokining miqdoriy o‘lchovi bo‘lib, o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzidan vaqt birligida o‘tuvchi elektr zaryadi bilan aniqlanadigan skalyar fizik kattalikdir:

$$\boldsymbol{I = \frac{q}{t};\ \ I = \frac{Ne}{t}} - \ \ tok\ kuchi, N - elektronlar\ soni$$

Bu yerda q o‘tkazgich ko‘ndalang kesimidan t vaqtda oqib o‘tgan zaryad miqdori. O‘zgarmas tok uchun tok kuchining SI dagi birligi amper (A) — asosiy birlikdir, bu birlik toklarning o’zaro magnit ta’siri asosida aniqlanadi. U fransuz fizigi A.Amper (1775 — 1836) sharafiga shunday nomlangan.

⇨ Tok kuchining birligi Amper asosiy fizik kattaliklar qatoriga kirib, Tok kuchi ***ampermetr*** yordamida o’lchanadi.

Vaqt o‘tishi bilan kuchi va yo‘nalishi o‘zgarmaydigan **tok o‘zgarmas** tok deyiladi.

⇨ Metall o’tkazgichlarda elektr tokini elektronlarning, ya’ni manfiy ishorali zaryadlarning tartibli harakati yuzaga keltiradi.

⇨ t—vaqt ichida o’tkazgichning ko’ndalang kesim yuzasidan o’tgan elektronlar soni:

$$\boldsymbol{N = \frac{I \cdot t}{e}\ ;\qquad N = \frac{q}{e}}$$

⇨ Suyuqliklarda yoki elektrolitlarda tok tashuvchilar vazifasini musbat va manfiy ionlar bajaradi.
⇨ Elektronlarning harakat yo'nalishi, tokning yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi.
⇨ Tok kuchi tokni hosil qilayotgan zaryadli zarralarning zaryad miqdori, konsentratsiyasi, ko'ndalang kesim yuzi va o'rtacha tartibli harakat tezligining ko'paytmasiga teng:

$$\boldsymbol{I = qns\vartheta}$$

⇨ Zaryadning tartibli harakat tezligi:

$$\boldsymbol{\vartheta = \frac{j}{qn}}; \quad \boldsymbol{\vartheta = \frac{I}{qnS}}; \qquad \boldsymbol{\vartheta = \frac{U}{enρl}}$$

e —elektron zaryadi, n—zaryad konsentratsiyasi, ϑ—zaryadning tartibli harakat tezligi.

⇨ Metallarda elektronlarning tartibli harakat tezligi: $\boldsymbol{\vartheta < \frac{1mm}{s}}$

Shuni ta'kidlash lozimki, metallardagi elektronlarning konsentratsiyasi amalda o'zgarmas bo'ladi. U temperaturaga ham bog'liq emas. Elektronlarning xona temperaturasidagi issiqlik harakati o'rtacha tezligi taxminan $\mathbf{10^5}$ **m/s** ni tashkil qilib, u elektronlarning o'tkazgichdagi yo'naltirilgan harakat tezligidan qariyb 10^8 marta katta ekan. Unda elektr tokining tarqalish tezligi nimaga teng, degan savol tug'iladi. **Elektr tokining tarqalish tezligi.** Elektronlarning o'tkazgichdagi yo'naltirilgan harakat tezligi va elektr tokining tarqalish tezligi mutlaqo bir xil narsa emas. Elektr tokining tarqalish tezligi elektr maydonining tarqalish tezligidir. Shu maydon ta'sirida o'tkazgichdagi barcha erkin elektronlar qariyb bir paytda o'zlarining yo'naltirilgan harakatlarini boshlaydilar. Chunki elektr maydonning tarqalish tezligi yorug'lik tezligi $\boldsymbol{c = 3 \cdot 10^8}$ **m/s** ga tengdir. Masalan, tok manbayidan l masofada bo'lgan iste'molchiga elektr tokining yetib borish vaqti $\boldsymbol{t = \frac{l}{c}}$ ifoda yordamida aniqlanadi.

Tok kuchini topish formulalari:

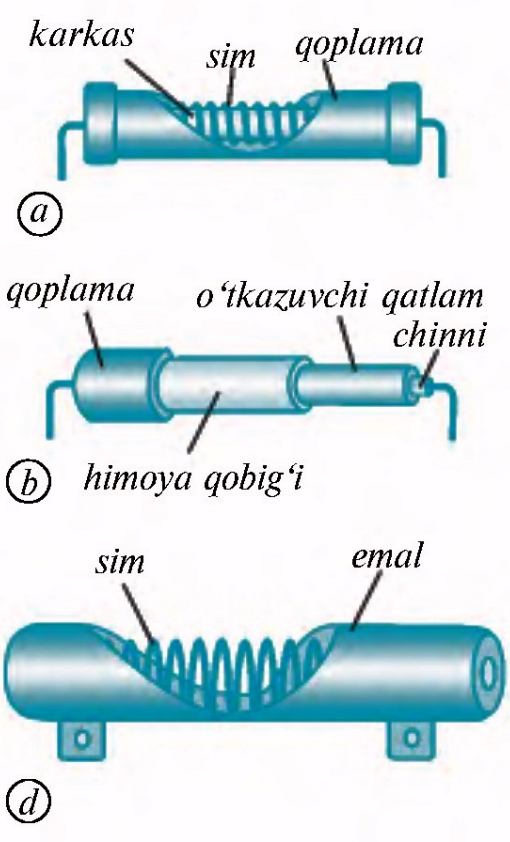
$\boldsymbol{I = \frac{q}{t}}$; $\boldsymbol{I = \frac{U}{R}}$; $\boldsymbol{I = \frac{SE}{\rho}}$; $\boldsymbol{I = \frac{Ne}{t}}$;	Tok kuchini aniqlash q – zaryad miqdori, E- elektr maydon kuchlanganligi, ρ-solishtirma qarshilik N-elektronlar soni
$\boldsymbol{I = qN\vartheta S}$; $\boldsymbol{I = en\vartheta S}$; $\boldsymbol{I = jS}$; $\boldsymbol{I = \frac{\Delta q}{\Delta t}}$	Tok kuchini aniqlash q – zaryad miqdori, n- elektronlarning hajm birligidagi konsentratsiyasi ρ-solishtirma qarshilik N-

	elektronlar soni
$I = \frac{CU}{t};\ I = \frac{\vartheta BS}{\rho};$ $I = \frac{A}{tlB\vartheta};$	Tok kuchini aniqlash C-kondensator sig'imi B-magnit induksiya vektori
$I = \frac{SU}{\rho l};\ I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$	Tok kuchini aniqlash S – yuza l – uzunlik U-kuchlanish
$I_{o'rt} = \frac{I_1 + I_2}{2};\ q_{um} = \Delta t \cdot I_{o'r}$	Tok kuchi chiziqli o'zgarganda o'rtacha tok kuchi umumiy zaryad miqdorini aniqlash formulalari
$\vartheta = \frac{U}{enpl};\ \vartheta = \frac{I}{qnS};\ \vartheta = \frac{j}{qn}$	Elektronning harakatlanish tezligi

Tok zichligi.

⇨ Tok zichligi musbat va vektor kattalik bo‘lib, uning moduli tok kuchi I ning o‘tkazgich ko‘ndalang kesim yuzi S ga nisbatiga teng:

$$\vec{j} = \frac{I}{S} - tok\ zichligi$$



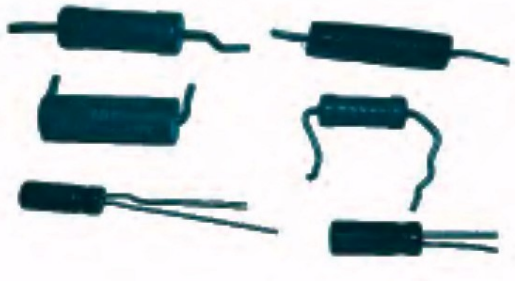
65- rasm

⇨ $\vec{j}$ vektor tok yo‘nalishi bo‘ylab yo‘nalgan. Tok zichligining SI dagi birligi **Amper / m^2** O’tkazgichning birlik ko’ndalang kesim yuzidan o’tayotgan tok kuchiga son jihatidan teng bo’lgan fizik kattalik ***tok zichligi*** deyiladi. Tok zichligi $[A/m^2]$ da o’lchanadi. Tok zichligi vektor kattalik bo’lib, tok yo’nalishi bo’ylab yo’nalgan.

⇨ Tok zichligini topish formulalari:

$$j = \frac{I}{S};\quad j = qn\vartheta;\quad j = \frac{U}{\rho \cdot l};\quad j = \frac{E}{\rho};$$

Elektr zanjirdagi tok kuchining o'tkazgich qarshiligiga bog'liqligidan elektrotexnikada keng qo'llaniladi. Turli qarshilikli o'tkazgichlarni tanlab zanjirdagi tokni boshqarish mumkin.



Shu maqsadda elektrotexnikada rezistorlardan foydalaniladi. “Rezistor” elektr zanjirda tokni rostlash uchun qo'llaniladigan turli qarshilikli elektr asbob. «Rezistor» o'zi lotincha «resisto» «qarshilik» degan ma'noni anglatadi. 29- a rasmda eng sodda rezistor tasvirlangan. U karkas, sim va qoplamadan iborat.

⇨ Zanjir orqali o’tayotgan tok kuchini boshqarish uchun ishlatiladigan aniq qarshilikka ega bo’lgan asboblar ***rezistorlar*** deyiladi. O’zgaruvchan qarshilikka ega bo’lgan rezistorlar ***reostatlar*** deyiladi.

⇨ Karkas va qoplama yonmaydigan va tok o'tkazmaydigan materialdan, masalan, chinnidan, sim esa solishtirma qarshiligi katta materialdan tayyorlanadi. Simning ikki uchi zanjirning tegishli qismiga ulanadi. Ko'p hollarda rezistordagi sim o'rniga katta qarshilikka ega materialdan tayyorlangan qatlam qo'llaniladi (29- b rasm). Bu qatlamning ikkala chekkasi o'tkazgich simga mahkamlangan bo'lib, bu simlar orqali u zanjirga ulanadi. 29 - d rasmda tasvirlangan rezistor kichik qarshilikli bo'lib, unda tok o'tkazmaydigan va yonmaydigan material − sopol ichiga katta qarshilikli sim spiral shaklida joylashtirilgan. Rezistorl arning elektr zanjir sxemasidagi shartli belgisi 29- e rasmda aks ettirilgan. Har qanday elektr iste'molchini sxemada shunday shartli belgi bilan ifodalash mumkin. 30 - rasmda rezistorlarning namunalari keltirilgan. O‘tkazgichning qarshiligi uning o‘lchamlari, shakli va qanday materialdan yasalganiga bog‘liq. Elektr o‘tkazuvchanlikning klassik nazariyasiga muvofiq, elektr qarshiligining mavjudligiga sabab harakatlanayotgan erkin elektronlarning kristall panjara tugunlaridagi musbat ionlar bilan to‘qnashishidir. Agar o‘tkazgich qancha uzun bo‘lsa, to‘qnashishlar ham shuncha ko‘p va demak, elektr qarshiligi katta, agar o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzi qancha katta bo‘lsa, to‘qnashishlar ehtimoli ham shuncha kam va demak, elektr qarshiligi ham kichik bo‘ladi. Xulosa qilib quyidagini aytish mumkin. Bir jinsli chiziqli o‘tkazgichning qarshiligi R uning uzunligi l ga to‘g‘ri, ko‘ndalang kesim yuzi S ga esa teskari proporsionaldir :

$$R = \rho_{sq} \cdot \frac{l}{S}$$

bu yerda ρ_{sq} — o‘tkazgich materialini xarakterlovchi koeffitsiyent bo‘lib, unga solishtirma elektr qarshiligi deyiladi. XBSda o’tkazgichning elektr qarshiligi nemis olimi Georg Om sharafiga ***Om*** da

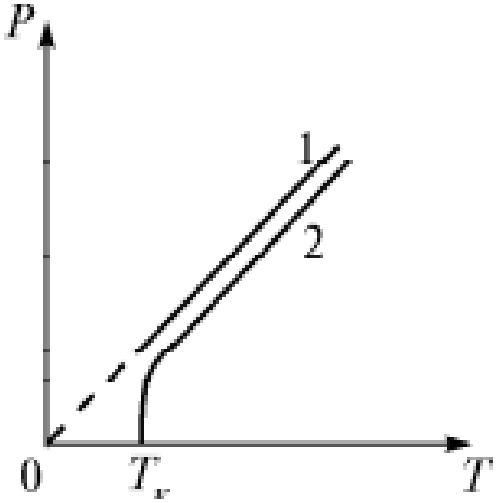
o’lchash qabul qilingan: o’tkazgich uchlariga 1 V kuchlanish berilganda, 1 A o’zgarmas tok o’tadigan o’tkazgichning qarshiligi 1 Om ga teng bo’ladi.

⇨ O’tkazgichning elektr qarshiligi **ommetr** yordamida o’lchanadi.

⇨ Bir jinsli silindrsimon yoki prizma shaklidagi o’tkazgichning elektr qarshiligi (o’zgarmas temperatura sharoitida):

$$\boldsymbol{R = \rho_{sq} \cdot \frac{l}{S}}\ ; \quad \boldsymbol{R = \rho_{sq} \cdot d \cdot \frac{l^2}{m}}\ ; \quad \boldsymbol{R = \frac{\rho_{sq}}{d} \cdot \frac{m}{S^2}}\ ;$$

ρ_{sq}—solishtirma qarshilik, d — zichlik, l – uzunlik,



Rasm 31

O‘ta o‘tkazuvchanlik. $R = R_0(1 + \alpha t)$ asosida elektr qarshiligining temperaturaga bog‘liqlik grafigini chizaylik. 31- rasmdagi 1- chiziq. Lekin tajribalarning ko‘rsatishicha, bir qancha metallar (Al, Pb, Zn va h.k.) va ularning qotishmalarining kritik deyiluvchi juda past temperaturalarda T_k (0,14 — 20K) qarshiliklari sakrab nolgacha kamayishi (120- rasm, 2- chiziq) va ular o‘ta o‘tkazuvchan bo‘lib qolishi kuzatilgan. Bu hodisa birinchi bo‘lib 1911-yilda simob bug‘lari uchun G. Kamerling-Onnes tomonidan kuzatilgan. O‘ta o‘tkazuvchanlik hodisasi kvant nazariyasi asosida tushuntiriladi. O‘ta o‘tkazuvchanlik hodisasidan amalda foydalanish kritik temperaturaning pastligi natijasida qiyinchiliklar tug‘dirmoqda. Lekin hozirgi paytda kritik temperatura 100 K atrofida bo‘lgan o‘ta o‘tkazuvchan keramik moddalar mavjud. O‘ta o‘tkazuvchanlik hodisasini amalda qo‘llash juda ulkan mablag‘ni iqtisod qilishini e’tiborga olib, bu sohada jadal izlanishlar olib borilmoqda. Qarshilikning temperaturaga bog‘liqligidan texnikada foydalanish. Qarshilik termometrlarining ish prinsipi metallar elektr qarshiligining temperaturaga bog‘liqligiga asoslangan. Bunday termometrlar temperaturani 0,003 K gacha aniqlikda o‘lchashga imkon beradi. Ayniqsa, suyuqlik termometrlarini qo‘llash qiyin bo‘lgan joylarda ularning xizmati beqiyosdir.

⇨ Temperatura juda past bo'lganda (0……10 K) o'tkazgich qarshiligining juda pasayib 0 ga teng bo'lib qolishiga ***o'ta-o'tkazuvchanlik*** deyiladi.

Solishtirma qarshilik ta'riflari:

1. Ko'ndalang kesim yuzasi $1m^2$ va uzunligi 1 m bo'lgan o'tkazgich qarshiligi solishtirma qarshilik deyiladi.
2. Solishtirma qarshilikning son qiymati, qirrasi 1 m bo'lgan kub shaklidagi o'tkazgichning, tok ikkita kubning qarama-qarshi yog'iga o'tkazilgan normal bo'ylab o'tayotgan holdagi qarshiligiga teng.
3. $\mathbf{1}\frac{\mathbf{\Omega \cdot mm^2}}{\boldsymbol{m}}$ bo'yicha ta'rifi: solishtirma qarshilik kesim yuzasi $1mm^2$ va uzunligi 1 m bo'lgan o'tkazgich qarshiligiga teng.

⇨ S I da solishtirma qarshilikning o'lchov birligi $\boldsymbol{Om \cdot m}$ yoki $\mathbf{1}\frac{\mathbf{\Omega \cdot mm^2}}{\boldsymbol{m}}$;

$$\mathbf{1}\frac{\mathbf{\Omega \cdot mm^2}}{\boldsymbol{m}} = \mathbf{10^{-6}\Omega \cdot m}$$

⇨ Qarshiligi 1 Ω, uzunligi 1 m va ko'ndalang yesim yuzasi $1m^2$ bo'lgan silindr shaklidagi o'tkazgichning solishtirma qarshiligi 1 Ω · m ga teng.

⇨ Solishtirma qarshilik o'tkazgichning materialiga va haroratiga bog'liq.

⇨ Metall o'tkagichlardagi qarshilik metaldagi erkin elektronlarning kristall panjara tugunlaridagi ionlar bilan to'qnashishi natijasida yuzaga keladi.

⇨ O'tkazgichning qarshiligi uning o'lchamlari, shakli va qanday materialdan yasalganiga bog'liq.

⇨ O'tkazgichning qarshiligi unga berilayotgan kuchlanish yoki tok kuchiga bog'liq emas.

Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik. Solishtirma elektr qarshilikka teskari kattalik solishtirma elektr o'tkazuvchanlik deyiladi: $\boldsymbol{\sigma = \frac{1}{\rho}}$

Uning SI dagi birligi — 1 $[\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{Om \cdot m}}]$

Elektr qarshilik tokning o'tishiga ma'lum miqdorda qarshilik ko'rsatuvchi o'tkazgichning xossasi bilan bog'liq bo'lgan fizik kattalik.

$$\boldsymbol{R = \rho\frac{l}{S} - qarshilik}$$

Bu yerda $\boldsymbol{\rho}$**- solishtirma qarshilik, S- yuza,** $\boldsymbol{l}$**- uzunlik.** Qarshilik tok kuchi va kuchlanishga bog'liq emas. Tok kuchi yoki kuchlanish o'zgarsa qarshilik o'zgarmaydi. Qarshilikni o'zgartirish uchun uni shaklini, turini o'zgartirish kerak, yoki uni qizdirish kerak.

Elektr o‘tkazuvchanlik. Elektr qarshilikka teskari kattalik elektr o‘tkazuvchanlik deyiladi:

$$\boldsymbol{G = \frac{1}{\rho}}$$ Uning SI dagi birligi — $1\left[\frac{1}{Om}\right] = \boldsymbol{simens}$

O‘tkazgich qarshiligining temperaturaga bog‘liqligi. O‘tkazgichning solishtirma qarshiligi nafaqat materialning tabiatiga, balki uning temperaturasiga ham bog‘liqdir. Tajribalarning ko‘rsatishicha, solishtirma qarshilik va demak, qarshilik ham temperaturaga chiziqli bog‘liq, ya’ni :

$$\rho = \rho_0(1+\alpha t)\ \frac{R_2}{R_1} = \frac{1+\alpha\cdot t_2}{1+\alpha\cdot t_1}\ ;\ R_2 = \frac{1+\alpha\cdot t_2}{1+\alpha\cdot t_1}R_1\ \ R = R_0(1+\alpha t)$$

bu yerda $\rho_0 va\, R_0$ — o‘tkazgichning 0 °C dagi, ρ va R lar esa t dagi solishtirma qarshiligi va qarshiligi, α — qarshilikning temperatura koeffitsiyenti deyiladi. $\rho = \rho_0(1+\alpha t)$ dan α ni topamiz: $\alpha = \frac{\rho-\rho_0}{\rho_0 t}$ demak, α — o‘tkazgichning temperaturasi bir gradusga o‘zgarganda uning solishtirma qarshiligining nisbiy o‘zgarishini ko‘rsatadi. Uncha past bo‘lmagan temperaturalarda toza metallar uchun $\alpha = \frac{1}{273}K^{-1}$ Shu hol uchun qarshilikning absolut temperaturaga bog‘liqligini quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin. T=t+273,15 $R = R_0(1+\alpha t)$ ifodadan ko‘rinib turibdiki, qizdirilganda metallarning qarshiligi ortadi, sovitilganda esa kamayadi. Bunga sabab temperatura ortishi bilan ham erkin elektronlarning, ham kristall panjara tugunlaridagi musbat ionlarning issiqlik harakat tezliklarining ortishidir. Bu esa o‘z navbatida ularning ko‘proq to‘qnashuviga, elektronlar energiyasining ko‘proq yo‘qotilishiga, ya’ni elektr qarshiligining ortishiga olib keladi. α – ***qarshilikning temperatura koeffitsienti***. Bu koeffitsient modda qarshiligining temperaturaga bog’liqligini bildiradi.

⇨ Qarshilikning termik koeffitsienti tekshirilayotgan o’tkazgichni 1K (yoki 1℃) ga isitilgandagi qarshilikning nisbiy o’zgarishiga teng. Hamma metallar uchun $\alpha > 0$ bo’lib, sof metallarda $\alpha \approx \frac{1}{273}K^{-1}$ ni tashkil etadi.

⇨ O’tkazgich qarshiligining temperaturaga bog’liqligidan amalda temperaturani o’lchashda foydalaniladi. Temperatura o’zgarishi bilan qarshiligi o’zgaradigan asboblar yaratilgan bo’lib, ularga qarshilik termometri deyiladi. Qarshilik termometri temperaturani yuzdan bir

gradus aniqlikda o'lchash imkoniyatiga ega. Shuningdek, qarshilik termometrlarining o'lchash chegaralari suyuqlik termometrlariga nisbatan ancha yuqoridir.

Om qonuni

⇨ Tok kuchi bilan zanjirning bir qismi - o'tkazgich uchlaridagi kuchlanish va shu o'tkazgich qarshiligi orasidagi bog'lanish nemis olimi **Georg Om** sharafiga *Om qonuni* deb ataladi. Om bu qonunni 1827- yilda kashf qilgan.

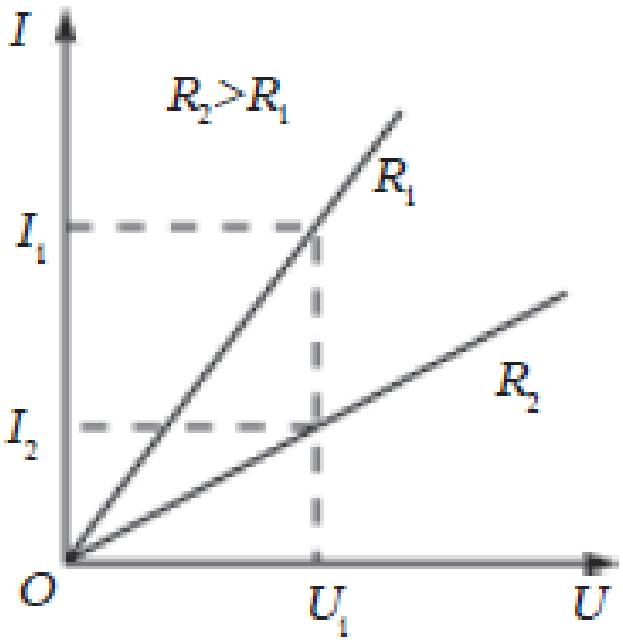
⇨ Yuqoridagi ikkala tajriba xulosalarini umumlashtirib, tok kuchi ***I***, kuchlanish ***U*** va qarshilik ***R*** orasidagi bog'lanishni quyidagicha ifodalash mumkin:

⇨ $\boldsymbol{I = \frac{U}{R}} - Zanjirning\ bir\ qismi\ uchun\ Om\ qonuni$

⇨ $U = IR - kuchlanish$

⇨ $R = \frac{U}{I} - qarshilik$

Zanjirning bir qismidagi kuchlanish uning qarshiligi bilan undan o'tuvchi tok kuchining ko'paytmasiga teng bo'lib, *kuchlanish tushishi* deb ataladi. Kuchlanish bir xil bo'lgan vaqtda ikkita o'tkazgichdan qaysi biri o'zi orqali kuchsizroq tok o'tkazsa, shu o'tkazgichning qarshiligi kattaroq bo'ladi. Har bir o'tkazgich uchun undan o'tayotgan tok bilan kuchlanish orasida bir qiymatli bog'lanish mavjud. Bunday bog'lanishni o'tkazgichning volt-amper xarakteristikasi deyiladi. Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi bilan uning uchlaridagi kuchlanish orasidagi chiziqli bog'lanishni ifodalaydi. 32-rasmda qarshiliklari R_1 va R_2 bo'lgan ikki o'tkazgichning volt-amper xarakteristikalari tasvirlangan. Bu xarakteristika koordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziqdan iborat.



Rasm 32

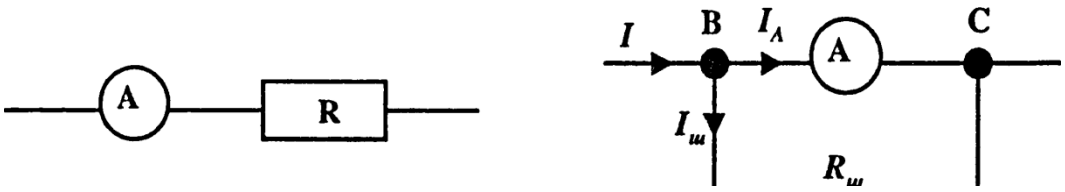
Ampermetr va voltmetrga qo'shimcha qarshilik (shunt) ulash

O'tkazgich orqali o'tayotgan tokni aniqlash uchun ampermetr o'tkazgichga ketma-ket ulanadi. Ampermetr ham elektr qarshiligiga ega

bo’lganligi sababli, u ketma-ket ulangan o’tkazgichdan oqayotgan tok kuchining qiymatini kamaytiradi.

⇨ Ampermetming elektr qarshiligi uning ichki qarshiligi deb ataladi.

⇨ Zanjirdagi tok kuchiga ampermetming ta’sirini kamaytirish maqsadida uning ichki qarshiligi juda kichik qilib tanlanadi. Ampermetmi tok manbaiga to’g’ridan to’g’ri ulash mumkin emas, aks holda qisqa tutashuv yuz berib ampermetr ishdan chiqadi



Rasm 33. ***Ampermetrga shunt ulash***

⇨ Ampermetr o’lchay oladigan eng katta tok kuchi miqdoriga ampermetming o’lchash chegarasi deyiladi. Ampermetming o’lchash chegarasini oshirish maqsadida unga parallel ulangan qo’shimcha qarshilikka shunt deyiladi:

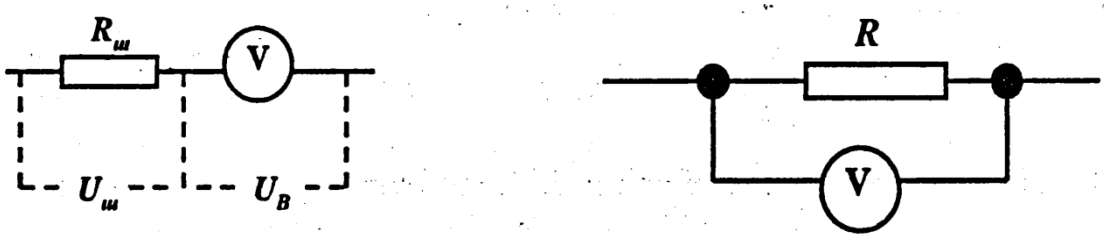
$$I - I_A = (n-1)I_A \qquad I_A = \frac{I}{n}; \qquad I = I_A + I_{sh}; \qquad (n-1)\frac{U}{R_A} = \frac{U}{R_{sh}};$$

$$R_{sh} = \frac{R_A}{n-1}; \qquad I = \left(\frac{R_A}{R_{sh}} + 1\right) \cdot I_A; \qquad n = \frac{R_A}{R_{sh}} + 1;$$

⇨ O’lchash chegarasidan n marta katta bo’lgan tok kuchini o’lchash uchun, ampermetrga parallel ulangan shuntning qarshiligi ampermetr ichki qarshiligidan $(n-1)$ marta kichik bo’lishi kerak.

⇨ O’tkazgich uchlaridagi kuchlanish tushuvini aniqlash uchun unga voltmetr parallel ulanadi. O’tkazgich uchlaridagi kuchlanishning tushishiga voltmetrning ta’sirini kamaytirish uchun uning ichki qarshiligi juda katta qilib tanlanadi.

⇨ Voltmetming ichki qarshiligi juda katta bo’lganligi sababli uni tok manbaiga to’g’ridan-to’g’ri ulash mumkin.



Rasm 34. ***Voltmetrga shunt ulash***

⇨ Voltmetming o'lchash chegarasini oshirish maqsadida unga ketma-ket ulangan qarshilikka shunt deb ataladi:

$$U = nU_V = U_{sh} + U_V; \qquad I = I_{sh} = I_V; \qquad R_{sh} = (n-1)R_V$$

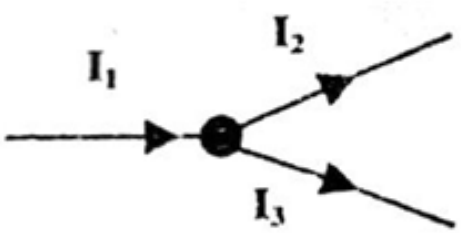
$$n = \frac{R_{sh}}{R_V} + 1; \qquad R_{sh} = R_V\left(\frac{U_{tar}}{U_V} - 1\right); \qquad U_{tar} = \left(\frac{U_{sh}}{U_V} + 1\right)U$$

⇨ Voltmetr o'lchash chegarasidagi kuchlanishdan n marta ortiq kuchlanishni o'lchash uchun unga ketma-ket ulanadigan shuntning qarshiligi voltmetming ichki qarshiligidan $(n-1)$ marta katta bo'lishi kerak.

Rezistor - elektr zanjirda tokni rostlash uchun qo'llaniladigan turli qarshilikka ega elektr asbob.

Reostat - elektr zanjirdagi tok kuchi va kuchlanishni rostlash, ya'ni o'zgartirish uchun qo'llaniladigan elektr asbob.

Potensiometr - elektr zanjirdagi kuchlanishni rostlash, ya'ni o'zgartirish uchun qo'llaniladigan elektr asbob.



Kirxgofning birinchi qoidasi: Zanjirning tarmoqlanish nuqtasida, potensial o'zgarmayotgan holda, toklarning tugundan oldingi yig'indi qiymati, tugundan keyingi yig'indi qiymatiga teng.

$$q_1=q_2+q_3; \qquad I_1=I_2+I_3 \text{ yoki } I_1-I_2-I_3=0;$$

⇨ **Kirxgofning ikkinchi qoidasi:** Zanjirning tarmoqlangan qismidagi ixtiyoriy tanlangan har qanday berk konturdagi tok kuchlarining zanjirning tegishli qismidagi qarshiliklariga ko'paytmalari yig'indisi shu konturdagi EYUKlarning algebraik yig'indisiga teng:

$$I_1R_1+I_2R_2+\ldots+I_nR_n=E_1+E_2+\ldots+En$$

Manbadagi tashqi qarshilikka parallel ulangan kondensator zaryadini topish formulasi: $q=C\cdot\frac{R\cdot E}{R+r}$;

⇨ Magistraldagi tok kuchi deyilganda zanjirning o'rganilayotgan qismidagi umumiy tok kuchi tushuniladi.

Elektr zanjirlari, ko'pincha, bir necha qarshilikni turli usullar bilan ulab tuziladi. O'tkazgichlarni ulash turlarining eng soddasi va ko'p uchraydigani ketma-ket va parallel ulashdir.

O‘tkazgichlarni ketma-ket ulash. O‘tkazgichlar zanjirga ketma – ket yoki parallel ulanishi mumkin. O‘tkazgichlar ketma-ket ulanganda birinchi o‘tkazgichning tugashi ikkinchisining boshlanishiga, ikkinchisining tugashi esa uchinchisining boshlanishiga va hokazo, ulanib (36 - rasm) barcha qismlardagi tok kuchi bir xil (I=const), zanjirning umumiy qarshiligi esa alohida-alohida qarshiliklarning yig‘indisiga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$\boldsymbol{R_{um} = R_1 + R_2 + R_3 \ldots + R_n};$$

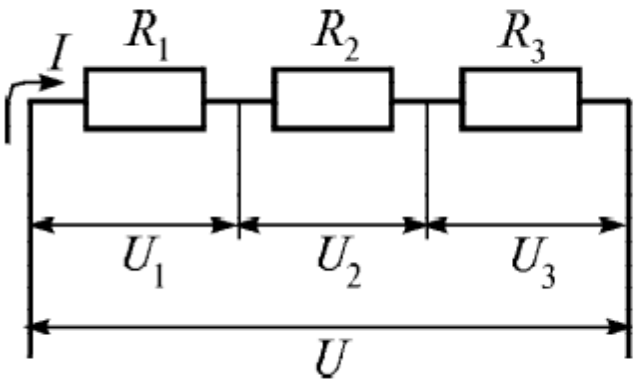
$$q_{um} = q_1 = q_2 = q_3 = \cdots q_n$$

$$\Delta\varphi_{um} = \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_3 + \cdots \Delta\varphi_n$$

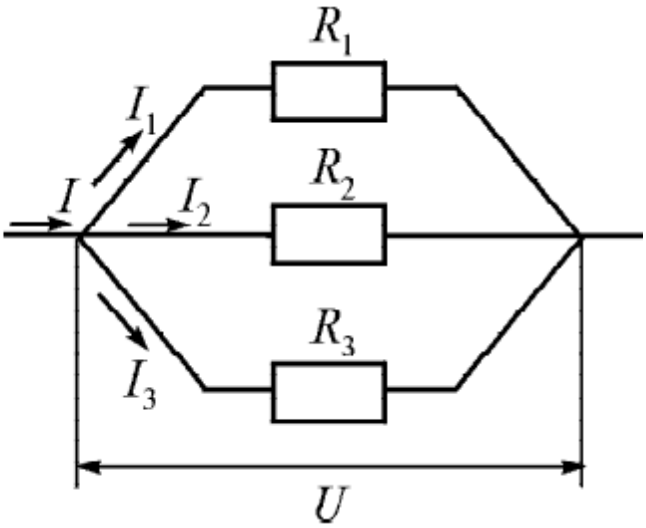
$$I_{um} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3} = \cdots \frac{U_n}{R_n}$$

Umumiy kuchlanish tushishi har bir o‘tkazgichdagi kuchlanishlar tushishlarining yig‘indisiga teng, ya’ni:

$$\boldsymbol{U_{um} = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots U_n}$$



Rasm 36



Rasm 37

O‘tkazgichlarni parallel ulash. O‘tkazgichlar parallel ulanganda esa barcha o‘tkazgichlarning boshlanishlari bir nuqtaga, tugashlari ham bir nuqtaga ulanadi (37 - rasm), tok kuchi tarmoqlardan oqadigan tok kuchlarining yig‘indisiga teng:

$$\boldsymbol{I_{um} = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots I_n}$$

kuchlanish tushishi esa bir xil:

$$\boldsymbol{U_{um} = U_1 = U_2 = U_3 = \cdots U_n = const}$$

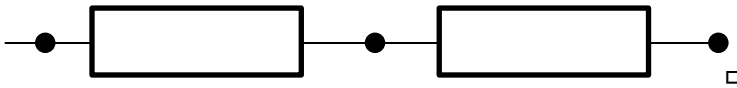
Umumiy qarshilik tarmoqlarning qarshiliklari yordamida quyidagicha

topiladi:

$$\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{R_{um}}} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{R_1}} + \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{R_2}} + \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{R_3}} + \cdots \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{R_n}};$$

O’tkazgichlarni ketma-ket ulash

O’tkazgichlar ketma-ket ulanganda birining oxiri ikkinchisining boshiga, ikkinchisining oxiri uchinchisining boshiga kabi tartibda ulanadi.



⇨ O’tkazgichlardagi tok kuchi bir xil bo’ladi: $I_1 = I_2 = I$

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \cdots = I_n = \ Const;$$

⇨ Ularning umumiy qarshiligi ortadi:

$$R = R_1 + R_2; \quad R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n; \quad R_n = nR;$$

⇨ O’tkazgichlardagi kuchlanishlar yig’indisi zanjirdagi umumiy kuchlanishga teng bo’ladi:

$$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}; U_{AB} = I \cdot R_1 \text{ va } U_{BC} = I \cdot R_2;$$

$$\frac{U_{AB}}{U_{BC}} = \frac{R_1}{R_2}; \qquad U_{AC} = I \cdot R_1 + I \cdot R_2; \qquad U_{AC} = I \cdot R$$

$$U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n; \quad Q = Q_1 = Q_2 = \cdots Q_n; \; A = A_1 + A_2 + \cdots + A_n;$$

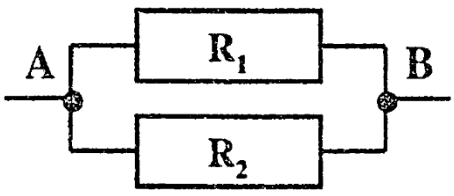
⇨ Ketma-ket ulangan o’tkazgichda kuchlanish taqsimlanishi:

$$\boldsymbol{U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U_{um};} \; \boldsymbol{U_1 = U_{um} - U_2;} \; \boldsymbol{U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_{um};} \; \boldsymbol{U_2 = U_{um} - U_1;}$$

⇨ Ketma-ket ulangan o’tkazgichlardan tuzilgan zanjirning umumiy elektr qarshiligi alohida o’tkazgichlar qarshiliklarining algebraik yig’indisiga teng.

O’tkazgichlarni parallel ulash:

⇨ O’tkazgichdagi tok kuchlarining yig’indisi zanjirdagi umumiy tok kuchiga teng bo’ladi:



$$I = I_1 + I_2 =; \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1};$$

⇨ O’tkazgichlarda kuchlanishlar bir xil bo’ladi:

$$U = U_1 = U_2 \text{ yoki } I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2$$

Ularning umumiy qarshiligi kamayadi:

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2};\quad \frac{1}{R_y}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\cdots+\frac{1}{R_n};\quad I=\frac{U}{R};\qquad I_1=\frac{U}{R_1};\qquad I_2=\frac{U}{R_2};$$

$$U=U_1=U_2=\cdots=U_n;\quad I=I_1+I_2+\cdots+I_n;$$

$$Q=Q_1+Q_2+\cdots+Q_n;\ R_n=\frac{R}{n}$$

⇨ Parallel ulangan o'tkazgichlar zanjirini umumiy qarshiligining teskari qiymati, ulangan o'tkazgichlar qarshiliklari teskari qiymatlarining yig'indisiga teng bo'ladi. O'tkazgichlar parallel ulanganda zanjirning umumiy elektr qarshiligi kamayib, zanjir orqali ko'proq tok oqib o'tadi.

⇨ R_0 qarshilikka ega bo'lgan o'tkazgichning n ta bir xil bo'lakka bo'lganda bitta bo'lagining qarshiligi n marta kamayadi: $R=\frac{R_0}{n}$

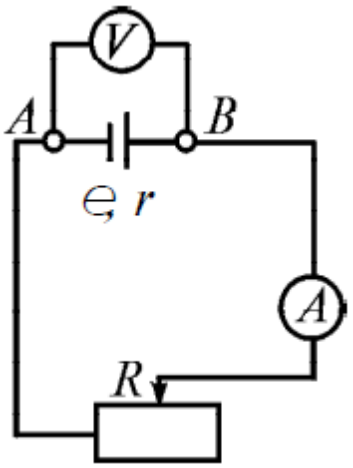
⇨ R_0 qarshilikka ega bo'lgan o'tkazgichning n ta bir xil bo'lakka bo'lib ularni parallel ulaganda uning qarshiligi n^2 marta kamayadi:

$$R=\frac{R_0}{n^2};\qquad n=\sqrt{\frac{R_0}{R}};\qquad R_0=n^2R$$

⇨ Simni cho'zib uzunligini n marta oshirsak uning qarshiligi n^2 marta ortadi:

$$R=n^2R_0$$

Tok manbayi va R qarshilikdan iborat eng sodda berk zanjirni ko'rib chiqamiz (40 - rasm). Tok manbayining qarshiligi ko'pincha zanjirning tashqi qarshiligidan farq qilib, i c h k i q a r s h i l i k deb ataladi va r harfi bilan belgilanadi. Generatorda ichki qarshilik deganda chulg'amlar qarshiligi, galvanik elementda elektrolit eritmasi va elektrodlarning qarshiligi tushuniladi. *R* qarshilikli tashqi qism va *r* ichki qarshilikli tok manbayidan iborat yopiq zanjirni qaraylik (40 - rasm). Energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq tok manbayining EYK zanjirning tashqi va ichki qismlaridagi kuchlanish tushishlarining yig'indisiga teng. Chunki yopiq zanjir bo'ylab ko'chadigan zaryadning o'sha potensiali dastlabki holatdagi nuqtaga qaytib keladi, ya'ni: $(\varphi_A-\varphi_B)$. Demak, $\boldsymbol{\varepsilon = IR + Ir}$, bu yerda *IR* va *Ir*



Rasm 40

— mos ravishda zanjirning tashqi va ichki qismlaridagi kuchlanish tushishlari. Undan hosil qilingan

$$\boldsymbol{I = \frac{\varepsilon}{R + r}}$$

ifoda to‘la zanjir uchun Om qonunini ifodalaydi: *Tok kuchi zanjirdagi EYK ga to‘g‘ri proporsional, zanjirning qarshiligi va tok manbayining ichki qarshiligi yig‘indisiga esa teskari proporsionaldir.* Tanlangan yo‘nalishda EYK musbat zaryadlarning harakat yo‘nalishiga yordam bersa, musbat ($\varepsilon > 0$), tanlangan yo‘nalishda musbat zaryadning harakat yo‘nalishiga to‘sqinlik qilsa, manfiy ($\varepsilon < 0$) hisoblanadi. Om qonuni ifodasidan foydalanishda tok manba ichida manfiy qutbdan musbat qutbga, tashqi zanjirda esa musbatdan manfiyga yo‘nalgan bo‘lishi kerak.

⇨ Tashqi kuchlarning berk zanjir bo’ylab birlik zaryadni ko’chirishda bajargan ishiga son jihatidan teng kattalikka elektr yurituvchi kuch deb ataladi:

$$\boldsymbol{\varepsilon = \frac{A_1}{q};} \qquad \boldsymbol{\varepsilon = I(R+r);} \qquad \boldsymbol{\varepsilon = U_R + U,}$$

Bunda E-EYUK, A_t-tashqi kuchning bajargan ishi, q-zaryad. R-tashqi iste’molchining qarshiligi, r-manbaning ichki qarshiligi. XBSda EYUKning birligi 1V qabul qilingan, ya’ni 1V=1J/1s.

⇨ **To’liq zanjir uchun Om qonuni:** berk zanjirdagi tok kuchi shu zanjirdagi EYUKning to’la qarshilikka nisbatiga teng:

$$I = \frac{\varepsilon}{\mathrm{R+r}};$$

Bu yerda R-tashqi qarshilik, r-manbaning ichki qarshiligi.

⇨ Agar tashqi zanjirni uzib manba klemalari o’zaro ulansa (R=0 bo’lganda), qisqa tutashuv hosil bo’ladi/ butun zanjir uchun Om qonuni qisqa tutashuvda: $I_{q.t} = \frac{\boldsymbol{\varepsilon}}{\mathrm{r}}$

⇨ Qisqa tutashuv toki – $I_{q.t}$ EYUKi E va ichki qarshiligi r bo’lgan tok manbaining bera oladigan eng katta tokidir.

⇨ Agar bir manbaning manfiy qutbiga ikkinchi manbaning musbat qutbi ulansa, bunday ulanishlarga ketma-ket ulanish deyiladi.

⇨ Elementlar ketma ket ulanganda berk zanjir uchun Om qonuni;

$$I = \frac{n\varepsilon}{\mathrm{R+nr}}; \qquad I = \frac{\Sigma\varepsilon}{\mathrm{R+\Sigma\, r}}; \qquad I = \frac{\varepsilon}{\mathrm{R+r}};$$

⇨ Manbalar parallel ulanganda batareya qilib ulanuvchi manbalarning musbat qutblari bir tugunga, manfiy qutblari esa ikkinchi tugunga ulanadi.

⇨ EYUKsi ε, ichki qarshiligi r bo'lgan n ta tok manbalari parallel ulanaganda berk zanjir uchun Om qonuni:

$$I = \frac{n\varepsilon}{\mathrm{R} + \frac{r}{n}}$$

⇨ Akkumulatorni zaryadlashda: $U_{zaryad}=\varepsilon+I_{zaryad}\cdot r$;

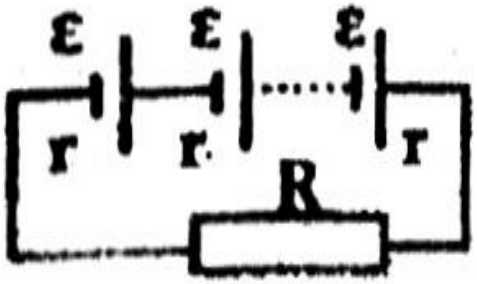
U-zaryadlanishi, I-zaryadlanish toki.

⇨ Iste'molchidagi kuchlanish, yoki tashqi qarshilikdagi kuchlanish:

$$U = \frac{R}{\mathrm{R+r}} \cdot \varepsilon \qquad U_R=\varepsilon\text{-}U$$

Manbaning ichki qarshiligidagi kuchlanish: $Ur = \frac{r}{\mathrm{R+r}} . E$; $U_r=E-U_R$

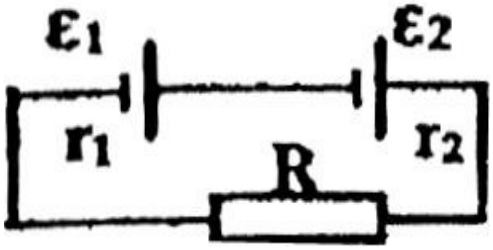
⇨ n ta bir xil manba ketma-ket ulanaganda:



$$I = \frac{n\cdot\varepsilon}{\mathrm{R+n\cdot r}};$$

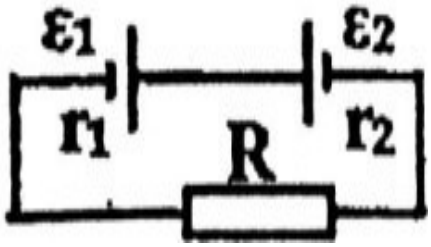
$$\varepsilon_{um}=\varepsilon_1+\varepsilon_2+\ldots+\varepsilon_n;$$
$$r_{um}=r_1+r_2+\ldots+r_n$$

⇨ Ikkita bir xil manba ketma-ket ulanganda (tok yo'nalishi bir xil bo'lganda):



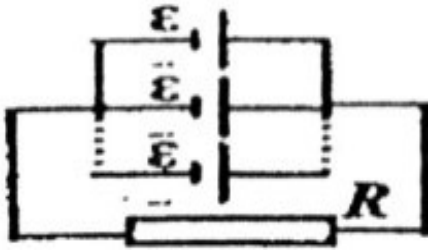
$$I = \frac{\varepsilon_1+\varepsilon_2}{\mathrm{R}+r_1+r_2}; \quad \varepsilon_{um}= \varepsilon_1+ \varepsilon_2;$$
$$r_{un}=r_1+r_2.$$

⇨ Ikkita har xil manba ketma-ket ulanganda (tok yo'nalishi qarama-qarshi bo'lganda):



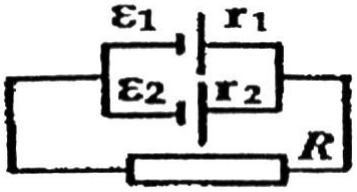
$I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R + r_1 + r_2}$; $\varepsilon_{um} = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$; $r_{um} = r_1 + r_2$.

⇨n ta bir xil manba parallel ulanganda:



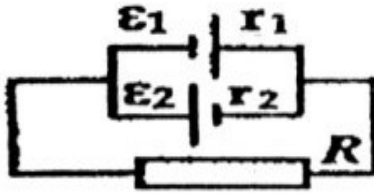
$\varepsilon_{um} = \varepsilon$; $r_{um} = \frac{r}{n}$; $I = \frac{n \cdot \varepsilon}{n \cdot R + r}$;

⇨ Ikkita har xil manba parallel, tok yo'nalishi bir xil bo'lganda:



$\varepsilon_{um} = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}\left(\frac{\varepsilon_1}{r_1} + \frac{\varepsilon_2}{r_2}\right)$; $r_{um} = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}$; $I = \frac{\varepsilon_{um}}{R + r_{um}}$

⇨Ikkita manba o'zaro parallel, tok yo'nalishi qarama-qarshi bo'lganda:



$\varepsilon_{um} = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}\left(\frac{\varepsilon_1}{r_1} - \frac{\varepsilon_2}{r_2}\right)$; $r_{um} = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}$; $I = \frac{\varepsilon_{um}}{R + r_{um}}$

⇨Agar 3 ta manba o'zaro parallel ulansa:

$\varepsilon_{um} = r_{um}\left(\frac{\varepsilon_1}{r_1} + \frac{\varepsilon_2}{r_2} + \frac{\varepsilon_3}{r_3}\right)$; $\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}$

⇨ Manbaning foydali ish koeffitsiyenti: $\eta = \frac{R}{R + r}$; $\eta = \frac{U}{\varepsilon}$

⇨ Manbaga ulangan tashqi qarshilik R_1 dan R_2 ga o'zgaeganda manbaning FIK ning o'zgarishi: $\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{R_1+r}{R+r_2}$

Elektr dvigatelning FIKi: $\eta_{un} = \frac{Nun}{IU} = \frac{F\vartheta}{IU}$

Tokning ishi. Uchlariga *U* kuchlanish qo'yilgan bir jinsli o'tkazgich bilan ish ko'raylik. *t* vaqt davomida o'tkazgichdan $q = It$ zaryad miqdori oqib o'tadi. Elektr toki maydon ta'siridagi *q* zaryadning ko'chishidan iborat jarayon ekanligini e'tiborga olsak, $A=q(\varphi_1 - \varphi_2)$ ga asosan quyidagini yozishimiz mumkin:

$$A = qU = IUt.$$

Tokning ishi zaryadlarni elektr maydonda ko'chirishda bajarilgan ish bilan aniqlanadi. Zanjirning bir qismi uchun Om qonunidan foydalanib, tokning ishi uchun quyidagini hosil qilamiz:

$$A_{tash} = I^2Rt = qU_{tashqi} = IU_{tashqi}t$$

Tokning quvvati. Quvvat vaqt birligida bajariladigan ish bilan aniqlanishini nazarda tutsak, ushbuga ega bo'lamiz:

$$P_{tash} = \frac{U^2}{R} = IU = I^2R$$

Tok ishining va quvvatining birligi. Agar tok kuchi — amperlarda, kuchlanish — voltlarda, qarshilik — omlarda ifodalansa, tokning ishi — joullarda, quvvati esa vattlarda ifodalanadi. Amalda tok ishining sistemadan tashqari birliklaridan ham foydalaniladi.

1W· soat = 1W· 3600 s=3600J =3,6 · 103J—1W quvvatli tokning1 soatdagi ishi;

1 kW· soat = 1000W· 3600 s = 3600000 J = 3,6 · 106 J—1kW quvvatli tokning

1 soatdagi ishi.

Joul—Lens qonuni. Agar tok harakatsiz metall o'tkazgichdan o'tayotgan bo'lsa, tokning barcha ishi uni qizdirishga ketadi. Unda energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq: $Q=A$

$$Q = I^2Rt$$

Bu ifoda Joul—Lens qonunini ifodalaydi. Uni tajribalar asosida mustaqil ravishda J. Joul va E.Lenslar aniqlashgan. O'tkazgichdan tok o'tganda issiqlik ajralishiga sabab erkin elektronlarning harakat davomida kristall panjara tugunlaridagi ionlarga urilib o'z energiyalarini berishlaridir. Buning natijasida ionlarning tebranma harakati ortadi, ya'ni o'tkazgich qiziydi. Shuning uchun ham ajralib chiqadigan issiqlik miqdori qarshilikka to'g'ri proporsionaldir.

Tokning issiqlik ta’siri. Tokning issiqlik ta’siri kundalik hayotimizda va texnikada juda keng qo‘llaniladi. Dastlabki cho‘g‘lanma lampochka 1872- yil rus injeneri A. Lodigin tomonidan kashf etilgan. U shisha ballon ichida mis simlar orasida berkitilgan ko‘mir tayoqchadan iborat bo‘lgan. Tok o‘tganda ko‘mir tayoqcha cho‘g‘dek qizib yorug‘lik bergan. Hozirgi paytda cho‘g‘lanish tolasi sifatida suyuqlanish temperaturasi 3370 °C bo‘lgan volfram tolasidan foydalaniladi. Keng qo‘llaniladigan elektr plita, elektr choynak, elektr dazmol, elektr isitkichlar ham isitish asboblariga kiradi. Ishlab chiqarishda qo‘llaniladigan qurilmalardan yana biri bu elektr pechidir. Uning temperaturasi 3000 °C gacha boradi. Elektr tokining issiqlik ta’siri keng qo‘llaniladigan sohalardan yana biri texnikada va xalq xo‘jaligida muhim ahamiyatga ega bo‘lgan payvandlash ishlaridir. Tokning issiqlik ta’siri asosida ishlaydigan ko‘plab o‘lchov asboblari, jumladan galvanometrlar mavjud. Tokning issiqlik ta’sirining foydali tomonlaridan tashqari zararli tomonlari ham mavjuddir. Jumladan, tok uzatish simlaridan ajralib chiqayotgan ulkan miqdordagi issiqlik befoyda sarflanadi. Shuning uchun ham bu maqsadda solishtirma qarshiligi kichikroq metallardan foydalanishga harakat qilinadi.

⇨ **Joul-Lens qonuni:** Zanjirning bir qismida ajralib chiqqan issiqlik miqdori, tok kuchining kvadrati, qism qarshiligi va tokning o’tish vaqtiga ko’paytmasiga teng:

$$Q = I^2Rt; \quad Q = \frac{U^2}{R} \cdot t; \quad Q = IUt; \quad Q = P_f \cdot t; \; Q = I^2(R + r) \cdot t$$

⇨ Joul-Lens qonuniga ko’ra qarshiliklari R_1 va R_2 bo’lgan o’tkazgichlar ketma-ket ulanganda ularda ajralib chiqqan issiqlik miqdorlari nisbati o’tkazgichlar qarshiliklari nisbatiga to’g’ri proporsional bo’ladi:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}; \qquad \frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

⇨ O'tgazgichlar ketma-ket ulanganda qarshiligi kuchli bo'lgan o'tkazgichda, qarshiligi katta bo’lgan o’tkazgichga nisbatan kattaroq issiqlik ajralib chiqadi.

⇨ Parallel ulangan o’tkazgichlarda ajralib chiqqan issiqlik miqdorlari nisbati ularning qarshiliklari nisbatiga teskari proporsional:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

⇨ Parallel ulanganda qarshiligi kichik bo’lgan o’tkazgich, qarshiligi kichik bo’lgan o’tkazgichga nisbatan ko’proq issiqlik ajratib chiqaradi.

⇨ Uchta qarshilik ketma-ket ulangan bo’lsa:

$$Q_1 : Q_2 : Q_3 = R_1 : R_2 : R_3 \qquad Q_1 : Q_2 : Q_3 = \frac{1}{P_1} : \frac{1}{P_2} : \frac{1}{P_3}$$

⇨ Parallel ulangan o'tkazgichlarning qarshiligini kichkina ko'p issiqlik va quvvat ajraladi.

⇨ R_1 qarshilikli spiral suvni t_1 vaqtda,R_2 qarshilik spirali $t_2$vaqtga qaytsa:

⇨ spiral ketma-ket ulanganda, suvning qaynash vaqti ortadi:

$$t_{par} = t_1 + t_2$$

→spirallar 3ta : $t_{k-k} = t_1 + t_2 + t_3$

⟹spirallar parallel ulanganda suvning qaynash vaqti kamayadi:

$$t_{par} = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_3}$$

→spirallar 3ta bo'lsa: $\frac{1}{t_{par}} = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} + \frac{1}{t_3}$

⇨ n ta bir xil chulg'am ketma-ket ulanganda suvning qaynash vaqti, ular parallel ulangandagisidan n^2marta katta bo'lsa: $t_{k-k} = n^2 \cdot t_{par}$

⇨ O'zgarmas tokning ishi :

Zanjirning bir qismi uchun: $A = IUt;\ A = I^2Rt;\ A = \frac{U^2}{R} \cdot t;\ A = IB\pi R^2$

To'liq zanjir uchun

$$A = \varepsilon It; \quad A = \frac{\varepsilon^2}{R+r} \cdot t; \quad A = Q \cdot \varepsilon; \quad A = t^2(R+r) \cdot t; \quad A = P \cdot t;$$

Tok manbaining ichidagi samarasiz quvvat:

$$P_i = I^2 r$$

Tashqi zanjir quvvati (foydali quvvat):

$$P_f = A_f It; \quad P_f = IU;\ P_f = I^2R;\ P_f = \frac{U^2}{R};\ P_f = \frac{\varepsilon^2 R}{(R+r)^2}$$

Tok manbaini to'liq quvvati :

$$P_T = P_i + P_f; \quad P_T = I^2 r + I^2 R;\ P_T = I^2(r+R);$$

$$P_T = \varepsilon \cdot I;\ P = \frac{\varepsilon^2}{R+r}; P = \frac{A_{um}}{t}$$

⇨ Tok manbaining FIKi foydali quvvatning to'liq quvvatga nisbatiga teng:

$$\eta = \frac{P_f}{P_T} \quad yoki \quad \eta = \frac{U}{\varepsilon} = \frac{R}{R+r}$$

⇨ Manbaga ulangan istimolchidagi maksimal quvvat R=r bo'lganda amalga oshadi:

$$P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$

⇨ R qarshilikka R_2 qarshilikni ketma-ket ulasak Rqarshilikdagi quvvat n marta kamayadi $R_x = (\sqrt{n} - 1)R; \quad n = (R_x/R + 1)$

⇨ Kuchlanishning ayni bir qiymatida elektr quvvatlari $P_1, P_2, P_3 \ldots, P_n$ bo'lgan o'zaro ketma-ket ulangan qarshiliklardan tashkil topgan zanjirning umumiy qiymati:

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} + \cdots + \frac{1}{P_n}$$

⇨ Ketma-ket ulangan iste'molchilarning umumiy qiymatining teskari qiymati har biri iste'molchi quvvatinig teskari qiymatlarinig yig'indisiga teng. Iste'molchilarning ketma-ket ulanishidan hosil bo'lgan zanjirning umumiy qiymati kamayadi.

⇨ Kuchlanishning ayni bir qiymati elektr qiymatlari $P_1, P_2, P_3, \ldots P_n$ bo'lganda o'zaro parallel ulangan iste'molchilardan tashkil topgan zanjirning umumiy quvvati

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

⇨ Parallel ulangan iste'molchilarning umumiy quvvati har bir iste'molchi quvvatining algebraik yig'indisiga teng. Iste'molchilarning parallel ulanishidan hosil bo'lgan zanjirning umumiy quvvati ortadi.

⇨ Quvvati P_1 va P_2 bo'lgan ikkita lampa ketma-ket ulansa umumiy quvvati kamayadi:

$$\frac{1}{P_{um}} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2}; \qquad \frac{1}{P_{um}} = \frac{P_1 \cdot P_2}{P_1 + P_2}$$

⇨ Quvvatlari P ga teng bo'lgan n ta bir xil lampa ketma-ket ulansa,umumiy quvvat bitta lampaning daslabki quvvatiga nisbatan n marta kamayadi: $P_{um} = \frac{P}{n^2}$

⇨ Quvvatlari P gat eng bo'lgan n ta bir xil lampa manbaga ketma-ket ulansa, lampadagi P_1 uning daslabki quvvatiga nisbattan n^2 marta kamayadi: $P_1 = \frac{P}{n^2}$

⇨ Daslabki quvvatlari P_1va P_2 bo'lgan lampalar manbaga ketma-ket ulangan bo'lsa, ulardagi kuchlanishlar va qarshiliklar nisbati:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{P_2}{P_1}; \qquad \frac{R_1}{R_2} = \frac{P_2}{P_1}$$

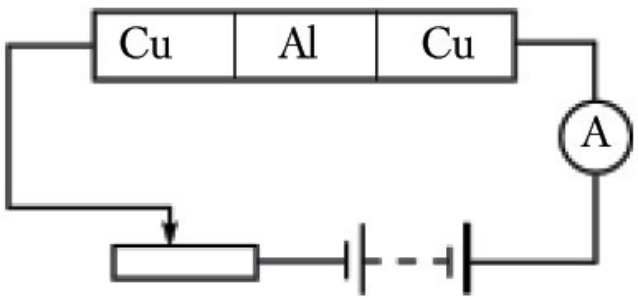
⇨ Quvvatlari P_1vaP_2 bo'lgan lampalar manbaga ketma-ket ulangan bo'lsa, ularni alohida quvvatlari:

$$P_1^{yonish} = \left(\frac{P_2}{P_1 + P_2}\right)^2 \cdot P_1; \quad P_2^{yonish} = \left(\frac{P_1}{P_1 + P_2}\right)^2 \cdot P_2$$

⇨ Manbaga bir qancha lampa ketma - ket ulangan bo'lsa, ularning sonini kamaytirsak lampalarning umumiy ravshanligi ortadi, sonini oshirsak umumiy ravshanligi kamayadi.
⇨ Quvvatlari P_1 va P_2 bo'lgan ikkita lampa parallel ulansa umumiy yonish quvvati ortadi: $P_{um} = P_1 + P_2$
⇨ Quvvatlari P ga teng bo'lgan n ta bir xil lampa manbaga ulansa, ularning birgalikdagi umumiy quvvati bitta lampaning daslabki quvvatiga nisbatan n marta ortadi . $P_{um} = n \cdot P$
⇨ Quvvatlari P ga teng bo'lgan n ta lampa manbaga parallel ulansa, alohida bitta lampaning yonish quvvati o'zgarmasdan oldingicha qoladi: $P_1 = P$
⇨ Quvatlari P_1 va P_2 bo'lgan lampalar manbaga parallel ulansa, ularning quvvati o'zgarmaydi: $P_1^{yonish} = P_1$; $P_2^{yonish} = P_2$
Manbaga bir qancha lampa parallel ulangan , ularning sonini kamaytirsak lampaning umumiy ravshanligi kamayadi. Lampaning sonini oshirsak umumiy ravshanligi ortadi.

19. TURLI MUHITLARDA ELEKTR TOKI

Biz oldingi bobda elektr toki haqidagi tushuncha va uning asosiy qonunlari bilan tanishdik. Mulohazalarimizda asosan birinchi tur o‘tkazgichlar — metallar haqida fikr yuritdik. Ushbu bobda esa bu mulohazalarimizni yanada chuqurlashtiramiz va shu bilan birga ikkinchi tur o‘tkazgichlar — eritmalar va gazlarda tok qonunlari bilan tanishamiz. Ikkinchi tur o‘tkazgichlardagi tok qonunlarining texnikadagi ahamiyati ularni chuqur o‘rganishni taqozo etadi. Keyingi paytlarda jadal rivojlanib, kundalik hayotimizning ajralmas qismini tashkil etayotgan radiotexnika qurilmalari, elektron hisoblash mashinalarining asosini tashkil etuvchi yarim o‘tkazgichlardagi elektr tokining tabiatini o‘rganish ayniqsa muhim ahamiyatga ega.
Metallarda zaryad tashuvchilar. Metallarda zaryad tashuvchi zarralarning tabiati haqida turli mulohazalar mavjud bo‘lgan. Bunday zarralar kristall panjara ionlariga kuchsiz bog‘langan elektronlar, degan mulohazani nemis fizigi P.Drude (1863 — 1906) olg‘a surgan va metallarda elektr o‘tkazuvchanlikning klassik nazariyasini yaratgan. Uning bu



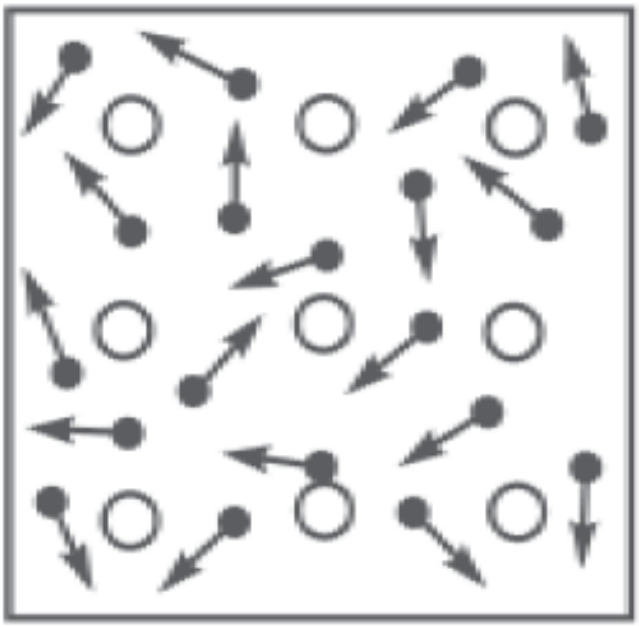
Rasm 65



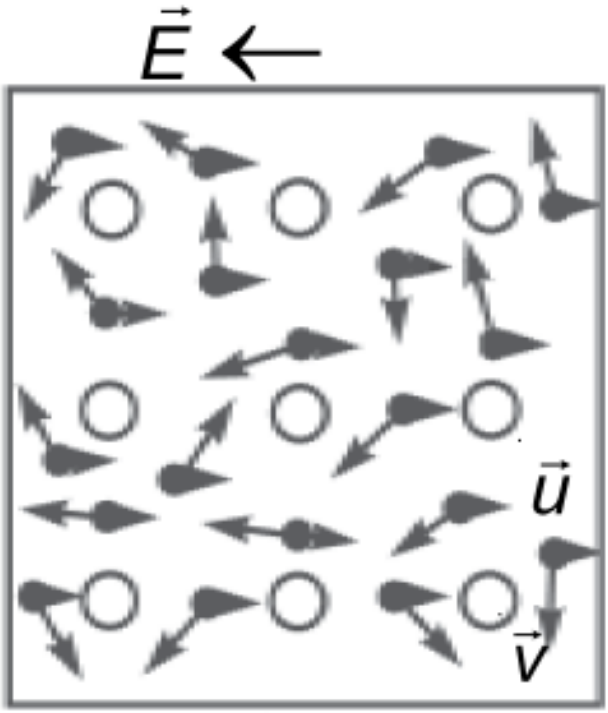
Rasm 66

g‘oyasi gollandiyalik fizik X.Lorens tomonidan rivojlantirilgan va bir qancha tajribalarda o‘z isbotini topgan. Nemis fizigi K.Rikke (1845 — 1915) 1901- yilda quyidagicha tajriba o‘tkazgan . U uchta bir xil radiusli juda yaxshi silliqlangan Cu, Al, Cu silindrchalarni ustma- ust qo‘yib ulardan katta miqdordagi zaryadni ($\approx 3{,}5 \cdot 10^6$ C) o‘tkazgan (65- rasm). Agar bordi-yu, zaryad tashuvchi zarralar ionlar bo‘lganida edi, silindrlarda qo‘shni metallning namunalari bo‘lishi kerak edi. Juda nozik tekshiruvlar ham moddalarning, hattoki zarracha ko‘chishini qayd etmagan. Demak, zaryad tashuvchilar har ikkala metallga ham xos zarralar bo‘lishi kerak. Bunday zarralar esa 1887- yilda ingliz fizigi J.Tomson (1856 — 1940) tomonidan kashf etilgan elektron bo‘lishi mumkin. Metallarda zaryad tashuvchi zarralar elektron ekanligini tasdiqlovchi yana bir qancha tajribalar rus fiziklari S.Mandelshtam (1879 — 1944) va N.Papaleksi (1886 — 1947) taklif qilgan g‘oyaga asosan o‘tkazilgan. G‘oyaning mazmuni quyidagicha: agar metallda kuchsiz bog‘langan zaryad tashuvchilar mavjud bo‘lsa, unda tez harakatlanayotgan metall keskin to‘xtatilganda bu zarralar o‘z inersiyalari bilan, keskin tormozlangan avtobusdagi yo‘lovchilar kabi oldinga ko‘chishi va natijada elektr toki paydo bo‘lishi kerak (66- rasm). O‘tkazilgan ko‘plab tajribalar bu fikrni to‘la tasdiqladi va metallarda zaryad tashuvchi zarralar elektronlar ekanligini isbotladi. Erkin elektronlar. Xo‘sh, metallarga erkin elektronlar qayerdan keladi? Ularning paydo bo‘lishi quyidagicha tushuntiriladi: metallning kristall panjarasi hosil bo‘lishida atom yadrosi bilan kuchsiz bog‘langan elektronlar atomdan uzilib chiqadi va erkin elektronga aylanib butun hajm bo‘ylab harakatlanishi mumkin bo‘lib qoladi. Demak, panjara tugunlarida metall ionlari joylashib, ular orasida go‘yoki ideal gazga o‘xshash elektron gaz hosil qiluvchi, erkin elektronlar betartib harakatda bo‘ladi. Elektronlar o‘z harakatlari davomida panjaradagi ionlar bilan to‘qnashib turadi va natijada ular o‘rtasida termodinamik muvozanat vujudga keladi. Hisoblashlarning ko‘rsatishicha, T=300K da elektronning o‘rtacha issiqlik harakatining tezligi $< \vartheta > = \mathbf{1{,}1 \cdot 10^5}$ m/s ni tashkil qiladi. Elektronlarning elektr maydon ta’siridagi yo‘naltirilgan

harakat o‘rtacha tezligi esa $\langle\vartheta\rangle = \mathbf{8 \cdot 10^{-4}}$ m/s atrofida bo‘ladi. Ya’ni yuqorida qayd etilganidek, elektronlarning yo‘naltirilgan harakat tezligi ularning o‘rtacha issiqlik harakat tezligidan qariyb 10^8 marta kichik. Shuning uchun ham bu tezlik elektr tokining tarqalish tezligi bo‘lolmaydi. Elektr toki juda uzoq masofalarga bir lahzadayoq uzatilishiga sabab, elektr zanjiri ulanishidayoq zanjir bo‘ylab elektr maydonning yorug‘lik tezligiga teng tezlik ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s) bilan tarqalishidir. Natijada butun zanjir bo‘ylab o‘zgarmas elektr maydon



Rasm 66a



Rasm 66b

vujudga keladi va elektronlarni batartib harakatga keltiradi. Shuning uchun ham zanjir ulanishidayoq unda elektr toki vujudga keladi. Absolut noldan farqli temperaturalarda metallardagi ionlar ham, erkin elektronlar ham to‘xtovsiz issiqlik harakatida qatnashadi. Ionlarning issiqlik harakati ularning muvozanati vaziyati atrofidagi tebranma harakatlardan iborat. Erkin elektronlar esa metall parchasining sirti bilan chegaralangan hajmda erkin harakatlanadi, ya’ni turli yo‘nalishlar bo‘yicha turlicha tezliklarga ega bo‘ladi. 66- a rasmda doirachalar bilan ionlar, nuqtalar bilan erkin elektronlar, strelkali chiziqchalar bilan erkin elektronlar issiqlik harakatining ϑ o‘rtacha tezlik vektorlari tasvirlangan. Ravshanki, erkin elektronlarning bunday issiqlik harakati elektr tokini yuzaga keltirmaydi, chunki butkul tartibsizlik tufayli bir yo‘nalishda qancha elektron harakatlansa, qarama-qarshi yo‘nalishda ham shuncha elektron harakatlanadi. Binobarin, metall ichida olingan ixtiyoriy yuza

orqali o‘tuvchi zaryadlarning yig‘indisi nolga teng bo‘ladi. Biroq, metallni tashqi E elektr maydoniga kiritilsa, boshqacha holat yuz beradi: maydon ta’sirida barcha elektronlar maydon yo‘nalishiga qarama-qarshi tomonga (bir tomonga) yo‘nalgan qo‘shimcha $\vec{u}$ tezlikka ega bo‘ladilar (66- b rasm). Endi elektronlarning harakati butkul tartibsiz bo‘lmaydi. Elektronlar tartibsiz issiqlik harakatini davom ettirgan holda tashqi maydonga qarama-qarshi yo‘nalishda siljiydi, demak,elektr toki vujudga keladi. Shunday qilib, metallarda elektr toki erkin elektronlarning tartibli harakatidan iborat bo‘ladi. Shuning uchun erkin elektronlarni ***o‘tkazuvchanlik elektronlari*** deb ataladi. Metallarda erkin elektron hamma vaqt ham erkin harakatlanmaydi. Ular o‘zaro va kristall panjara tugunlaridagi ionlar bilan tez-tez to‘qnashib turadi. Lekin elektronlarning ionlar bilan to‘qnashishlari ustunlik qiladi. Ikki ketma-ket to‘qnashishlar orasida o‘tgan vaqt davomida elektronlar erkin harakatlanadi. Shu vaqt davomida bosib o‘tgan yo‘lini elektronning ***erkin yugurish yo‘li*** deb ataladi. Elektron ion bilan to‘qnashganda uning tartibli harakat tezligi keskin kamayadi, hatto nolga teng bo‘ladi. So‘ng u navbatdagi ion bilan to‘qnashguncha elektr maydon ta’sirida tekis tezlanuvchan harakat qiladi va yana biror kinetik energiyaga ega bo‘ladi. Elektronlar tartibli harakatining bu energiyasi to‘qnashish jarayonida panjara ionlariga to‘la yoki qisman uzatiladi, natijada ionlar yanada kuchliroq issiqlik harakatiga keladilar. Shunday qilib, metallda tok bo‘lganda elektronlarning tartibli harakat energiyasi ionlarning tartibsiz tebranishlar energiyasiga, binobarin, metallning ichki energiyasiga aylanadi, metallning ichki energiyasi ortadi. Shu sababli metalldan tok o‘tganda u qiziydi. Xuddi shunday, tashqi elektr maydon olinganda, to‘qnashishlar oqibatida elektronlarning tartibli harakati tezda tartibsiz issiqlik harakatiga aylanadi va elektr toki to‘xtaydi. Shunday qilib, metallda elektronlarning tartibli harakati xuddi gazlardagi ichki ishqalanish kabi ishqalanishga duch keladi, bu harakatga go‘yo tormozlashga intiluvchi biror ishqalanish kuchidek ta’sir ko‘rsatiladi. Yuqorida bayon etilganlardan xulosa chiqarib, metallarning qarshiligi erkin elektronlarning kristall panjara tugunlarida joylashgan ionlar bilan to‘qnashishlari natijasida yuzaga keladi, deyish mumkin. Bu xulosa ko‘plab tajribalarda o‘z tasdig‘ini topganligiga ishonch hosil qilish mumkin.

⇨ Metallarda erkin zaryad tashuvchi zarralar elektronlar hisoblanadi.

⇨ Elektr maydoni ta’siri ostida elektronlar 10^{-4}m/s o’rtacha tezlik bilan tartibli ravishda ko’chadi.

⇨ Metall o'tkazgich qarshiligi (solishtirishga qarshiligi)ning temperaturaga bog'liqligi: $R = R_0(1 + \alpha t); \rho = \rho_0(1 + \alpha t);$ $\alpha \approx \frac{1}{273°C}$; α – qarshilikning termik koeffitsenti bo'lib, u qarshilikning o'tkazgich 1 K ga isitilganda nisbiy o'zgarishiga teng. Metallarda doim α>0, ya'ni musbat sondan iborat.

O'ta o'tkazuvchanlik. Metallarda temperatura juda past bo'lganda (0 - 10 K) o'tkazgich qarshiligining juda pasayib 0 ga teng bo'lib qolishi hodisasi o'ta o'tkazuvchanlik deyiladi. Bu hodisani biribchi bo'lib golland fizigi Kamerlin-Onnes kashf etgan.

Elektrolitlarda elektr toki. Distillangan suv elektr tokini o'tkazmaydi. Agar unga ozroq tuz qo'shilsa, elektr tokini o'tkazuvchiga aylanadi. Demak, ba'zi moddalarning suvdagi eritmasi elektr tokini o'tkazish xususiyatiga, ya'ni zaryad tashuvchi zarralarga ega bo'lib qolar ekan. Erituvchida eriganda ionlarga ajraladigan moddalar elektrolitlar deyiladi. Elektrolitlarda zaryad tashuvchi zarralar ionlar bo'ladi. Shuning uchun ham bunday o'tkazuvchanlikka ionli o'tkazuvchanlik deyiladi. Ionlarning vujudga kelishiga sabab, elektrolit eriganda uning molekulalari erituvchi molekulalarining elektr maydoni ta'sirida musbat va manfiy zaryadlangan ionlarga ajralishidir. Elektrolitdagi ionlarning tashqi maydon ta'siridagi batartib harakati elektrolitlarda elektr toki deyiladi.

Elektrolitik dissotsiatsiya. Elektrolit eriganda molekulalarining musbat va manfiy zaryadlangan ionlarga ajralishi elektrolitik

$$HCl \rightleftarrows H^+ + Cl^-,$$
$$NaOH \rightleftarrows Na^+ + OH^-,$$
$$ZnCl_2 \rightleftarrows Zn^+ + 2Cl^-.$$

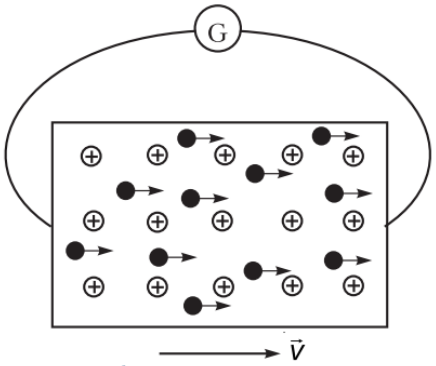
dissotsiatsiya deyiladi. Natijada eritmada musbat ionlar (kationlar) va manfiy ionlar (anionlar) hosil bo'ladi. Odatda kationlar metallar va vodorodning ionlari, anionlar esa kislota qoldiqlari va gidroksil gruppalar bo'ladi. Dissotsiatsiya jarayoni quyidagicha yoziladi:

O'ng tomonga yo'nalgan strelka dissotsiatsiyani, chap tomonga yo'nalgan strelka esa — rekombinatsiyani, ya'ni turli ismli zaryadlangan ionlar birlashib neytral molekulalar hosil qilishini ko'rsatadi. ***Dissotsiatsiyalanish darajasi.*** Moddalarning dissotsiatsiyalanishini xarakterlash maqsadida dissotsiatsiyalanish darajasi tushunchasi kiritiladi.

Dissotsiatsiyalanish darajasi a deb ionlarga dissotsiatsiyalangan molekulalar soni n_0 ning moddadagi molekulalarning umumiy soni n ga nisbatiga aytiladi: $\boldsymbol{\alpha = \frac{n_0}{n}}$

$\boldsymbol{\alpha}$ ning qiymatiga qarab, moddalar kuchli ($\boldsymbol{\alpha} \approx 1$) va kuchsiz ($\boldsymbol{\alpha}$ nolga yaqin) elektrolitlarga bo‘linadi. Kuchli elektrolitlarga tuzlar, ba’zi organik kislotalar va ularning asoslari kirsa, kuchsizlarga minerallar kiradi. Dissotsiatsiyalanish darajasi, shuningdek, erituvchining tabiatiga, temperaturasiga, bosimga va boshqa faktorlarga ham bog‘liq bo‘ladi. Ayniqsa, u erituvchining dielektrik singdiruvchanligiga bog‘liq. Dielektrik singdiruvchanlik qancha katta bo‘lsa, molekula tashkil qilgan ionlarning o‘zaro ta’sir kuchlari shuncha kichik bo‘ladi va Kulon qonuniga muvofiq, ichki molekular aloqalarni uzish shuncha oson bo‘ladi. Dissotsiatsiyalanish darajasi, shuningdek, eritmaning konsentratsiyasi va temperaturasiga bog‘liq. Temperatura ortishi bilan molekulalarning kinetik energiyasi ortadi, bu esa molekulalarning o‘zaro to‘qnashib ionlashish ehtimolini orttiradi.

Elektroliz. Tashqi elektr maydon bo‘lmaganda eritmani tashkil qiluvchi qarama-qarshi ishorali ionlar va molekulalar betartib harakat holatida bo‘ladi. Agar eritmaga elektr maydon ta’sir etsa, ionlarning harakati tartibga tushadi. Elektrolitda elektr tokini sim orqali tok manbayiga ulangan elektrodlarni tushirish bilan hosil qilish mumkin (67 - rasm). Elektr maydoni ta’sirida kationlar manfiy elektrod katodga (K) qarab, anionlar esa musbat elektrod anodga (A) qarab harakatlana boshlaydi. Shuni ta’kidlash lozimki, ionlarning tezligi juda kichik . Masalan, E=102 V/m bo‘lganda vodorod ionlarining tezligi $\vartheta = 3{,}3 \cdot 10^{-5}$m/s) bo‘ladi.



Rasm 67

Natijada elektrolitlarda zaryadlangan zarralarning batartib harakati,ya’ni elektr toki vujudga keladi. Tok kuchi elektrolitning ma’lum kesimidan o‘tuvchi zaryadning (har ikkala ishoralisi ham) vaqtga nisbatiga teng. Elektr tokining zichligi esa Om qonuniga muvofiq aniqlanadi:

$$\boldsymbol{j = \frac{E}{\rho}}$$

Bu yerda ρ - elektrolitning solishtirma qarshiligi. Metallardagidan farqli ravishda elektrolitning solishtirma qarshiligi temperatura ko‘tarilganda kamayadi, solishtirma o‘tkazuvchanligi ortadi.

Elektrolitdan tok o‘tganda elektroliz hodisasi ro‘y beradi. *Elektrolitdan tok o‘tganda tarkibiga kiruvchi moddalarning elektrodlarda ajralib chiqishiga elektroliz hodisasi deyiladi.* Elektrolitlarda tok o‘tishi moddaning ko‘chishi bilan bog‘liq bo‘lganligi sababli ular ikkinchi tur o‘tkazgichlar deyiladi.

Elektroliz uchun Faradey qonunlari

Faradeyning birinchi qonuni. 1833- yil M.Faradey elektroliz qonunlarini yaratdi. Faradeyning birinchi qonuni: elektrodda ajralib chiqadigan moddaning massasi **m** elektrolitdan o‘tgan zaryad miqdori $\boldsymbol{q}$ ga proporsional:

$$\boldsymbol{m = k \cdot q} \; - \; Faradeyning\ 1 - qonuni$$
$$\boldsymbol{m = k \cdot I \cdot t} - \; Faradeyning\ 1 - qonuni$$

bu yerda $I = \frac{q}{t}$ — elektrolitdan t vaqtda oqib o‘tgan o‘zgarmas tok kuchi. ***Birinchi qonunning fizik ma’nosi.*** Birinchi qonunning fizik ma’nosini tushunish uchun elektroliz va ionli o‘tkazish mexanizmini batafsilroq o‘rganamiz. Elektrolitdan qancha ko‘p zaryad miqdori o‘tsa, shuncha ionlar elektrodlarga yetib keladi. Musbat ionlar katodga yetib kelib o‘ziga yetmagan elektronlarni oladi va neytral atomga aylanib katodga yopishib qoladi. Manfiy ionlar esa anodga tegishi bilan ortiqcha elektronlarini berib, u ham anodga yopishib qoladi. Elektrodlarga yopishadigan har bir ion o‘zi bilan qanchadir elektr zaryadini olib keladi. Demak, barcha ionlar tashiydigan to‘la zaryad elektrodlarga yopishib qoladigan ionlar soniga, ya’ni ajraladigan modda massasiga proporsionaldir.

Elektrokimyoviy ekvivalent. Yuqori ifodadagi proporsionallik koeffitsiyenti $\boldsymbol{k}$ moddaning *elektrokimyoviy ekvivalenti* deyiladi. U elektrolizda elektrodda ajralib chiqqan modda massasining elektrolit orqali o‘tgan zaryad miqdoriga nisbatiga tengdir.

Faradeyning ikkinchi qonuni. Moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti

uning atom (molekular) massasi $\boldsymbol{M}$ ning valentlik $\boldsymbol{n}$ ga nisbatiga to‘g‘ri proporsional:

$$\boldsymbol{k = \frac{M}{Fn}} - Faradeyning\ 2 - qonuni$$

Atom (molekular) massaning valentlikka nisbatiga *kimyoviy ekvivalent* deyiladi. Yuqori ifodadagi $\boldsymbol{F}$ **-** Faradey doimiysi deyiladi. Uning fizik ma’nosini aniqlash uchun $\boldsymbol{m = k \cdot I \cdot t}$ ni $\boldsymbol{k = \frac{M}{Fn}}$ ifodaga qo‘yamiz:

$$k = \frac{IMt}{Fn} - Faradeyning\ umumlashgan\ qonuni$$

Faradeyning elektroliz uchun umumlashgan qonuni deyiladi. Faradey doimiysi elektrolizda elektrodda ajralib chiqadigan massa moddaning kimyoviy ekvivalentiga teng bo‘lishi uchun elektrolitdan o‘tishi kerak bo‘lgan zaryad miqdorini ko‘rsatadi:

$$F = eN_A\ ;\ \ \mathbf{F = 96500\frac{C}{mol}} - Faradey\ doimiysi$$

$e = \frac{F}{N_A}$ - ekanligidan elementar elektr zaryad - elektron zaryadining qiymatini topish mumkin: $e = \frac{96500}{6{,}02\cdot10^{-23}}C \approx \mathbf{1,6\cdot10^{-19}C}$

Elementar elektr zaryadining qiymati birinchi marta 1874- yilda shu yo'l bilan aniqlangan.

Galvanotexnika. Texnikada elektroliz turli maqsadlarda keng qo‘llaniladi. Ulardan muhimlari quyidagilardir:

1.Elektrometallurgiya. Eritilgan rudalarni elektroliz qilish yo‘li bilan aluminiy, natriy, magniy, berilliy va boshqa nodir metallar ajratib olinadi. Masalan, aluminiy olish uchun xomashyo bo‘lib loy tuproqqa ega bo‘lgan

mineral oksidlar **(Al_2O_3)** xizmat qiladi. Elektrodlar sifatida ko‘mir plastinkalar qo‘llaniladi. Tok o‘tganda ajralgan issiqlik hisobiga rudalar erigan holatda ushlab turiladi, kvadrat metriga 250 A dan oshmaydigan qilib tok o‘tkaziladi. Toza mis katodga o‘tirib qoladi, anod esa bu vaqtda erib ketadi, bunda faqat mis eriydi, aralashmalari esa g‘ovak cho‘kma hosil qilib, asta sekin vannaning tubiga cho‘kadi. Anoddan ajralib, vanna tubiga cho'kkan shlam deb ataladigan cho'kmada platina, oltin, kumush kabi nodir metallar ham bo'lishi mumkin. Ular boshqa maxsus usullar bilan ajratib olinadi. Oltin, kumush, rux, qalay va boshqa metallar ham shu tariqa ravinlanadi.

2.Galvanostegiya. Metalldan yasalgan detallar va asboblarni zanglamaydigan qoplama bilan qoplash usuli galvanotexnika ham sanoatda keng qo‘llaniladi. Tez oksidlanadigan metallardan yasalgan narsalarning sirti qiyin oksidlanadigan: nikel, kumush, rux va boshqalar bilan qoplanadi. Nikellangan buyumlar: samovar, choynak, pichoq, qoshiq, sanchqilar shu usul bilan hosil qilinadi. Buyumlarning sirtini oksidlanmaydigan metallar bilan qoplash *galvanostegiya* deyiladi. Bu usul eng arzon, qulay va tez bajariladigan usuldir. Masalan, nikel bilan qoplash kerak bo‘lgan buyumni yaxshilab tozalab, so‘ngra elektrolitik vannaga tushiriladi. Vannaga nikelning ikkilamchi tuzining ammiakdagi eritmasi solinadi. Anod sifatida nikel parchasi olinsa, buyum katod vazifasini o‘taydi. Ma’lum vaqt tok o‘tkazilib, nikel qatlamining kerakli qalinligi hosil qilinadi. Buyumlarni kumush yoki oltin bilan qoplashda kumush va oltin tuzlarining eritmalaridan foydalaniladi.

3. Galvanoplastika. Relyefli buyumlarning metall nusxasini olish *galvanoplastika* deb ataladi.

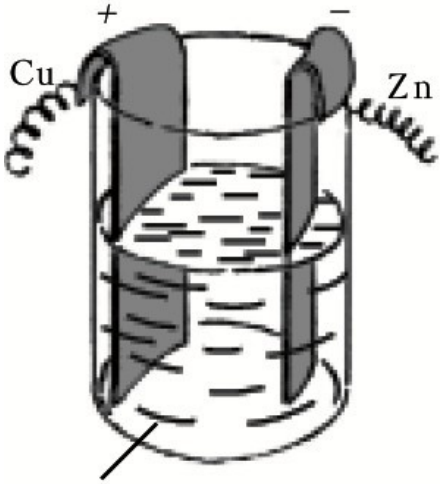
Biror shaklni hosil qilish uchun buyum sirtiga metallni elektrolitik cho‘ktirish usuli *galvanoplastika* deyiladi.

Buning uchun nusxasi olinadigan sirt ustiga oson eruvchi suyuq metall quyiladi. Qotgach, u olinadi va bunda sirt teskari tasvirining nusxasi hosil bo‘ladi. Nusxaga elektrolitik usul bilan ancha qiyin eruvchi metall qoplami yotqiziladi, so‘ngra nusxa eritib yuboriladi. Shunday usul bilan, masalan, medal, tangalarning nusxasi olinadi, tipografiya klishelari tayyorlanadi va hokazo. Galvanoplastika 1836- yilda rus fizigi B.Yakobi tomonidan kashf etilgan bo‘lib, tezda sanoatda keng qo‘llanila boshladi. U turli barelyeflar (naqsh), haykalchalar nusxasini tayyorlashda, kredit kartochkalari va boshqa qog‘ozlarni chiqarish uchun klishe tayyorlashda foydalaniladi. Hozirgi zamon texnologiyasi, kompyuter texnikasi bilan uyg'unlashgan galvanoplastika bosmaxonalarda keng qo'llaniladi. Poligrafiya sanoatida galvanoplastika sinkografik klishelardan galvanoplastik nusxalar olishda ham foydalaniladi. Galvanoplastik usul nafaqat matnli, balki rasmli kitoblarni ham yuz minglarcha nusxada bosib chiqarishga imkon beradi.

4.Elektr ta’sirida silliqlash. Bunda metallarning sirti elektroliz yo‘li bilan silliqlanadi. Sirti silliqlanadigan buyum vannaga anod o‘rnida joylashtiriladi va vannaga buyum yasalgan metall tuzining eritmasi solinadi. Elektroliz paytida anodning g‘adir-budur joylaridan ko‘proq modda erib, eritmaga o‘tib ketadi, ya’ni buyum silliqlanadi.

Galvanik elementlar. Agar eritmaga metall elektrod tushirilsa, unda elektrodning manfiy ionlari metall sirtiga kelib kristall panjaradagi musbat ionlarni sug‘urib oladi. Shu bilan birga teskari jarayon, metal ionlarining elektrodda yopishishi ham ro‘y beradi. Agar elektrolitning kationlari elektrod metalining ioni bo‘lsa juda ham yaxshi bo‘ladi. Misol uchun $\mathbf{CuSO_4}$ eritmasiga mis elektrod bo‘lgan hol. Metall ionlarining eritmaga o‘tishi natijasida, metall – manfiy, eritma esa musbat zaryadlanib qoladi, ya’ni eritmadan metallga yo‘nalgan elektr maydoni vujudga keladi va u metallning yana erishiga to‘sqinlik qiladi. Bordi-yu, dastlab, teskari jarayon eritma ionlarining elektrodda yopishib qolishi jadalroq ro‘y bersa, unda elektrod musbat zaryadlanib qoladi. Har ikkala holda ham, metall va eritma orasida paydo bo‘lgan potensiallar farqi elektrodning yemirilish va kristallanish tezligini tenglashtirib turadi. Bu potensiallar farqi mazkur metallning mazkur eritmadagi elektrolitik potensiali deyiladi.

Agar eritmaga turli metallardan yasalgan ikkita elektrod botirilsa, ularning elektrolitik potensiallari farqiga teng bo‘lgan potensiallar farqi vujudga keladi. Shunday qilib, metall va elektrolitlarning kimyoviy ta’sir energiyasi elektr maydon energiyasiga aylanadi. Kimyoviy reaksiya energiyasini bevosita elektr energiyaga aylantirib beradigan qurilma ***galvanik element*** deyiladi.



Rasm 68

Galvanik elementning tuzilishi. Galvanik elementning tuzilishiga yopiq zanjirda elektr tokini vujudga keltiradigan metall va elektrolit o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir asos qilib olingan. Bu hodisa XVIII asr oxirida italiyalik olim L.Galvani (1737—1798) tomonidan ochilganligi sababli, yangi tok manbalari

uning sharafiga *galvanik elementlar* deb atalgan. Galvanik elementlar biror elektrolitga tushirilgan ikkita turli materiallardan yasalgan elektrodlardan iborat bo‘ladi. Italiyalik fizik A.Volta (1745—1827) mis va rux plastinkalarni sulfat kislota eritmasiga tushirib birinchi galvanik elementni yasagan. Volta elementining EYK 1,1V bo‘lgan. Volta elementi ishlaganda uning musbat qutblarida vodorod ajraladi, manfiyida esa ruxning erishi ro‘y beradi. Amalda, elektrodlari va elektroliti bilan Volta elementidan farq qiladigan boshqa elementlardan ko‘proq foydalaniladi. Masalan, 1,09 V EYK Daniel elementida musbat elektrod mis kuporosiga botirilgan mis, manfiy elektrod esa rux kuporosi yoki sulfat kislotaga botirilgan rux. Galvanik elementlarning ko‘pchiligida uzoq foydalanilganda EY K kamayadi va tok berolmay qoladi. Bunga sabab elektrodlarning qutblanshidir.

Elektrodlarning qutblanishi va uni yo‘qotish. Volta elementining ish prinsipida katta kamchilik mavjud. Mis elektrodda ajralayotgan vodorodlar ma’lum vaqtdan so‘ng elektrodni o‘rab oladi va vodorodning yangi ionlari kelishiga to‘sqinlik qiladi. Natijada elektrodlarning elektrolitik 68- rasm. potensiali, va demak, ularning farqi ham o‘zgaradi. Bu hodisaga elektrolitlarning qutblanishi deyiladi. Elektrodlarning qutblanishi elementda go‘yoki qarama-qarshi EYK vujudga keltiradi va undagi tokni kamaytiradi. Elementning qutblanishini yo‘qotish uchun ajraladigan gaz bilan birikuvchi, oksidlovchi modda kiritiladi. Bunday oksidlovchilarga qutblashni yo‘qotuvchilar, qutblarni yo‘qotuvchi elementlarga esa qutblanmaydiganlar deyiladi va ular ancha uzoq vaqt ishlaydi. Qutblanmaydigan galvanik elementlarning juda ko‘p turlari mavjud bo‘lsa-da ularning ish prinsipi bir xil. Ularning eng ko‘p tarqalganlaridan biri Leklanshe elementi bo‘lib, EYK 1,5 V ni tashkil qiladi.

Akkumulatorlar. Galvanik elementlar unda mavjud bo‘lgan kimyoviy energiya to‘la sarflanguncha (mas alan, Leklanshe elementida rux eriguncha) ishlashi mumkin. So‘ngra esa faoliyatini to‘xtatadi. Shuning uchun ham ba’zida ularning faoliyati uchun zarur bo‘lgan kimyoviy energiyani elektroliz natijasida tiklashi mumkin bo‘lgan galvanik elementlardan foydalaniladi. Bunday elementlarga akkumulatorlar, ularda elektroliz yordamida energiyani to‘plash jarayoniga esa akkumulatorlarni zaryadlash (energiyani to‘plash) deyiladi. Akkumulatorlarni zaryadlashda tashqi manbaning toki u beradigan tokka qarama-qarshi yo‘nalishda o‘tkaziladi. Texnikada ikki xil: kislotali va ishqorli akkumulatorlardan foydalaniladi. Kislotali akkumulatorlar sulfat kislota eritmasiga tushirilgan qo‘rg‘oshin plastinkalardan tashkil topgan. Manfiy plastinka toza qo‘rg‘oshindan sirti yumshoq qilib, musbat plastinka esa qo‘rg‘oshin ikki oksidi bilan qoplangan bo‘ladi. Akkumulator razryadlanganda har ikkala plastinka ham astasekinoltingugurt kislotali qo‘rg‘oshin bilan qoplana boshlaydi. Akkumulator zaryadlanganda esa musbat va manfiy plastinkalar orasidagi farq tiklanadi. Kislotali akkumulatorlarning EYK 2 V atrofida bo‘ladi. Ishqorli akkumulatorlar cho‘ntakchalari bor nikelli temir plastinkalardan tashkil topgan. Musbat plastinkaning cho‘ntagiga nikel oksidi, manfiy plastinkaning cho‘ntagiga esa temir oksidi solinadi. Elektrolit vazifasini kaliy ishqori o‘taydi. Ishqorli akkumulatorning EYK 1,4 V ni tashkil qiladi. Ishqorli akkumulatorlar kislotalilarnikiga nisbatan

qulay va yengil, zararli bug‘ va gazlar chiqarmaydi, qisqa paytdagi qisqa tutashuvda buzilmaydi.

Akkumulatorning FIK va hajmi. *Akkumulatorning FIK deb zaryadlanish paytida olgan energiyasining qancha qismini razryadlanishda qaytarishini ko‘rsatadigan kattalikka aytiladi.* Kislotali akkumulatorning FIK 80%, ishqorlisiniki 60% atrofida bo‘ladi. Har bir akkumulator o‘z sig‘imi bilan xarakterlanadi. Akkumulatorning sig‘imi zaryadlangan akkumulator razryadlanishda beradigan zaryad miqdori bilan o‘lchanadi. U kulonlarda emas, maxsus birlik— amper-soatlarda o‘lchanadi. Amper-soat — 1 A tokning 1 soat davomida olib keladigan zaryad miqdoridir: 1 A · soat = 3600 C. Akkumulator avtomobillarning, samolyotlarning, suvosti kemalarining,poyezd yoritkichlarining ajralmas qismidir. Galvanik elementlar esa radiopriyomniklarda va televizorlarda, telefon va telegraf qurilmalarida keng ishlatiladi. Shu bilan birga ular atmosferani uglerod oksidi, azot oksidi, uglevodorodlar va boshqa aralashmalar bilan zaharlaydi. Shuning uchun ham hozir quyosh energiyasidan foydalanuvchi elektromobillarni ishlab chiqarishga katta e’tibor qaratilmoqda.

⇨ Bir jinsli suyuqlikka biror moddani aralashma sifatida kiritib, eritilganda hosil bo’lgan suyuqlik ***eritma*** deyiladi.

⇨ Elektr tokini o’tkazadigan eritmalarga ***elektrolitlar*** deyiladi.

⇨ Elektrolitdan tok o’tishi jarayonida elektrodda moddaning ajralishi ***elektroliz*** deyiladi.

⇨ Elektrolizdan foydalanib, buyumlarning sirtini qiyin oksidlanadigan

metallar bilan qoplash ***galvanostegiya*** deb ataladi.

⇨ Shakl hosil qilish uchun buyumlar sirtiga elektrolitik usulda metall

yugurtirish ***galvanoplastika*** deb ataladi.

⇨ Elektroliz vaqtida elektrolitda ajralib chiqadigan moddaning massasi shu moddaning molyar massasiga, tok kuchiga hamda vaqtga to'g'ri proporsional, valentligiga esa teskari proporsionaldir.

⇨ Ion deganda bir yoki bir necha elektron yo’qotgan (yoki qo’shib olgan) modda zarrasi (atom, malekula, atomlar gruppasi) tushuniladi.

⇨ Suyuqliklarda elektr tokini tashuvchi zarrachalar musbat va manfiy ionlar hisoblanadi.

⇨ Qarama-qarshi ishorali miqdorlari teng zaryadlar birlashib neytral atom hosil bo’lishiga *rekombinatsiya* yoki *moliziatsiya* deyiladi.

⇨ Molekulalarning zaryadli ionlarga ajralish jarayoniga *dissotsiatsiya* yoki *ionizatsiya* deyiladi.

⇨ Elektrolitlarda temperatura ko’tarilsa qarshilik chiziqli ravishda kamayadi.

⇨ Elektrolitlarda o'tkazgich qarshiligi (solishtirma qarshiligi)ni temperaturaga bog'liqligi:

$$R = R_0(1 - \alpha t); \quad \rho = \rho_0(1 - \alpha t); \quad \alpha \approx \frac{1}{273^\circ C};$$

α – qarshilikning temperatura koeffitsenti bo'lib, u qarshilikning o'tkazgich 1 K ga isitilganda nisbiy o'zgarishiga teng.

⇨ Elektrolitlarda doim α<0, ya'ni manfiy sondan iborat.

⇨ Tok manbaining musbat qutibiga ulangan elektrodni – *anod,* manfiy qutbiga ulangan elektrodni esa – *katod* deyiladi.

⇨ Elektrolitlarda anod tomon harakatlanayotgan manfiy ionlar *anionlar* va katod tomon harakatlanayotgan musbat ionlar *kationlar* deyiladi.

⇨ Katodga yetib kelgan kationlar undagi ortiqcha elektronni qo'shib olib neytral atomga aylanadi. Anodga yetib kelgan anionlar undagi ortiqcha musbat ion bilan birlashib neytral atomga aylanadilar.

⇨ Elektrolitlardan o'tayotgan umumiy tok (I^+) va manfiy (I^-) ionlar toklari yig'indisi teng: $I = I^+ + I^-$

⇨ Elektrolitlarda tok zichligi: $j = q_+ n_+ v_+ + q_- n_- v_-$

⇨ Elektrolitlardagi elektr toki tartibli harakatlanayotgan ionlar oqimidan iborat.

⇨ Elektroliz uchun Faradeyning birinchi qonuni: *elektrodlarning har birida ajralgan modda massasi elektrolit orqali o'tgan zaryad miqdoriga to'g'ri proporsional:* $m = k \cdot q; \quad m = k \cdot I \cdot t$

⇨ Elektroliz uchun (j – tok zichligi):

$$\rho \cdot V = k \cdot q; \quad \rho \cdot V = k \cdot I \cdot t; \quad d \cdot s \cdot \rho = k \cdot I \cdot t;$$

$$d = j \cdot \frac{kt}{\rho}; \quad d = \frac{I}{s} \cdot \frac{kt}{\rho}; \quad j = \frac{I}{s}$$

ρ – modda zichligi, d – qalinlik, t – ajralgan modda massasi, k – elektrokimyoviy ekvivalent

Elektrokimyoviy ekvivalent – elektrolit orqali 1C zaryad o'tganda elektrodda ajralgan moddaning massasiga tengdir. Elektrokimyoviy ekvivalentning o'lchov birligi SI da kg/C.

⇨ Faradeyning ikkinchi qonuni: barcha moddalarning elektrokimyoviy ekvivalentlari ularning kimyoviy ekvivalentlariga to'g'ri proporsionaldir:

$$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n}$$

F – Faradey doimiysi. F=96500 C/mol; $\frac{M}{n}$ - kimyoviy ekvivalent; n – valentlik; M – molyar massa;

⇨ Faradeyning birlashgan qonuni:

$$\frac{m}{q} = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n};\ m = \frac{M}{n}\frac{1}{eN_A} \cdot q$$

⇨ Faradey doimiysi massasi miqdoran kimyoviy ekvivalentga mos keluvchi moddani elektrodda ajratib chiqarish uchun lozim bo'lgan elektrolit orqali o'tuvchi zaryad miqdoriga son jihatdan teng bo'lgan kattalik.

⇨ Tok o'tgan suyuqliklarda tokning kimyoviy, issiqlik va magnit ta'siri, ya'ni barcha ta'sirlari kuzatiladi.

⇨ Elektroliz ro'y beradigan o'tkazgichlarni *ikkinchi klass* o'tkazgichlar yoki *elektrolitlar* deyiladi. Ko'pgina kislotalar va tuzlarning suvdagi eritmlari va qattiq hamda suyuq holatdagi ba'zi kimyoviy birikmalar elektrolitlardir.

⇨ Elektrolizda manfiy qutbda (katodda) doim metallar va vodorod ajraladi, musbat qutbda (anodda) esa qoldiq kimyoviy element ajraladi. Bunda elektrolitning tarkibiy qismi faqat elektrodlarda ajraladi.

⇨ Elektroliz hodisasidan *kulonometrlarda* foydalaniladi. Kulonometrlar zanjir orqali o'tgan zaryad kattaligini bevosita o'lchaydi.

⇨ Dissotsiatsiyalanish darajasi deb ionlarga dissotsiatsiyalangan malekulalar sonini moddadagi malekulalarning umumiy soniga nisbatiga aytiladi: $\alpha = \frac{n}{n_0}$

⇨ Dissotsiatsiyalanish darajasi qiymatiga qarab moddalar kuchli ($\alpha>1$) va kuchsiz ($\alpha<0$) elektrolitlarga bo'linadi. Kuchli elektrolitlarga organik kislotalar va ularning asoslari kirsa, kuchsizlarga minerallar kiradi.

⇨ Dissotsiatsiyalanish darajasi shuningdek erituvchining tabiatiga, temperaturaga, bosimga, erituvchining dielektrik singdiruvchanligiga, eritmaning konsentratsiyasiga va boshqa faktorlarga ham bog'liq.

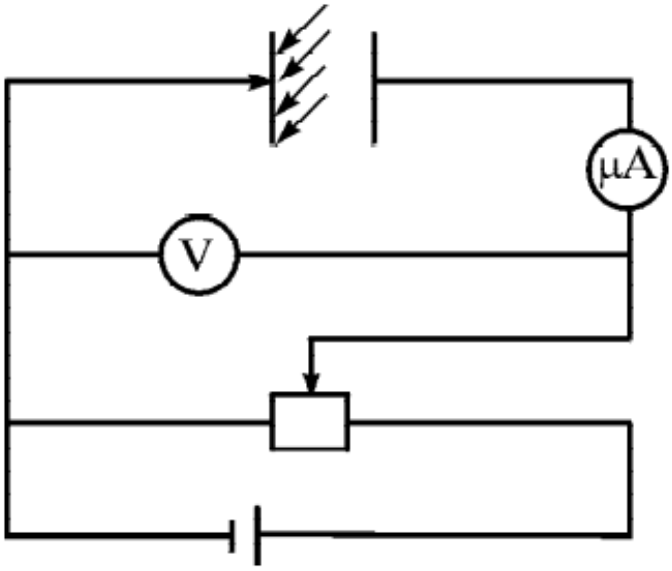
⇨ Temperatura ortishi bilan molekulalarning kinetik energiyasi ortadi, bu esa molekulalarning o'zaro to'qnashib ionlashish ehtimolini orttiradi.

Gazlarda elektr toki

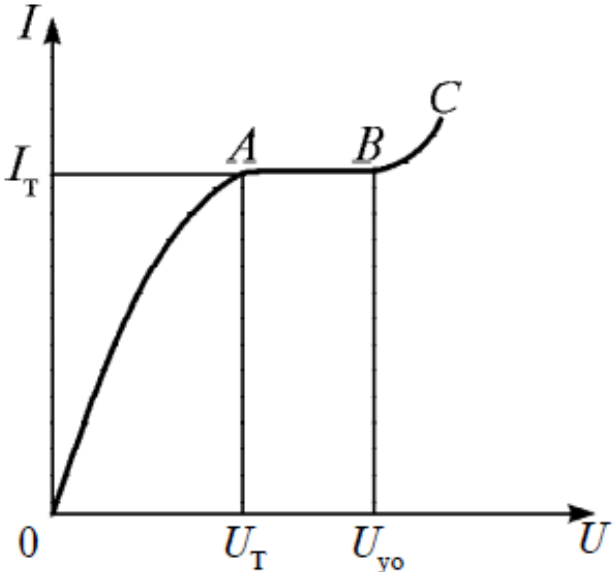
Gaz razryadlari. Uncha yuqori bo‘lmagan temperaturalarda gaz elektr tokini o‘tkazmaydi. U o‘tkazuvchan bo‘lishi uchun molekulalarining biror qismi bo‘linib, ionlar va erkin elektronlarga ajralishi kerak. Buning uchun esa gazga biror ionlashtiruvchi ta’sir ko‘rsatilishi zarur. Ionizator ta’sirida atom yoki molekulalarning elektron qobig‘idan bir yoki bir nechta elektronlarning uzilib chiqishi ro‘y beradi. Bu esa gazda erkin elektronlar va musbat ionlar vujudga kelishiga olib keladi. Elektronlar ham o‘z navbatida neytral atomlar yoki molekulalar bilan birikib, manfiy zaryadlangan ionlarni vujudga keltiradi. Demak, ionlashgan gazda erkin elektronlar, musbat va manfiy ionlar mavjud bo‘ladi. Gazdan elektr tokining o‘tishi *gaz razryadi* deyiladi.

Rekombinatsiya. Gazda ionlashish jarayoni bilan birga, *rekombinatsiya*— ionlarning neytral atomlar yoki molekulalarga aylanish jarayoni ham ro‘y beradi. Agar tashqi ionizatorning ta’siri to‘xtasa, gazning o‘tkazuvchanligi yomonlasha boradi. Ionizatorning quvvati o‘zgarmaydigan bo‘lsa, ionlashish va rekombinatsiya jarayonlari o‘rtasida dinamik muvozanat vaziyati vujudga keladi. Bunda ionlashish natijasida vujudga keladigan zaryadlangan zarralar juftining o‘rtacha soni rekombinatsiya natijasida yo‘qoladiganlarining o‘rtacha soniga teng bo‘ladi.

Nomustaqil razryad. Gazda tokning tashqi ionlashtiruvchi ta’sirida vujudga kelishi *nomustaqil gaz razryadi* deyiladi. Bu jarayonni batafsilroq



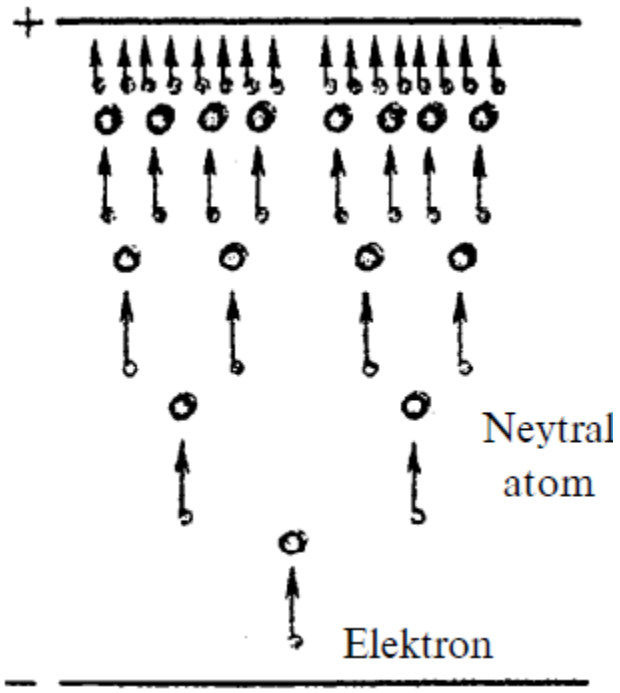
Rasm 69



Rasm 70

o‘rganaylik. Aytaylik, kondensator qoplamalari orasidagi bo‘shliqqa ultrabinafsha nurlar ta’sir etayotgan bo‘lsin (69- rasm). Kondensator qoplamalari orasida ionlashuv jarayoni ro‘y berib, qarama-qarshi zaryadlangan zarralar vujudga keladi. Agar kondensator qoplamalari orasidagi kuchlanish nolga teng bo‘lsa (70-rasm, 0 nuqta) tok ham nolga teng bo‘ladi, chunki hosil bo‘lgan zaryad tashuvchilar betartib harakatda bo‘ladi. Kondensator qoplamalari orasidagi kuchlanish orttirilgan sari ko‘proq ionlar va elktronlar yo‘naltirilgan harakatga keladi. Ular kondensator qoplamalariga yetishishadi va tok kuchi ortib boradi. Kuchlanish U_T qiymatiga erishganda hosil bo‘lgan zaryadlarning barchasi qoplamalarga yetib boradi va tok shu ionlashish darajasi uchun o‘zining eng katta *I*T qiymatiga erishadi. Kuchlanishning U_{yo} qiymatgacha ortishi tok kuchini o‘zgartira olmaydi. Agar ionlashtiruvchining ta’siri to‘xtatilsa, ionlarni vujudga keltiruvchiboshqa manba bo‘lmaganligi uchun razryad ham to‘xtaydi. Shuning uchun ham bunday razryad *nomustaqil razryad* deyiladi.

Mustaqil razryad. Kuchlanishning yanada oshirilishida (U_{yo} va yuqori) tok kuchi keskin ortadi. Tashqi ionizator olinganida ham razryad davom etadi. Demak, endi gazning elektr o‘tkazuvchanligini ta’minlash uchun zarur bo‘lgan ionlarni razryadning o‘zi vujudga keltiradi. Tashqi ionizatorning ta’siri tugagandan keyin ham davom etadigan razryad *mustaqil gaz razryadi* deyiladi. Mustaqil gaz razryadi vujudga keladigan *U*yo kuchlanish *gaz razryadini yoqish kuchlanishi* yoki *teshish*



Rasm 71

kuchlanishi deyiladi. Mustaqil gaz razryadi elektr maydoni tomonidan tezlashtirilgan elektronlarning urilish ionlashtirishi natijasida vujudga keladi. Elektronlar maydon ta'sirida tezlanuvchan harakat qiladi va elektr maydon kuchlarining ishi hisobiga kinetik energiyasi ortadi. Agar elektronning energiyasi atomning ionlashish energiyasiga teng yoki undan katta bo‘lsa, ularning to‘qnashuvi natijasida atom ionlashishi mumkin. Natijada yana bir musbat ion va elektron vujudga keladi. Elektr maydon kuchlanganligi katta bo‘lganligi sababli, o‘z energiyasini yo‘qotgan oldingi elektron ham va yangi hosil bo‘lgan elektron ham ionlashtirish uchun zarur bo‘lgan energiyani to‘playdi. Keyingi to‘qnashuvda esa endi to‘rtta elektron va ikkita ion vujudga keladi. Uchinchi to‘qnashuvdan so‘ng elektronlar soni sakkizta, to‘rtinchisidan keyin — o‘n oltita va hokazo davom etadi. Natijada elektronlar va ionlar oqimi hosil bo‘ladi (71- rasmda elektronlar oqimi ko‘rsatilgan). Mustaqil razryad hosil bo‘lishi uchun elektronlar va ionlar oqimining hosil bo‘lishi zarur bo‘lsa-da, lekin yetarli emas. Tashqi ionlashtiruvchi o‘chirilgandan keyin ham anodga ketuvchi elektronlarning o‘rniga yangilarini hosil qilish kerak bo‘ladi. Bu elektronlar maydon ta'sirida katod tomonga harakat qiladigan musbat ionlar va fotonlar tomonidan katoddan urib chiqariladi. Katod sirtidan elektronlarni urib chiqarish hodisasi *ikkilamchi elektron emissiya* deyiladi. Urib chiqariladigan elektronlarning soni ionning energiyasi va katod materialiga bog‘liq bo‘ladi. Bir paytning o‘zida ham elektronlar va ionlar oqimining vujudga kelishi, ham ikkinchi elektron emissiya hodisasining ro‘y berishigina mustaqil razryadning vujudga kelishiga olib keladi. Shu holdagina gaz oralig‘ining teshilishi va mustaqil gaz razryadining yoqilishi ro‘y beradi.

Tojli razryad. Agar atmosfera bosimida birining uchi uchli, ikkinchisiniki yassi bo‘lgan elektrodlar yordamida bir jinslimas elektr maydon hosil qilinsa, har birining oldida elektr maydonning kuchlanganligi turlicha bo‘ladi. Uchli joyda zaryad zichligi juda katta va shuning uchun ham kuchlanish ortganda bu yerdagi kuchlanish yassi elektroddagiga nisbatan oldinroq E_u qiymatga erishadi. Uchli elektrod oldidagi kuchlanganlik 30 kV/sm ga yetganda gazning teshilishi ro‘y berib, elektrod atrofida tojga o‘xshash chaqnash hosil bo‘ladi. Shuning uchun ham u *tojli razryad* deyiladi. Tabiatda tojli razryad atmosfera elektr maydoni ta'sirida daraxtlarning, kema machtalarining uchlarida va boshqa uchli narsalarning oldida hosil bo‘lishi mumkin. Shuningdek, uni yuqori kuchlanishli elektr energiya uzatuvchi simlar oldida ham kuzatish mumkin. Texnikada tojli razryad sanoatda

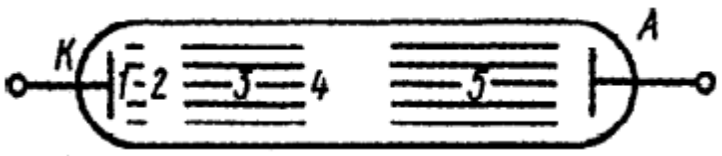
ishlatiladigan gazlarni qattiq va suyuq aralashmalardan tozalash uchun foydalaniladigan elektr filtrlarda foydalaniladi.

Uchqunli razryad. Kuchlanish ortishi bilan tojning o‘rniga yanada kuchliroq elektron oqimlari hosil bo‘ladi, nurlanayotgan shoxchalar paydo bo‘lib, tojli razryad shokilali razryadga o‘tadi. Agar kuchlanish yanada orttirilsa, shokilaning shoxchalari o‘sib yanada uzunlashadi va ulardan birortasi ikkinchi elektrodga yetganida oraliqdagi gaz teshilib uchqun hosil bo‘ladi. Uchqun razryad uzilish xarakteriga ega, chunki gazning teshilishidan keyin elektrodlardagi kuchlanish keskin kamayadi, ya’ni elektrodlar o‘rtasidagi oraliqda qisqa tutashuv ro‘y beradi. Uchqunli razryad yo‘qoladi, kuchlanish yanada ortadi va teshilish jarayoni takrorlanadi. Biz tabiatda kuzatadigan chaqmoq tabiiy uchqunli razryadning ulkan elektr uchqunidir. Ma’lumki, Yerning sirtida elektr maydon bo‘lib, momaqaldiroqdan oldin u juda kuchayadi. Bunga sabab bulutlardagi elektr zaryadlaridir. Odatda, bulutning pastki, Yerga qaragan

qismida manfiy, yuqori qismida e sa musbat zaryadlar bo‘ladi. Chaqmoq yoki bulutlar orasida, yoki bulut va Yer orasida hosil bo‘ladi. Chaqmoqning ba’zi razryadlari mikrosekundlar davomida ro‘y berib, tok kuchi 500 000 A ga yetadi. Chaqmoq bo‘lishidan oldingi kuchlanish 108—109 V gacha bo‘lishi mumkin. Chaqmoqda havoning kuchli qizishi ro‘y berib, kuchli tovush to‘lqini — momaqaldiroq vujudga keladi. Turli binolarni chaqmoqdan himoya qilish uchun chaqmoq qaytargichlar qo‘yiladi. Ular uchli metall langarlardan iborat bo‘lib,

himoya qilinadigan binodan balandroq o‘rnatiladi va yerga ulanadi. Uning ish prinsipi zaryadni tayoq uchidan yerga o‘tib ketishiga asoslangan.

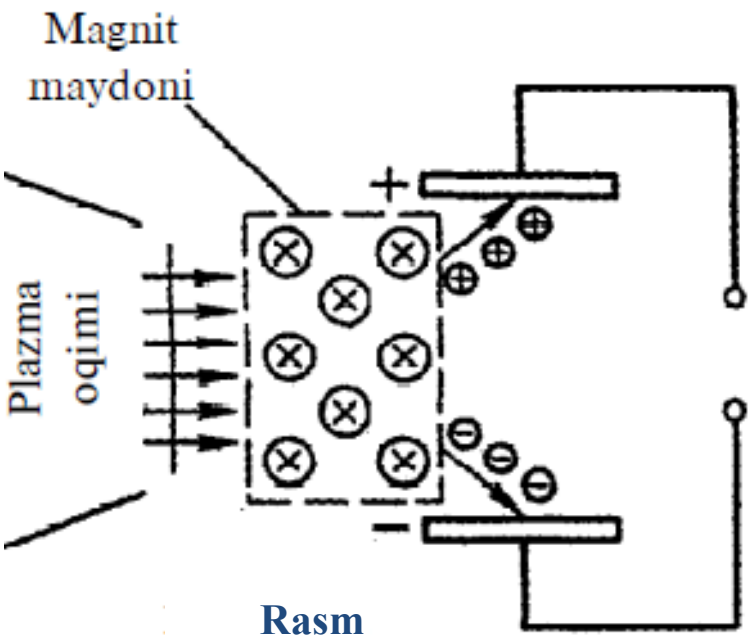
Elektr yoyi. Agar zanjirda kuchli tok manbayi mavjud bo‘lsa, uchqunni elektr yoyiga aylantirish mumkin. Elektr yoyi birinchi bo‘lib rus fizigi V.Petrov tomonidan 1802- yilda hosil qilingan. U ikkita ko‘mir parchasini olib, galvanik elementlarning kuchli batareyasiga birlashtirgan va oldin ularni bir-birlariga tegdirib, so‘ngra ajrata boshlagan. Ideal bog‘lanish bo‘lmaganligi uchun ko‘mir bo‘laklarining bir-birlariga tegib turgan joylarida katta qarshilik vujudga kelgan. Tok o‘tganda ko‘mir ulangan sim uchlarining qizishi kuzatilsa-da, issiqlik o‘tkazuvchanligi katta bo‘lmaganligi uchun ko‘mir bo‘lakchalari qizimagan. Ko‘mir bo‘lakchalari ajratilganda, qizigan katoddan termoelektron emissiya natijasida gaz oralig‘ining issiqlik ionlashuvi ro‘y bergan. Yoyning eng qizigan joyi elektronlarning uzilishi natijasida musbat elektrodda hosil bo‘lgan chuqurcha — yoyning og‘zidir. Normal atmosfera bosimida yoy og‘zidagi temperatura 4000 °C gacha ko‘tarilishi mumkin. Yoy razryadi vujudga kelishi uchun gaz ionlashuvining asosiy sababchisi termoelektron emissiya, ya’ni elektronlarning kuchli qizigan jismlardan chiqishidir. Yoy razryadi metallarni payvandlash va kesishda, kuchli yorug‘lik manbayi sifatida projektor, proyeksion va kinoapparatlarda foydalaniladi.



Rasm 72

Yolqinli razryad. Agar shisha naydan havo so‘rib olinib, unda o‘rnatilgan elektrodlarga bir necha yuz volt o‘zgarmas kuchlanish berilsa, gaz razryadi vujudga keladi. Bu razryad *yolqin razryad* deyiladi (72- rasm). Gaz siyraklashganda qo‘shni atomlar orasidagi masofa ortib boradi va natijada elektronning erkin yugurish yo‘lining uzunligi hamortadi. Natijada garchi elektrodlar orasidagi kuchlanish kichik bo‘lsada, elektronlar to‘qnashib ionlashtirish uchun yetarli energiya to‘plashi mumkin. Agar kuchlanishni o‘zgartirmay saqlab, naydagi bosimni asta-sekin o‘zgartirib borsak, oldin shokilali razryad, keyin esa elektrodlarni tutashtiruvchi ingichka, yorug‘, egri-bugri kanal paydo bo‘ladi. Bosim 1—15 Pa atrofida bo‘lganda esa razryad 72- rasmdagidek ko‘rinishni oladi. Katod yonida ingichka yorug‘ qatlam *1* (katod pardasi), undan keyin katod qorong‘i fazasi *2*, undan so‘ng yorug‘qatlam *3* (yolqinli nurlanish) va faradey qorong‘i fazasi deyiluvchi ikkinchi qorong‘i faza *4* joylashgan. Undan keyin esa yorug‘ soha *5* joylashgan bo‘lib, unga *musbat ustun* deyiladi. Yolqinli razryadda gazning bunday nurlanishiga sabab razryad nayidagi potensialning taqsimlanishidir. Musbat ustunning nurlanishi g‘alayonlangan atomlar nurlanishining natijasi bo‘lganligi sababli o‘ziga xos rangga ega bo‘ladi. Bundan reklamalarda foydalanishadi. Agar nay neon bilan to‘ldirilsa — sariq-qizil, argon bilan to‘ldirilsa — ko‘kyashil rangli nurlanish ro‘y beradi. Yolqinli razryadning ma’lum shartlarida katod materialining sochilib ketishi ro‘y beradi. Bu hol sirtlarni metallashtirish, oyna va yarim shaffof plastinalarni hosil qilishda foydalaniladi.

Plazma. Bu tushuncha nisbatan yangi bo‘lib, oldingi asrning yigirmanchi yillarida o‘rganila boshlandi. *Plazma deb— elektronlarining konsentratsiyasi musbat ionlarining konsentratsiyasiga taxminan teng bo‘lgan, kuchli ionlashgan gazga aytiladi.* Temperatura ko‘tarila brogan sari plazmadagi elektronlar va ionlar soni ortib boradi va neytral atomlar shuncha kam qoladi. Bunday plazma *elektron-ionli plazma* deyiladi. Plazmadagi elektronlar konsentratsiyasi ionlar konsentratsiyasiga teng bo‘lganligi uchun ham uni elektroneytral, undagi hajmiy zaryad zichligini esa nolga teng deb hisoblash mumkin.



Rasm

Plazmaning xossalari. Plazma — neytral gaz xossalaridan farq qiladigan bir qator maxsus xossalarga egadir. Bu xossalar uni moddaning to‘rtinchi agregat holati deb qarashga asos bo‘ladi. Neytral gaz molekulalari orasidagi ta’sirdan farqli ravishda, plazmadagi zarralarning o‘zaro ta’siri kulon tortishish va itarish kuchlari bilan xarakterlanadi. Plazma zarralari, ayniqsa elektronlar elektr maydon ta’sirida yengil ko‘chadi. Elektr va magnit maydonlar plazmaga juda kuchli ta’sir qilib, hajmiy zaryadlar va toklarni vujudga keltiradi. Elektr o‘tkazuvchanlik xususiyatiga ko‘ra plazma metallarga o‘xshab ketadi, ya’ni yaxshi elektr o‘tkazuvchidir. Metallardan farqli ravishda esa tem peratura ortishi bilan plazmaning elektr o‘tkazuvchanligi yaxshilashadi. Plazma yaxshi issiqlik o‘tkazuvchanlikka ham ega. Buning natijasida plazma issiqlik miqdorini oson yo‘qotadi: elektronlar va ionlar idish devorlariga issiqlikni tez uzatadi. Natijada plazmaning temperaturasi pasayadi va rekombinatsiya jarayoni boshlanadi. Demak, plazmani muntazam saqlab turish uchun yoki unga tashqaridan doimo issiqlik miqdori berib turish kerak, yoki qurilma devorlaridan ajratish kerak. Agar plazma magnit maydonga joylashtirilsa, elektronlar va ionlar plasma uchlariga o‘xshash trayektoriyalar bo‘ylab harakat qila boshlaydi. Bunda ham elektron bir yo‘nalishda, ion bo‘lsa, unga teskari yo‘nalishda harakatlanadi. Agar kuch chiziqlari plazmani har tomondan o‘rab turadigan magnit maydon hosil qilinsa, ya’ni u magnit to‘ri vazifasini o‘tay olsa, plazmani issiqlik uzatishdan saqlash masalasi yechilgan bo‘lardi. Aslida bu juda murakkab muammo bo‘lib, uning yechilishi termoyadro sintezini boshqarish muammosi bilan bog‘liqdir.

Plazmaning qo‘llanilishi. Plazma keng ko‘lamda qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan sohalardan biri insoniyatni ulkan miqdordagi energiya bilan ta’minlashi mumkin bo‘lgan termoyadro sintezini boshqarishdir. 1969- yilda I.Kurchatov nomidagi atom energiyasi institutida «Tokamak» nomli qurilma yaratildi. Unda plazmadan foydalanilib, termoyadro reaksiyasining dastlabki belgilari olindi. Lekin hali bu sohada ko‘plab izlanishlar olib borilishi taqozo qilinadi. Plazmadan foydalanishning yana bir istiqbolli sohasi magnitogidrodinamik o‘zgartirgich yasash (qisqacha MGD o‘zgartirgich). Uning vazifasi gazning issiqlik energiyasini bevosita elektr energiyaga aylantirishdir. MGD o‘zgartirgichning ish prinsipi 73-rasmda ko‘rsatilgan. Yuqori temperaturali plazma oqimi kuchli magnit maydonga yo‘naltiriladi (rasm tekisligiga perpendikular yo‘naltirilgan). Magnit maydon esa plazmani ikkita tashkil etuvchi: musbat va manfiy zarralar oqimiga ajratadi. Ular esa turli plastinkalarga o‘tib potensiallar farqini hosil qiladi. Plazmadan lazer hosil

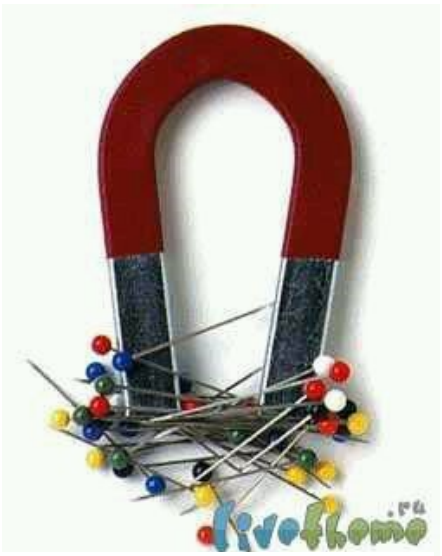
qilishda, metallarni kesishda va payvandlashda, qoplamalar hosil qilishda foydalaniladi.

Plazma va koinot. Barcha yulduzlar, jumladan Quyosh ham, yulduzlar atmosferasi, galaktikadagi tumanliklar va yulduzlararo muhitlar moddaning to‘rtinchi holati — plazmadan iboratdir. Yer ham plazma qobiq — ionosfera bilan o‘ralgan. Magnit bo‘ronlari va qutb yog‘dusi ham Yer atrofidagi plazmaga bog‘liq. Radioto‘lqinlarning ionosfera plazmasidan qaytishi Yerda uzoq masofaga radioaloqa o‘rnatishga imkon beradi. Plazma fizikasini o‘rganish kosmosda ro‘y beradigan jarayonlarni o‘rganish uchun ham muhim ahamiyatga ega. Chunki quyosh sistemasining hamma joyida «plazma shamollari» mavjud bo‘lib, ba’zida ular shu qadar kuchli bo‘ladiki, kosmonavtlar uchun ma’lum xavf tug‘diradi. Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, plazma fizikasi fanining yutuqlari texnikada juda keng qo‘llanilishi mumkin.

20. ELEKTROMAGNETIZM

Daniyalik fizik X.Ersted (1777— 1851) elektr zaryadi atrofida elektr maydon mavjud bo‘lganidek, elektr toki atrofida ham o‘ziga xos kuch maydoni mavjudligini aniqladi. U elektr toki maydonining magnit strelkasiga ta’sirini o‘rgangani uchun ham (1819- y) bu maydonni magnit maydon deb atadi. Magnit maydoni faqat elektr toki atrofida (ya’ni elektr zaryadlarining harakati natijasida) vujudga keladi va harakatdagi elektr zaryadiga yoki o‘zgarmas magnetikka ta’sir ko‘rsatadi. Magnit maydon materiyaning maxsus shakli bo‘lib, u orqali harakatdagi zaryadlangan zarralarning yoki magnit momentiga ega bo‘lgan jismlarning o‘zaro ta’siri amalga oshiriladi.

Siz magnitlar bir-birini va temir buyumlarni tortishini bilasiz (41-rasm). Magnitlarni odamlar qadim zamonlarda ham bilishgan. «Magnit» so'zi Kichik Osiyodagi qadimiy Magnesiya shahri nomidan kelib chiqqan. Bu yerda topilgan temirni tortuvchi toshni «magnesiya toshi» deb atashgan. Buyuk yurtdoshimiz Abu Rayhon Beruniy (973−1047) o'z asarlarida magnitni «ohanrabo» − «temirni tortuvchi» deb atagan. Beruniy qum aralash oltin



Rasm 41

zarralari orasidan temir zarralarini ajratib olishda magnitdan foydalanilishi haqida yozib qoldirgan. U magnitning bir xil nomli qutblari o'zaro itarilishi, turli qutblari esa tortilishi, magnitga ishqalangan po'lat ham magnitlanib qolishini tajriba orqali asoslab bergan. Hozirgi paytda elektrotexnika va radiotexnikada, asosan, sun'iy magnitlar qo'llaniladi.

⇨ O'zining magnitlangan holatini uzoq vaqt yo'qotmaydigan jism *doimiy magnit* yoki oddiygina qilib *magnit* deb ataladi.

⇨ Tabiiy magnit uzoq vaqt ta'sir ettirilganda magnitlangan po'lat bo'laklari *sun'iy magnitlar* deb ataladi.

⇨ Sun'iy magnitlarning xossalari tabiiy magnitlarning xossalari kabi bo'ladi. Tabiiy va sun'iy magnitlarning barchasi doimiy magnitlardir.

Ingliz shifokori Uilyam Gilbert (1544−1603) doimiy magnitlarning xossalarini o'rganish bo'yicha tadqiqotlar olib borgan. Gilbert 1600-yilda nashr etilgan «Magnit, magnit jismlar va ulkan magnit − Yer haqida» nomli kitobida magnitlarning quyidagi xossalarini bayon qilgan:

1. Magnit turli qismlarining tortish kuchi har xil bo'lib, uning chekka uchlari − qutblarida tortish kuchi eng kattadir.

2. Magnit ikkita − shimoliy va janubiy qutbga ega bo'lib, bu qutblar xususiyatiga ko'ra turlichadir.

3. Turli nomli qutblar bir-biriga tortiladi, bir xil nomli qutblar esa bir- biridan itariladi.

4. Erkin holda ipga gorizontal ravishda osib qo'yilgan magnit qutblari Yerning shimol va janub tomonlarini ko'rsatadi.

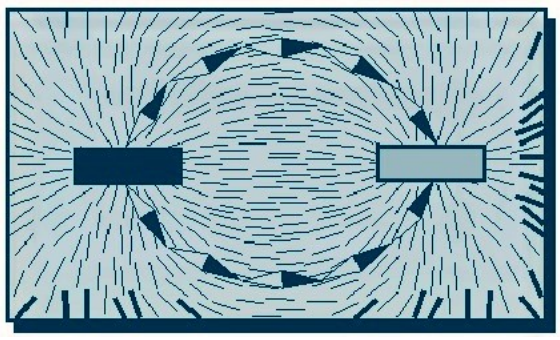
5. Bir qutbli magnitni hosil qilib bo'lmaydi.

6. Yer shari ulkan magnitdir.

7. Kuchli qizdirilganda tabiiy magnitlarning ham, sun'iy magnitlarning ham magnit xossalari yo'qoladi.

8. Magnitlar shisha, charm va suv orqali o'z ta'sirini ko'rsatadi.

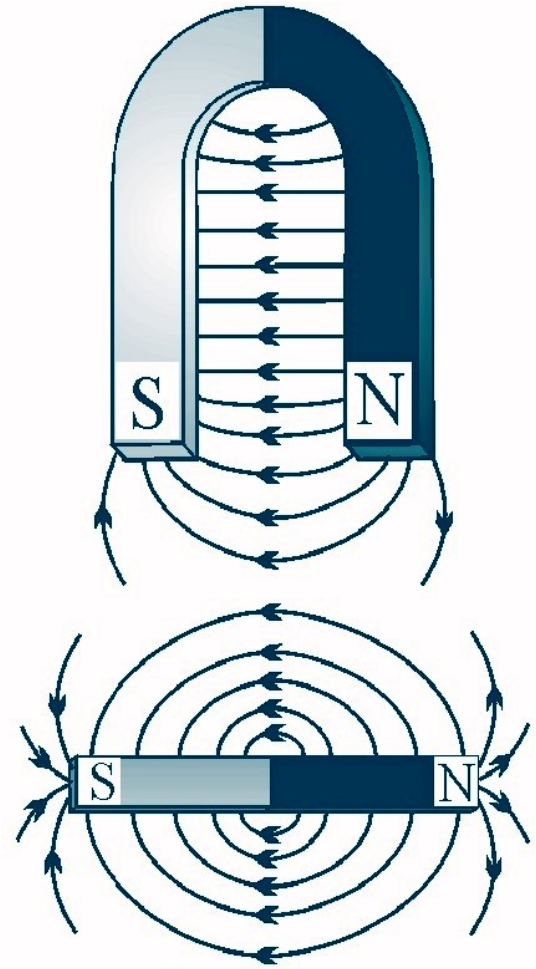
Zaryadlangan jismlar atrofida elektr maydon bo'lishini, bu jismlar shu maydon orqali o'zaro ta'sirlashishini bilasiz. Magnitlar bir-biri bilan qanday ta'sirlashadi? Yupqa oynaning ustiga temir qirindilarini sochib, uni taqasimon magnit uchlari ustiga qo'yaylik. Oyna chekkasini qalam bilan sekin urib turaylik. Bunda



Rasm 42

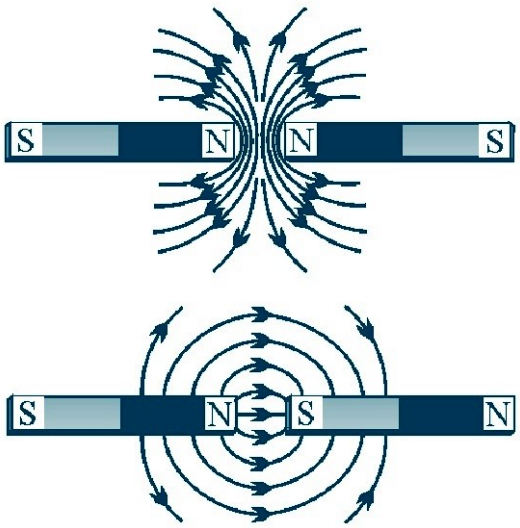
qirindilarning magnit uchlari atrofida ma'lum chiziqlar bo'ylab joylashishi kuzatiladi (42- rasm).

⇨ Magnit atrofida maydon mavjuddir. Bu maydon magnit maydon deb ataladi. Magnit maydonda temir qirindilari joylashgan chiziqlar magnit kuch chiziqlarini bildiradi. Agar magnit kuch chiziqlari bo'ylab bir nechta magnit strelkachalar qo'yilsa, ular 43-rasmda ko'rsatilgandek joylashadi. Bunda strelkachalarning janubiy qutblari magnitning shimoliy qutbiga qarab qoladi.



Rasm 43

⇨ Magnitlarning janubiy qutbi **S** harfi (inglizcha «*souts*» − «janub» so'zining bosh harfi) bilan, shimoliy qutbi **N** harfi (inglizcha «*nourts*» − «shimol» so'zining bosh harfi) bilan belgilanadi. Magnit kuch chiziqlarining yo'nalishi sifatida N qutbdan S qutb tomon yo'nalishi qabul qilingan (43- rasm). Agar ikkita magnitning bir xil qutblarini yaqinlashtirsak, ular bir-biridan itariladi. Turli qutblarni yaqinlashtirganimizda esa, ular bir-biriga tortiladi (43- rasm). Magnitlar orasiga temir plastina qo'yilsa, ular bir-biriga ta'sir ko'rsatmaydi. Chunki, temir material magnit maydonni to'sadi. Lekin mis, aluminiy, shisha, plastmassa kabi materiallar magnit maydonni to'smaydi.



Yerning magnit maydoni. Kompas strelkalari yoki ipga osilgan magnit janubdan shimolga tomon yo'nalishda joylashib qoladi. Bunga sabab, Yer sharining magnit maydon bilan o'ralganidir. Yerning magnit kuch chiziqlari janubiy magnit qutbdan shimoliy magnit qutb tomon yo'nalgan bo'ladi. Yerning

shimoliy magnit qutbi 75° shimoliy kenglik va 99° g'arbiy uzunlik yaqinida, Yer sharining shimoliy geografik qutbidan taxminan 2100 km uzoqlikda joylashgan. Janubiy magnit qutb esa Yerning janubiy geografik qutbi yaqinida bo'lib, 66,5° janubiy kenglik va 140° shar qiy uzunlikda joylashgan. Kompas Yer sharining shimoliy magnit qutbini ko'rsatadi.

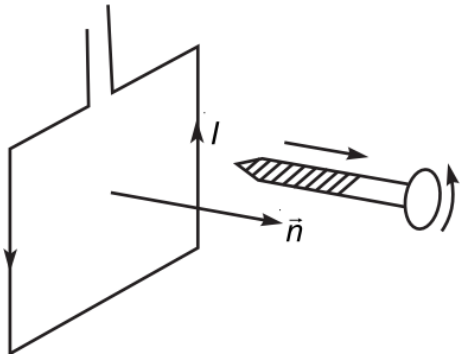
Magnit maydonning elektr maydoni bilan bog'liqligi.

Bizga ma'lumki, harakatsiz elektr zaryadlari orasidagi o'zaro ta'sir elektr maydoni vositasida amalga oshiriladi. Unda tokli o'tkazgichlar orasidagi ta'sir qanday amalga oshadi, degan savol tug'iladi. Fransuz fizigi A. Amperning xulosasiga ko'ra, elektr toklari bir-birlari bilan kulon xarakteriga ega bo'lmagan kuchlar bilan ta'sirlashadi. Tokli o'tkazgichlar, ya'ni harakatdagi elektr zaryadlari orasidagi o'zaro ta'sirga magnit ta'sirlari deyiladi. Tokli o'tkazgichlarning bir-biriga o'zaro ta'sir kuchi esa magnit kuchlari deyiladi. Magnit ta'sir kuchlarining vujudga kelishiga sabab tokli o'tkazgich atrofida vujudga keladigan magnit maydondir. Magnit maydon ham elektr maydon kabi elektromagnit maydonning xususiy namoyon bo'lishidir. Magnit maydon materiyaning maxsus shakli bo'lib, u orqali harakatdagi zaryadlangan zarralarning yoki magnit momentiga ega bo'lgan jismlarning o'zaro ta'siri amalga oshiriladi. Harakatsiz zaryadlar magnit maydon hosil qilmaydi. Faqat harakatdagi zaryadlar (ya'ni elektr toki) va magnetiklargina magnit maydon hosil qiladi. Shuning uchun ham magnit maydon faqat ular bilangina o'zaro ta'sirlashishi mumkin.

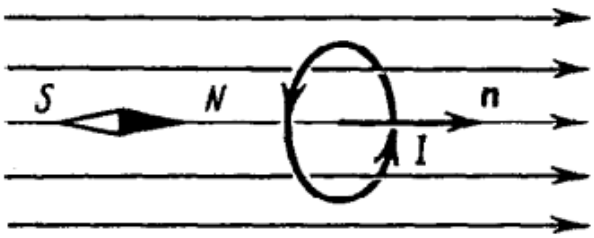
Magnit zaryadi mavjudmi? O'zgarmas magnetiklar maydonini o'rganish ularning ikkita: shimoliy N (inglizcha—North) va janubiy (inglizcha—South) qutblarga ega ekanligini ko'rsatdi. Bir xil ismli qutblar bir-birini itarishadi, turli xil ismlilari esa tortishishadi. Elektr zaryadnikiga o'xshash bunday xususiyatlarning mavjudligi tabiatda magnit zaryadi mavjudmikan, degan muammoni o'rtaga qo'ydi. Agar shunday bo'lsa, xuddi manfiy yoki musbat elektr zaryadlarini ajratib olish, ya'ni jismlarni manfiy yoki musbat zaryadlash mumkin bo'lganidek, magnetiklarning ham shimoliy yoki janubiy qutblarini ajratib olish mumkin bo'lishi kerak edi. Lekin magnetiklar qanchalik maydalanmasin, baribir ikki xil qutbga ega bo'lib qolaverdi. Demak, magnetikning qutblarini ajratish mumkin emas, tabiatda alohida magnit zaryadlari ham bo'lishi mumkin emas. Magnetiklarning mavjudligini tushuntirish uchun esa Amper quyidagi gipotezani olg'a surdi. Unga ko'ra,

Rasm 44

moddalarning molekulalari va atomlari ichida elementar elektr toklariga aylanadi va elementar magnit maydon hosil qiladi. Agar bu elementar toklar bir-birlariga nisbatan betartib joylashishgan bo‘lsa, ularning maydonlari bir-birlarini o‘zaro kompensatsiyalaydi va jism hech qanday magnit xususiyatlariga ega bo‘lmaydi. Magnetiklarda esa elementar toklar va demak, ularning magnit maydoni ham tashqi ta’sir natijasida ma’lum yo‘nalish bo‘ylab joylashib qolgan bo‘ladi va jism magnit xossalarini namoyon qiladi. Demak, istalgan jismning magnit xossalari uning ichida elementar toklar mavjudligining natijasidir. Shunday qilib, har qanday magnit ta’siri toklarning o‘zaro ta’siridir.



Tokli kontur. Biz fizikada turli modellardan foydalanishning ahamiyati haqida so‘z yuritgan edik. Masalan, elektr maydonni o‘rganishda nuqtaviy zaryad, ya’ni o‘z maydoni bilan o‘rganilayotgan maydonni o‘zgartira olmaydigan zaryad tushunchasidan foydalanganmiz. Magnit maydonni o‘rganishda esa tokli yopiq kontur (tokli kontur) tushunchasidan foydalaniladi. Tokli konturning o‘lchamlari magnit maydon hosil qilgan tokkacha bo‘lgan masofalarga nisbatan juda kichik va uning maydoni o‘rganilayotgan maydonni o‘zgartira olmaydi deb hisoblaymiz. Konturning fazodagi yo‘nalishi esa uning normali bilan aniqlanadi (44 - rasm). Normalning musbat yo‘nalishi o‘ng parma qoidasi bilan aniqlanadi, ya’ni normal $\vec{n}$ ning yo‘nalishi parmaning ilgarilanma harakati bilan mos kelsa, konturdagi tokning yo‘nalishi parma dastasining harakat yo‘nalishi bilan mos kelishi kerak. Tajribaning ko‘rsatishicha, magnit maydon tokli konturga (sinash konturiga) yo‘naltiruvchi ta’sir ko‘rsatar ekan. Agar konturdagi tokning yo‘nalishi o‘zgartirilsa, konturning joylashishi 180° ga o‘zgaradi. Bu magnit maydonning ma’lum yo‘nalishga ega ekanligining natijasidir. Berilgan nuqtada magnit maydonning yo‘nalishi sifatida tokli konturning musbat normali bilan mos keluvchi yo‘nalish qabul qilinadi (45 - rasm). Shuningdek, u shu nuqtada joylashgan magnit strelkasining shimoliy qutbiga ta’sir etadigan kuchning yo‘nalishi bilan mos keladi.



Rasm 45

Konturning magnit momenti. Yuqorida ko‘rib o‘tganimizdek, magnit maydoniga kiritilgan tokli konturga magnit maydoni tomonidan

aylantiruvchi kuch momenti $\vec{M}$ ta'sir qiladi. Tajribalarning ko'rsatishicha, magnit maydonning berilgan nuqtasi uchun tokli konturga ta'sir etuvchi kuchlar momenti M_{max} konturning magnit momenti P_m ning magnit maydonni miqdoran xarakterlovchi kattalik, magnit induksiya vektori $\vec{B}$ ga vektorial ko'paytmasiga teng:

$$\overrightarrow{\boldsymbol{M_{max}}} = \overrightarrow{\boldsymbol{P_m}} \cdot \vec{\boldsymbol{B}}$$

Tokli konturning magnit xossalarini xarakterlovchi va uning tashqi maydonda o'zini qanday tutishini belgilovchi kattalikka konturning magnit momenti deyiladi va u konturdan oqayotgan tok I ning kontur yuzasi S ga ko'paytmasiga teng, ya'ni $P_m = I \cdot S$. Konturning magnit momenti vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalishi kontur sirtining musbat normali bilan mos keladi (44 - rasm):

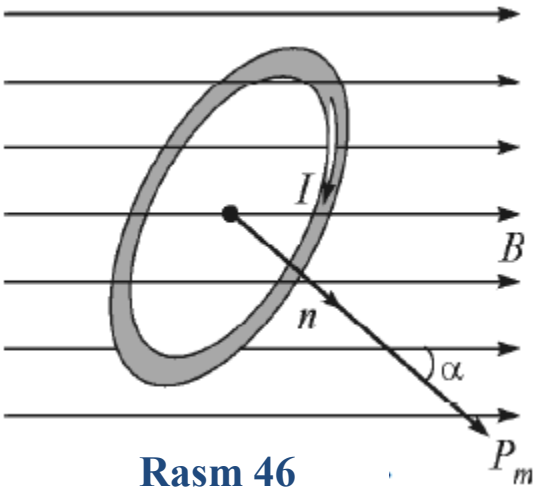
Magnit maydonning induksiya vektori. Maydonning biror

$$\vec{P}_m = J \cdot S \cdot \vec{n}.$$

nuqtasiga turli xil magnit momentli tokli konturlarni joylashtirib ko'raylik. Ma'lum bo'lishicha ularga ta'sir etadigan aylantiruvchi momentlar ham turlicha bo'ladi. Lekin ularning nisbati:

$$B = \frac{\overrightarrow{\boldsymbol{M_{max}}}}{\overrightarrow{\boldsymbol{P_m}}}$$

o'zgarmas kattalik bo'lib qolaveradi. Demak, ***bu kattalik maydonning shu nuqtasini xarakterlovchi kattalik bo'lib, unga magnit induksiyasi***

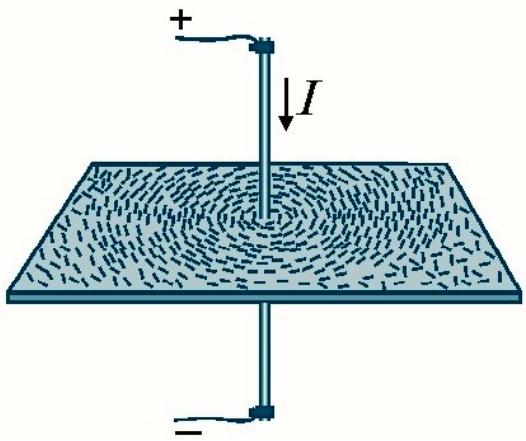


Rasm 46

deyiladi. Magnit induksiya vektor kattalik bo'lib, $B = \frac{\overrightarrow{\boldsymbol{M_{max}}}}{\overrightarrow{\boldsymbol{P_m}}}$ uning modulini aniqlaydi. Magnit maydonni to'la tavsiflash uchun esa har bir nuqtasi uchun magnit induksiyaning kattaligi va yo'nalishini aniqlash kerak. Magnit induksiya vektorining yo'nalishi tashqi magnit maydonning yo'nalishi bilan mos keladi. Umumiy holda ($B = \frac{\overrightarrow{\boldsymbol{M_{max}}}}{\overrightarrow{\boldsymbol{P_m}}}$) ga asosan aylantiruv chi momenti M ning tokli konturning joylashuviga bog'liqligi quyidagicha:

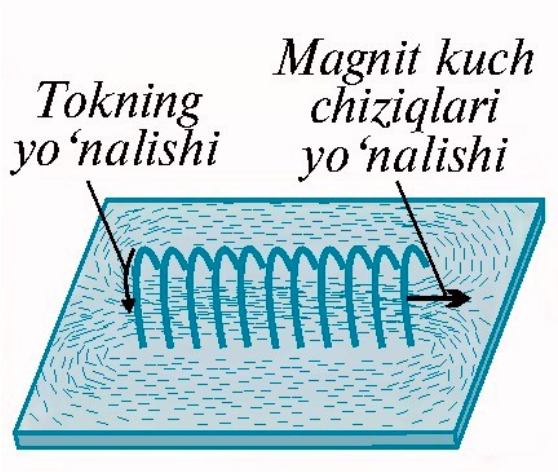
$$\boldsymbol{M = B \cdot \overrightarrow{P_m} \cdot sin\alpha}$$

bu yerda α – P_m va B vektorlar orasidagi burchak (46 - rasm). M o‘zining maksimal qiymatiga $\alpha = \pi/2$ da $\sin\frac{\pi}{2} = 1$ erishadi. Kontur muvozanat holatida esa(M=0) α = 0 bo‘lganda, ya’ni P_m va B vektorlari bir to‘g‘ri chiziq bo‘ylab yo‘nalganda bo‘ladi.



Rasm 47

Magnit induksiya birligi. Magnit induksiyaning SI dagi birligi— tesla (T) bo‘lib, N. Tesla sharafiga shunday nomlangan. 1 T shunday magnit maydonning induksiyasiki, unda 1 A tok oqayotgan $1m^2$ yuzali konturga $1N\cdot$ m aylantiruvchi moment ta’sir qiladi. ***Magnit induksiya chiziqlari.*** Elektr maydon elektr kuch chiziqlari vositasida grafik ravishd a tasvirlanishi mumkin bo‘lganidek, magnit maydoni ham magnit induksiya chiziqlari (magnit kuch chiziqlari) yordamida grafik ravishda tasvirlanishi mumkin. ***Magnit induksiya chiziqlari deb istalgan nuqtasiga o‘tkazilgan urinma shu nuqtaning*** B ***vektori bilan mos keladigan chiziqqa aytiladi.*** Magnit induksiya chiziqlarini temir kukunlari



Rasm 48

yordamida ko‘rinadigan qilish mumkin. Misol uchun to‘g‘ri tok o‘tkazilgan shisha plastinka ustiga temir kukuni tashlanib, sekin chertilsa, kukunlar kuch chiziqlari bo‘ylab joylashib qoladi (47- rasm). Tajribadan ko‘rinib turibdiki, tokli to‘g‘ri o‘tkazgich atrofidagi magnit induksiya chiziqlari tekislikda yotuvchi, tokka perpendikular konsentrik aylanalardan iborat bo‘lar ekan. Aylanalarning markazi o‘tkazgichning o‘qi bilan mos keladi. Xuddi shuningdek, temir kukuni yordamida istalgan shakldagi tokli o‘tkazgich magnit induksiya chiziqlarining tasvirini hosil qilish mumkin (48- rasm). Hosil bo‘lgan manzaralardan quyidagicha xulosa chiqarish mumkin. ***Magnit induksiya chiziqlari doimo yopiq chiziq xarakteriga ega va tokli o‘tkazgichni qamrab oladi.*** Shuning uchun ham magnit maydoniga uyurmali maydon deyiladi. Magnit maydon induksiya vektori chiziqlarining yo‘nalishi o‘tkazgichdagi tokning yo‘nalishiga bog‘liq bo‘lib, o‘ng parma qoidasiga muvofiq aniqlanadi: ***Agar o‘ng parma***

uchining ilgarilanma harakati tokning harakati bilan mos kelsa, parma dastasining aylanma harakat yo‘nalishi magnit induksiya chiziqlarining yo‘nalishi bilan mos keladi. Agar magnit induksiya vektorlari barcha nuqtalarda bir xil bo‘lsa ($\vec{B}$ = const), magnit maydonga bir jinsli maydon deyiladi. Bir jinsli maydonga uzunligi diametridan ko‘p marta katta bo‘lgan g‘altak, solenoidning ichidagi maydon misol bo‘ladi (48- rasm). Magnit induksiya chiziqlarining zichligi magnit induksiyasi B ning qiymatini ifodalashi mumkin. Masalan, magnit induksiya chiziqlariga perpendikular bo‘lgan birlik yuza orqali o‘tkaziladigan chiziqlarning soni magnit maydonning shu sohadagi magnit induksiyasiga teng yoki proporsional bo‘lishi mumkin.

Muhitning magnit singdiruvchanligi. Agar tokli o‘tkazgich yordamida turli moddalarda magnit maydonlari hosil qilinib, tokli kontur yordamida o‘rganilsa, berilgan nuqtadagi magnit induksiyasi moddaning turiga, ya’ni muhitning xossalariga bog‘liqligiga ishonch hosil qilish mumkin. $\vec{B}$ va $\overrightarrow{B_0}$ lar mos ravishda berilgan bir jinsli izotrop muhit va vakiumdagi magnit induksiyalar bo‘lsin. Ularning nisbati bilan aniqlanadigan

$$\boldsymbol{\mu = \frac{\vec{B}}{\overrightarrow{B_0}}}$$

— kattalik muhitdagi magnit induksiya vakiumdagiga nisbatan necha marta katta (yoki kichik) ekanligini ko‘rsatadi va unga muhitning magnit singdiruvchanligi deyiladi. U birliksiz kattalik bo‘lib, moddaning turiga va haroratga bog‘liq. Vakium uchun μ=1.

Magnit maydon kuchlanganligi. Vakiumdagi magnit maydonni $\overrightarrow{B_0}$ induksiya bilan emas, magnit maydon kuchlanganligi $\vec{H}$ bilan xarakterlashga kelishilgan. Bu ikkita kattaliklar bir-birlari bilan quyidagicha bog‘langan:

$$\vec{H} = \frac{\overrightarrow{B_0}}{\mu_0}$$

bu yerda $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ — magnit doimiysi.

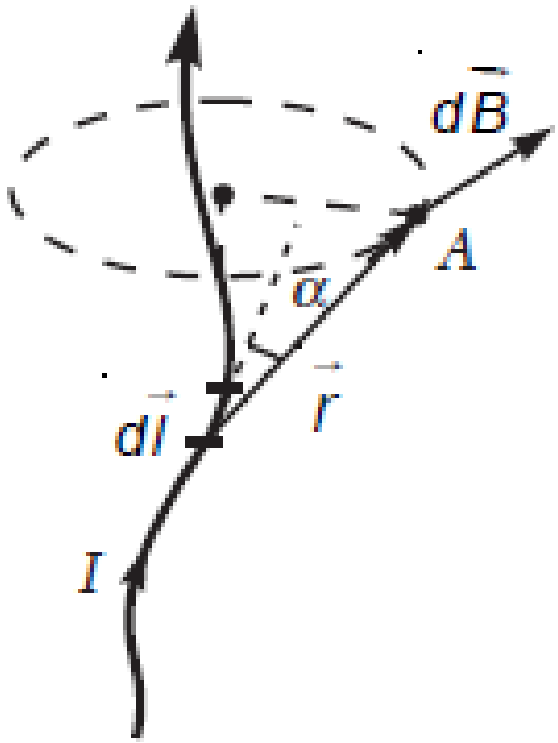
Yuqoridagilarni umumlashtirib yozish mumkin:

$$\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}$$

Agar berilgan nuqta uchun maydon kuchlanganligi va muhitning magnit singdiruvchanligi ma’lum bo‘lsa, unda ($\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}$) ifoda yordamida shu nuqtadagi maydon induksiyasini aniqlash mumkin. Magnit maydon kuchlanganligining SI dagi birligi - ***1 A/m***. 1A/m—

shunday maydonning kuchlanganligiki, uning vakiumdagi magnit induksiyasi $4\pi \cdot 10^{-7} T$ ga teng.

Magnit maydon induksiyasi va mikrotoklar. Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, Amper gipotezasiga muvofiq istalgan jismda elektronlarning atomlar va molekulalardagi harakati natijasida vujudga keladigan mikrotoklar mavjuddir. Bu mikrotoklar o'zlarining magnit maydonlarini hosil qiladilar va tashqi maydon, ya'ni makrotok ta'sirida o'z yo'nalishlarini o'zgartirishlari mumkin. Natijada ular jismda qo'shimcha magnit maydon hosil qiladilar. Magnit induksiya vektori B makrotok va mikrotoklar hosil qiladigan natijaviy magnit maydonni xarakterlovchi kattalikdir. Tabiiyki, turli muhitlar uchun mikrotoklarning maydonlari turlicha bo'lganligi sababli B ning qiymati ham turli muhitlar uchun turlicha bo'ladi. Makrotoklarning o'zlari hosil qiladigan magnit maydon esa kuchlanganlik vektori H bilan tavsiflanadi. B va H orasida bog'lanish mavjudligini ko'rdik. Magnit singdiruvchanlik μ — makrotoklarning magnit maydoni H, muhitning mikrotoklari maydoni hisobiga necha marta o'zgarishini ko'rsatadi.



Rasm 49

Bio—Savar—Laplas qonuni. Turli shakldagi o'zgarmas tokning magnit maydonlari fransuz olimlari J.Bio (1774—1862) va F.Savar (1791—1841) tomonlaridan o'rganilgan. Tajribalar natijasi esa fransuz fizigi va matematigi P.Laplas (1749—1827) tomonidan umumlashtirilgan. Ushbu qonunda I tok oqayotgan o'tkazgich Δl elementining biror A nuqtada hosil qiladigan magnit induksiya vektori qiymati aniqlangan (49- rasm):

$$\Delta \vec{B} = \frac{\mu\mu_0 I \Delta l}{4\pi r^2} \sin\alpha$$

bu yerda: $\vec{r}$ — o'tkazgichning Δl elementidan A nuqtagacha bo'lgan radius - vektor, r— uning moduli, α — tok yo'nalishi va $\vec{r}$ orasidagi burchak. Bu formula Bio—Savar —Laplas qonunini

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^{n} \vec{B}_i = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \ldots + \vec{B}_n,$$

ifodalaydi. ΔB ning yo‘nalishi o‘ng parma qoidasiga muvofiq aniqlanadi. ***Agar parmaning ilgarilanma harakati tokning yo‘nalishi bilan mos kelsa, parma dastasining aylanma harakati magnit induksiya vektorining yo‘nalishini ko‘rsatadi. Magnit induksiya vektori uchun superpozitsiya prinsipi.*** Elektr maydon uchun bajarilgani kabi magnit maydon uchun ham superpozitsiya prinsipi o‘rinlidir. ***Bir qancha toklar hosil qilgan natijaviy magnit maydonning induksiyasi, har bir tok hosil qilgan magnit maydon induksiyalarining geometrik yig‘indisiga teng, ya’ni*** bu yerda n—toklar soni. Bio—Savar—Laplas qonuni va superpozitsiya prinsipi ba’zi maydonlarni oson hisoblash imkonini beradi.

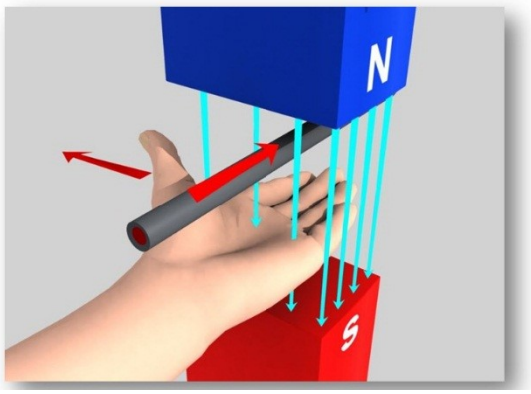
Amper qonuni. Magnit maydonning mavjudligini namoyon etishning usullaridan biri uning tokli o‘tkazgichga ta’siridir. 1820- yil A.Amper magnit maydonidagi tokli o‘tkazgichga ta’sir kuchini aniqlovchi qonunni yaratdi. ***Induksiyasi B bo‘lgan bir jinsli magnit maydonida joylashtirilgan tokli o‘tkazgichga, o‘tkazgich bo‘lagining uzunligi l ga , undan oqayotgan tok kuchi I ga va magnit maydonning induksiyasi***

B ga proporsional kuch ta’sir qiladi.

$$F_A = B \cdot I \cdot l \cdot \sin\alpha$$

bu yerda α — o‘tkazgichdagi tok va B vektor yo‘nalishlari orasidagi burchak.

Chap qo‘l qoidasi. Magnit maydonda joylashtirilgan tokli o‘tkazgichga ta’sir etuvchi kuchning yo‘nalishini aniqlash uchun chap qo‘l qoidasidan foydalaniladi: ***chap qo‘limizni magnit maydonda shunday joylashtiraylikki, magnit induksiya chiziqlari kaftimizga kirsa, uzatilgan to‘rtta barmog‘imiz o‘tkazgichdagi tok yo‘nalishi bilan mos kelsa, unda ochilgan bosh barmoq magnit maydonda joylashtirilgan tokli o‘tkazgichga ta’sir etayotgan kuchning yo‘nalishini ko‘rsatadi (50- rasm).*** Bu kuch doimo o‘tkazgich yotgan tekislik va B vektorga perpendikyular bo‘ladi. O‘tkazgichning istalgan l elementiga ta’sir etadigan kuchning moduli va yo‘nalishini bilgan holda superpozitsiya prinsipiga asosan, o‘tkazgichga ta’sir etadigan to‘la kuchni topish mumkin.



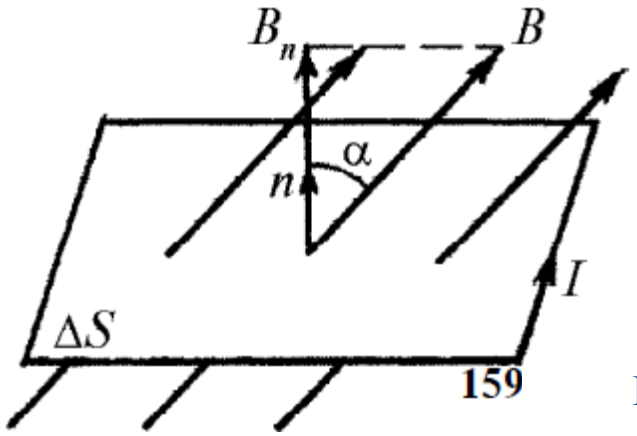
Rasm 50

Tok kuchining birligi. SI dagi asosiy birliklardan biri — amper (A), tokli o‘tkazgichlarning magnit ta’siriga asosan aniqlangan va fransuz fizigi A.Amper sharafiga shunday nomlangan. ***1 A — bo‘shliqda bir-biridan 1 m masofada parallel joylashgan, ingichka to‘g‘ri, cheksiz uzun o‘tkazgichlardan o‘tganida bu o‘tkazgichlar orasida ular uzunligining har bir metriga $2 \cdot 10^{-7}$ N o‘zaro ta’sir kuchi vujudga keltiradigan o‘zgarmas tok kuchidir.***

Magnit oqimi. Induksiya vektori B bo‘lgan, bir jinsli magnit maydonida turgan *S* yuzali yassi sirtni ko‘raylik. ***S sirt orqali magnit maydon induksiya vektorining oqimi (magnit oqimi) deb B_n ning (magnit induksiya vektorining sirt normaliga proyeksiyasining) sirt yuzasi ko‘paytmasiga teng bo‘lgan fizik kattalikka aytiladi:***

$$\Phi = B_n S \cos\alpha = \Phi = BS\cos\alpha$$

bu yerda α — sirt normali n — ning yo‘nalishi va induksiya vektori B orasidagi burchak (51-rasm). $Bn = B \cdot \cos\alpha$ skalyar kattalik bo‘lganidan magnit oqimi ham skalyar kattalikdir. Umuman olganda, biror sirt orqali magnit oqimi, shu sirt orqali o‘tgan magnit induksiya chiziqlarining sonini xarakterlaydi.



159 **Rasm**

Magnit oqimining ishorasi. cosα qanday qiymatni qabul qilishiga qarab magnit oqimi musbat ($\Phi > 0$) yoki manfiy ($\Phi < 0$) bo‘lishi mumkin. cos α ning qiymati esa normalning musbat yo‘nalishi qanday tanlanishiga bog‘liq bo‘ladi. Normalning musbat yo‘nalishi esa qaralayotgan konturdan oqayotgan tokning yo‘nalishiga bog‘liq bo‘lib, o‘ng parma qoidasiga muvofiq aniqlanadi. Yopiq sirt orqali magnit oqimi nolga teng, chunki unga kiradigan va undan chiqadigan kuch chiziqlarining soni teng.

Magnit oqimining birligi. Magnit oqimining SI dagi birligi — veber (Wb) nemis fizigi V.Veber (1804 - 1891) sharafiga shunday nomlangan.

Lorens kuchi. Tajribalarning ko‘rsatishicha magnit maydon nafaqat tokli o‘tkazgichga va balki magnit maydonda harakatlanayotgan alohida zaryadga ham ta’sir qiladi. Chunki harakatlanadigan zaryad ham o‘z atrofida magnit maydon hosil qiladi. Magnit maydonda *v* tezlik bilan

harakatlanayotgan Q elektr zaryadiga ta’sir etadigan kuchga Lorens kuchi deyiladi va u quyidagiga teng:

$$F_l = qB\vartheta sin\alpha$$

Bu yerda B — zaryad harakatlanayotgan maydonning induksiyasi, α — zaryadning harakat tezligi vektori ϑ va magnit maydon induksiya vektori B orasidagi burchak.

Lorens kuchining yo‘nalishi. Lorens kuchining yo‘nalishi harakatlanayotgan musbat zaryad uchun chap qo‘l qoidasiga muvofiq aniqlanadi. ***Agar magnit induksiya vektorlari chap qo‘limizning kaftiga kirayotgan, musbat zaryadning harakat yo‘nalishi esa ochilgan barmoqlar tomonga yo‘nalgan bo‘lsa, unda bosh barmoqning yo‘nalishi Lorens kuchining yo‘nalishini ko‘rsatadi.*** Zaryadning ishorasi o‘zgarishi bilan kuchning yo‘nalishi ham teskarisiga o‘zgaradi. Yuqoridagi ta’rifdan ko‘rinib turibdiki, Lorens kuchi tezlik ϑ va induksiya B vektorlariga perpendikular yo‘nalgan.

Lorens kuchining ta’siri. $F_l = qB\vartheta sin\alpha$ ifodadan ko‘rinib turibdiki:

1) agar zaryad harakatsiz bo‘lsa, ya’ni $\vartheta = 0$, unda $F_L = 0$. Demak, magnit maydon harakatsiz zaryadga ta’sir ko‘rsatmaydi, ya’ni harakatsiz zaryad atrofida magnit maydon hosil bo‘lmaydi;

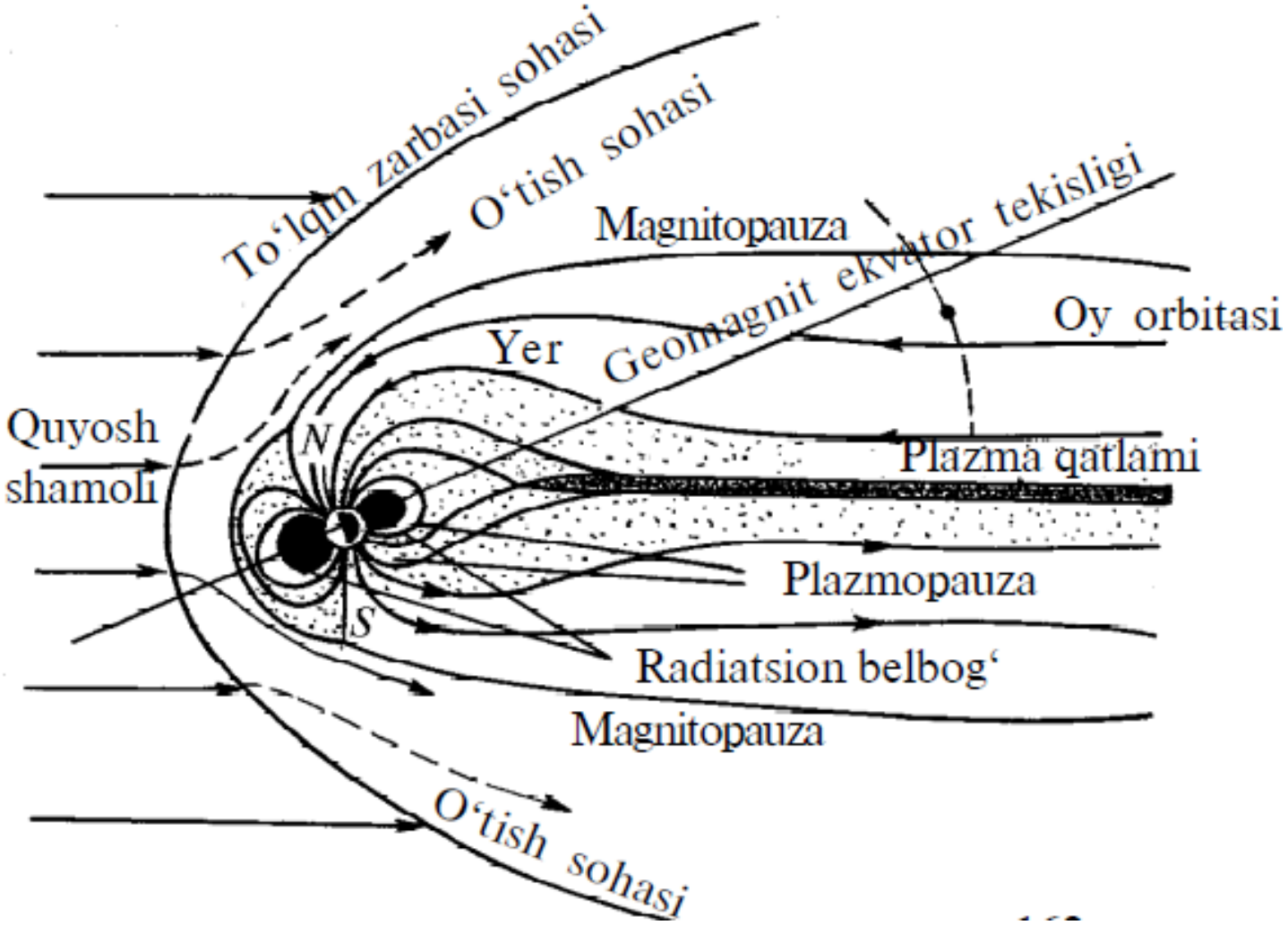
2) agar $\alpha = 0$, ya’ni zaryad magnit induksiya vektori bo‘ylab harakatlansa (tezlik vektori ϑ induksiya vektori B ga parallel bo‘lsa),unda zaryadga magnit maydoni tomonidan hech qanday kuch ta’sir etmaydi;

3) Lorens kuchi zaryadning harakat tezligiga perpendikular bo‘lganligi uchun, uning tezligining modulini, ya’ni kinetik energiyasini o‘zgartira olmaydi. Demak, Lorens kuchi ish bajara olmaydi;

4) Lorens kuchi zaryadning harakat tezligiga perpendikulyar bo‘lganligi uchun, uning tezligining yo‘nalishini o‘zgartiradi. Agar zaryad bir jinsli maydonda harakatlanayotgan bo‘lsa, unda Lorens kuchi markazga intilma kuch vazifasini bajarib, zaryadning harakat trayektoriyasini egrilaydi.

Yerning magnitosferasi va uning quyosh shamoli bilan o‘zaro ta’siri.

Magnitosfera. Magnitosfera deb — Yerning xususiy magnit maydoni bilan aniqlanuvchi yer atrofidagi ma'lum fazoga aytilib, uning xossalari, o'lchamlari va shakli quyoshdan keluvchi zaryadlangan zarralar oqimi, ya'ni quyosh shamoli bilan o'zaro ta'siri asosida aniqlanadi. Magnitosfera — sfera ko'rinishiga ega bo'lmay, quyoshga qarama-qarshi tomoni qattiq cho'zilgan bo'ladi. Quyosh tomondagi yer magnit maydoni quyosh shamoli tarkibidagi plazma oqimi tomonidan qisilsa, unga qarama-qarshi tomondagi magnit maydon kuch chiziqlari



Rasm 52

dumga o'xshab cho'zilib ketadi (52- rasm). Dumning diametrik Yerning radiusidan qirq marta katta bo'lishi mumkin.

Quyosh shamoli. Quyosh shamoli — quyosh tojining sayyoralararo bo'shliqdagi plazmadan iborat doimiy radial oqimidir. Uning tarkibi, asosan, protonlardan iborat bo'lib, oz miqdorda geliy yadrosi, kislorod, kremniy, oltingugurt, temir ionlari mavjud. Ular Yer orbitasiga juda katta tezliklar bilan yetib kelishadi. Masalan, protonlarning tezligi 300—750 km/s ni tashkil qiladi. Yer atrofida quyosh shamoli zarralarining Yer geomagnit maydoni bilan to'qnashuvlari yer magnitosferasi oldidan statsionar zarba to'lqini frontini vujudga keltiradi. Natijada quyosh shamoli magnitosfera sirtidan go'yoki oqib o'tadi.

Quyosh shamolining yerga ta'siri. Umuman olganda magnitosfera quyosh shamolini Yerga qariyb o'tkazmaydi. Quyosh shamolining asosiy qismi Yerdan o'n radius atrofidagi masofada joylashgan magnitopauzani aylanib o'tadi. Uni yorib kirgan yuzlab keV energiyali zarralarni esa magnit tuzoqlari, ya'ni magnitosferaning magnit maydoni tutib qoladi. Bu zarralar Yerning radiatsion belbog'ini tashkil qiladi. Shu bilan birga Yer magnit maydonining qutblarida yorug' (shaffof joy) mavjud bo'lib, unga quyosh shamolining zarralari kirishi mumkin. Bu zarralar qutb yog'dusini vujudga keltiradi. Quyoshdagi chaqnashlar natijasida quyosh shamoli intensivligining o'zgarishi magnitosferadagi bo'ronlarni vujudga keltiradi. Natijada qutb yog'dusining kuchayishi, radiatsion belbog'da zarralar oqimining ortishi va Yer magnit maydonining o'zgarishi ro'y beradi. Kosmik apparatlar yordamida o'rganish bir qancha boshqa sayyoralar: Merkuriy, Yupiter, Saturn, Veneralarda ham magnitosfera mavjudligini ko'rsatdi.

Dia-, para- va ferromagnetiklarning tabiati

Diamagnetiklar. Diamagnetiklarning ko'pchilik atomlari xususiy magnit momentlariga ega bo'lmay, ularning magnit momentlari tashqi maydon ta'sirida vujudga keltiriladi. Bu jarayon qutblanmagan dielektriklarda elektr momenti vujudga kelish jarayoniga o'xshaydi. Vujudga keladigan magnit maydon induksiyasi tashqi maydon B_0 ga proporsional ekanligini hisobga olib, yozish mumkin (dielektrikka o'xshatib):

$$B = \mu B_0$$

bu yerda, diamagnetiklar uchun $\mu < 1$, chunki tashqi maydon ta'sirida vujudga kelgan mikrotokning magnit momenti tashqi maydonni kuchsizlantirish tomonga yo'nalgan bo'ladi. Diamagnetikning xususiyatlari temperaturaga bog'liq emas, chunki atomlarning issiqlik harakatlari atom ichida vujudga kelgan toklarning yo'nalishlarini buza olmaydi. Diamagnetik effekt barcha moddalarga xos xususiyatdir. Diamagnetiklarning tipik vakillari sifatida suv, marmar, oltin, mis, simob va inert gazlarni keltirish mumkin.

Paramagnetiklar. Paramagnetiklarning molekulalari noldan farqli xususiy magnit momentlariga ega. Magnit maydon bo'lmaganda bu momentlar betartib joylashgan bo'lib, jismning magnitlanish vektori nolga teng bo'ladi. Paramagnetik tashqi maydonga kiritilganda alohida atomlar va molekulalarning magnit momentlari maydon bo'ylab joylashib qoladi. Natijada paramagnetiklarning xususiy maydoni tashqi magnit maydonini kuchaytiradi, ya'ni tashqi magnit maydonning kuchayishi ro'y beradi (μ >1) Paramagnetiklarning magnitlanishi temperaturaga bog'liq bo'ladi va temperatura ortishi bilan magnit singdiruvchanligi yomonlashadi. Bunga sabab, issiqlik betartib harakati natijasida atom va molekulalar magnit momentlarining tashqi maydon ta'sirida egallagan o'zaro joylashuvlarining buzilishidir. Paramagnetiklarning magnit singdiruvchanligi, diamagnetiklarniki kabi tashqi magnit maydon induksiyasiga bog'liq emas. Paramagnetiklarga kislorod, aluminiy, platina va ishqor hosil qiladigan metallar kiradi.

Ferromagnetiklar. Ferromagnetizm — paramagnetizmning chegara aholi hisoblanadi. Ferromagnetiklar — kuchli magnetiklar hisoblanib, o'z-o'zidan magnitlanib qolishi mumkin. Hattoki tashqi magnit maydon bo'lmaganda ham ular

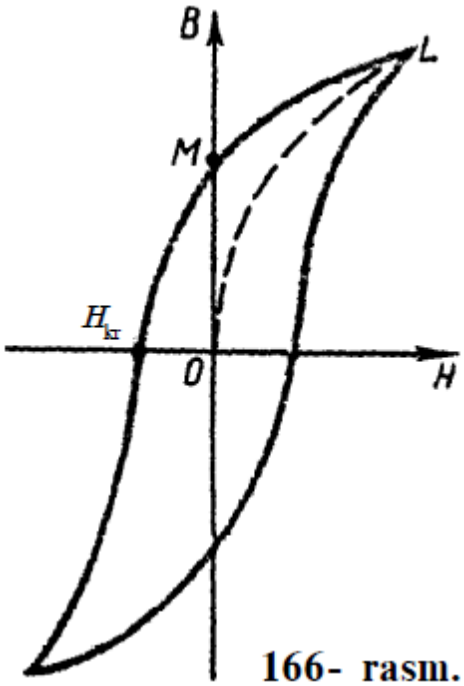
magnitlanish qobiliyatiga ega bo‘ladilar. Ularning yana bir alohida xususiyatlari magnitlanishlarining tashqi maydonga bog‘liqligining murakkab xarakterga ega ekanligidir . Agar diamagnetik va paramagnetiklar uchun magnitlanishning tashqi maydon kuchlanganligiga bog‘liqligi chiziqli bo‘lsa, ferromagnetiklar uchun ancha murakkabdir. Dastlab magnitlanish tez ortadi, so‘ngra esa sekinlashib ma’lum qiymatga ega bo‘lgandan so‘ng o‘zgarmay qoladi. Magnitlanishning bu qiymatiga to‘yinish qiymati deyiladi. Bunday bog‘lanishni quyidagicha tushuntirish mumkin. Tashqi maydon kuchayishi bilan molekulalar magnit momentlarining maydon bo‘ylab joylashib qolishi ortadi. Magnit momentlari maydon bo‘ylab joylashmagan molekulalar soni kamaygan sari magnitlanishning o‘sishi ham kamaya boradi va nihoyat barcha magnit momentlari maydon bo‘ylab joylashib bo‘lganidan so‘ng magnitlanishning to‘yingan qiymatiga erishiladi.

Domenlar nazariyasi. Tajribalarning ko‘rsatishicha, ba’zi ferromagnetiklar tashqi maydon bo‘lish-bo‘lmasligidan qat’iy nazar, o‘z-o‘zidan magnitlanib qolish xususiyatiga ega bo‘ladilar. Bu hodisani tushuntirish uchun fransuz fizigi P.Veys (1865—1940) **domenlar** nazariyasini olg‘a surdi. Ushbu nazariyaga muvofiq, ferromagnit— juda ko‘p miqdordagi kichik mikroskopik sohalar—domenlarga ajratilib, ular o‘z-o‘zidan magnitlanadilar. Tashqi magnit maydon bo‘lmaganda domenlarning magnit momentlari ham betartib joylashgan bo‘lib, bir-birlarini yo‘qotadilar. Tashqi maydonga kiritilganda esa maydon alohida atom va molekulalarni emas, balki domenlarni maydon bo‘ylab yo‘naltiradi. Aynan shu sababli maydon kuchlanganligi ortishi bilan magnitlanish juda tez ortadi. Domenlar o‘z-o‘zidan maydon bo‘ylab joylashib qolishi mumkin. Diamagnetiklardan va paramagnetiklardan farqli ravishda ferromagnetiklarning magnit singdiruvchanligi tashqi maydon kuchlanganligiga bog‘liqdir. Ferromagnetiklarning magnit kirituvchanligi ancha katta bo‘ladi. Masalan, temir uchun μ= 5000, supermalloy qotishmasi uchun μ =800000 va hokazo. Ferromagnetizm hodisasi birinchi bo‘lib temirda o‘rganilgan. Ferromagnetizm atamasining kelib chiqishi ham shundan.

Kyuri nuqtasi. Ferromagnetiklar yana bir ajoyib xususiyatga egadirlar. Har bir ferromagnetik uchun Kyuri nuqtasi deb ataluvchi ma’lum temperatura mavjud bo‘lib shu temperaturadan boshlab u o‘zining magnit xususiyatlarini yo‘qotadi. Kyuri nuqtasidan yuqoriroq temperaturadagi ferromagnetiklar paramagnetiklarga aylanadi. Temir uchun Kyuri nuqtasi 1043 K, kobalt uchun 1393 K, nikel uchun 631 K.

Gisterezis. Biz yuqorida ferromagnetiklarning magnit singdiruvchanligi μ tashqi maydon kuchlanganligi H ga bog‘liqligini ko‘rdik. Endi magnit induksiyasi B va H orasidagi bog‘lanishni ko‘raylik. Magnitlanishda ferromagnetik ichidagi magnit maydoni O dan H ning ma’lum qiymatigacha ortib boradi (53 - rasm). Ferromagnetikdagi induksiya qiymatining o‘zgarishi OL chiziq bilan xarakterlanadi. Agar H kamaysa, induksiyaning kamayishi LM chiziq bilan ifodalanadi. H=0 bo‘lganda ham induksiya noldan farqli bo‘ladi. Qoldiq

Rasm



166- rasm.

magnitlanishni yo‘qotish uchun esa oldingisiga teskari yo‘nalishda maydon qo‘yish kerak bo‘ladi. Maydon kuchlanganligining B=0 dagi qiymati tutuvchi yoki koersitiv kuch deyiladi. Maydon o‘zgarishi bilan induksiya ham 53 - rasmda ko‘rsatilgandek o‘zgaradi. Hosil bo‘lgan chiziqqa gisterezis deyiladi. Koersitiv kuchlarning qiymatiga qarab ferromagnetiklar yumshoq va qattiq ferromagnetiklarga bo‘linadi. Yumshoq ferromagnetiklar uchun gisterezis sirtmog‘i ingichka va koersitiv kuchlarning qiymati kichik bo‘ladi. Ularga temir, permallay va boshqalar misol bo‘ladi. Yumshoq ferromagnetiklardan transformator, generator, elektrodvigatellarning o‘zaklari yasaladi. Qattiq ferromagnetiklar uchun gisterezis sirtmog‘i keng va koersitiv kuchlarning qiymatlari ham katta bo‘ladi. Shuni ta’kidlash lozimki, gisterezis sirtmog‘ining yuzasi ferromagnetikni magnitlash uchun bajarish kerak bo‘lgan ishni xarakterlaydi. Qattiq ferromagnetiklarga po‘lat va uning qotishmalari kirib, odatda ulardan doimiy magnetiklar tayyorlashadi.

21. ELEKTROMAGNIT INDUKSIYA QONUNLARI

Daniyalik olim G. Ersted 1820- yilda tokning magnit ta’sirini aniqlagandan so‘ng ingliz fizigi M. F a r a d e y bu kashfiyot bilan tanishgach, shunday xulosaga keladi: modomiki, berk o‘tkazgich bo‘ylab oqayotgan tok magnitni harakatga keltirar ekan, magnitning harakatlanishi ham berk o‘tkazgichda tok hosil qilishi kerak. Bu xulosaning to‘g‘riligini Faradey 1831- yilda ko‘p tajribalar asosida tasdiqlaydi. U magnit maydonda berk kontur ilgarilanma harakat qilganda yoki burilganda, shuningdek, qo‘zg‘almas kontur ma’lum vaqt davomida o‘zgaruvchan magnit maydonda turganida konturlarda tok hosil bo‘lishini aniqladi. Magnit maydonning o‘zgarishi tufayli berk konturda hosil bo‘ladigan tok ***induksion tok*** , hodisaning o‘zi esa ***elektromagnit induksiya*** deb ataladi. Induksion tokni hosil qiluvchi elektr yurituvchi kuch induksion elektr yurituvchi k u c h (IEYK) deb

yuritiladi. Maykl Faradey ko'plab tajribalar yordamida elektromagnit induksiya qonunini kashf qildi. Bu qonun quyidagicha ta'riflanadi:

Induksion tok berk konturda faqat o'tkazgich konturi orqali o'tayotgan magnit induksiya oqimi o'zgargandagina hosil bo'ladi, ya'ni magnit oqim o'zgarib turgan vaqt davomidagina mavjud bo'ladi.

O'zgaruvchan tok.

Vaqt davomida o'zgarib turadigan elektr tokiga o'zgaruvchan tok deyiladi.

O'zgaruvchan tokning yo'nalishi va kuchi o'zgarib turadi. Umuman olganda, o'zgaruvchan tok deyilganda tok kuchining va kuchlanishning bir davrdagi o'rtacha qiymati nolga teng bo'ladigan davriy tok tushuniladi. Konturda qaror topgan majburiy elektromagnit tebranishlarni

zanjirda oqayotgan o'zgaruvchan elektr toki sifatida qarash mumkin. O'zgaruvchan elektr toki garmonik qonunga muvofiq o'zgaradi. O'zgaruvchan EYK bir marta to'la tebranishi uchun sarflanadigan vaqtga o'zgaruvchan tokning davri T deyiladi. Bir sekunddagi to'la tebranishlar soniga o'zgaruvchan tokning chastotasi (ν) deyiladi. Misol uchun, xalq xo'jaligida foydalaniladigan tokning chastotasi ν =50Hz. Demak, bu tok o'z yo'nalishini sekundiga 100 marta o'zgartiradi. O'zgaruvchan tokning odatdagi ν va siklik (aylanma) w chastotalari orasida quyidagi munosabat mavjud: $\omega = \frac{2\pi}{T}$

O'zgaruvchan tok generatori. O'zgaruvchan tok generatori deb turli xil energiyalarni elektr energiyasiga aylantirib beradigan qurilmaga aytiladi. Mexanik energiyani elektr energiyaga aylantirishda elektromagnit induksiya hodisasidan foydalaniladi.

Elektrodvigatel. Mexanik energiyani elektr energiyaga aylantirish jarayoni bilan tanishdik. Uning teskarisi, ya'ni elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirish uchun ishlatiladigan qurilmalarga elektrodvigatellar deyiladi. Elektrodvigatelning ish prinsipi quyidagicha:

magnit maydonda joylashtirilgan ramka orqali elektr toki o'tkazilsa, unga aylantiruvchi moment ta'sir qiladi va ramka aylana boshlaydi.

⇨Testlarni yechish uchun ma'lumotlar:

⇨ Yopiq konturni o'rab turgan magnit oqimi o'zgarishi natijasida konturda vujudga keladigan tok *induksion tok* deyiladi.

⇨ Magnit maydon kattaligining o'zgarishi bilan bog'liq ravishda elektr tokining hosil bo'lishi *elektromagnit induksiya* hodisasi deyiladi.

⇨ Magnit oqimi: $\Phi = BScos\alpha; \Phi = L \cdot I; \Phi = \frac{2W_m}{I};$ $\Phi = \sqrt{2W_m \cdot L};$

⇨ Tokli o'tkazgichni magnit maydonida ko'chirishda bajarilgan ish:

$$A = IBl\Delta x; \quad A = I\Delta\Phi = I(\Phi_2 - \Phi_1)$$

⇨ Induksion tokning qiymati magnit oqimining o'zgarish tezligiga bog'liq.

⇨ Agar zanjirda induksion tok hosil bo'lsa, demak bu elektr yurituvchi kuch (EYUK) mavjudligini bildiradi. Bu EYUK ga *induksion EYUK* (ε_I) deyiladi.

⇨ Elektromagnit induksiya qonuni: $\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t};$

⇨ Induksion tok EYUK: $\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}; \quad \varepsilon_i = n \cdot \varepsilon_0; \quad \varepsilon_i = \frac{A}{q}$

⇨ O'ramlar soni N ta bo'lgan g'altakda vujudga keluvchi induksion EYUK:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_1 N = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}; \quad \varepsilon_i = -N \cdot \Phi'$$

⇨ Elektromagnit induksiya jarayonida yuzaga keluvchi induksion tokning yo'nalishi **Lens qoidasi** asosida aniqlanadi: Konturda vujudga keladigan induksion tok shunday yo'nalishga egaki, uning magnit maydoni shu induksion tokni vujudga keltirgan magnit oqimining o'zgarishiga to'sqinlik qiladi.

⇨ Uyurmali elektr maydoni potensial maydon emas, ya'ni birlik musbat zaryadni yopiq kontur bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ish nolga teng bo'lmasdan induksion EYUKga teng bo'ladi.

⇨ Magnit oqimining o'zgarish tezligi $\Delta\Phi l\Delta t$ bo'yicha g'altakni o'ramlar soni: $N = \frac{\varepsilon_i}{\Delta\Phi l\Delta t};$

⇨ Fuko toki: $I_\Phi = \frac{\varepsilon_i}{R}$

⇨ Bir jinsli magnit maydonda o'zgarmas v tezlik bilan harakatlanayotgan l uzunlikdagi o'tkazgichda hosil bo'ladigan induksion EYUK: $\varepsilon_i = vBlsin\alpha.$ Bu yerda α magnit maydon induksiya vektori bilan o'tkazgichning tezlik bilan vektori orasidagi burchak.

⇨ S yuzali, N ta o'ramga ega bo'lgan ramka magnit maydonida o'zgarmas ω siklik chastota bilan aylanayotgan yuzaga keluvchi induksion EYUK:

$$\varepsilon_i = \omega NBSsin(\omega \cdot t); \quad \varepsilon_i = 2\pi\nu NBSsin(\omega \cdot t)$$

Bunda induksion EYUKning maksimal qiymati:

$$\varepsilon_{i0} = \omega NBS; \qquad \varepsilon_{io} = 2\pi\nu NBS; \qquad \varepsilon_{io} = \frac{2\pi}{T} NBS;$$

⇨ Qarshiligi R ga teng bo'lgan o'tkazgichli konturda yuzaga keluvchi induksion tok:

$$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R}; \quad I_i = \frac{1}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}; \qquad I_i = \frac{N}{R}$$

⇨ Magnit maydonda induksiya vektoriga nisbatan tik ravishda ϑ tezlik bilan harakat qilayotgan to'g'ri o'tkazgichdagi induksion tok:

$$I_i = \frac{\vartheta BS}{\rho}$$

⇨ Konturdagi induksion magnit oqimi: $\Phi_{in} = L \cdot I$

Induktivlik

⇨ **Induktivlik** (lot. Induction, uyg'otmoq) faqatgina konturni xarakterlovchi kattalik bo'lib, uning magnit maydonni vujudga keltira olish qobiliyatini ko'rsatadi va konturdan oquvchi tok kuchiga mutlaqo bog'liq emas.

⇨ Induktivlik birligi sifatida Genri (H) qabul qilingan, u shunday konturning induktivligiki, undan 1 A tok oqqanda hosil bo'ladigan magnit oqimi 1 Wb ga teng bo'ladi: $1H = \frac{1Wb}{1A}$.

⇨ Induktivlik konturining geometrik shakli va o'lchamlariga bog'liqdir.

⇨ G'altakdagi induksion EYUKning maksimal qiymati: $\varepsilon_{i0} = \omega L I_0$

⇨ Uzunligi l va ko'ndalang kesim yuzi S bo'lgan bo'shliqda turgan solenoidning induktivligi:

$$L = \frac{\Phi}{I}; \qquad L = \frac{\mu\mu_0 N^2 S}{l}; \qquad n = \frac{N}{l}; \qquad L = \mu\mu_0 n^2 V;$$

Bu yerda N-solenoiddagi to'liq o'ramlar soni. Agar solenoidning ichiga temir o'zak kiritilsa, solenoidning induktivligi μ marta ortadi.

⇨ Zanjirdagi tokning o'zgarishi natijasida shu zanjirning o'zida induksiyalangan EYUKning vujudga kelishiga o'zinduksiya hodisasi deyiladi. O'zinduksiya hodisasi elektromagnit induksiya hodisasining xususiy holidir, ya'ni konturdagi xususiy magnit oqimining natijasida o'zinduksiya EYUK vujudga keladi.

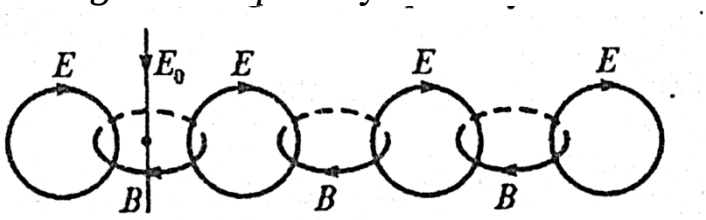
⇨ Konturda hosil bo'lgan o'zinduksiya EYUK:

$$\varepsilon = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}; \qquad \varepsilon = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t};$$

22. MAKSVELLNING ELEKTROMAGNIT MAYDONLAR NAZARIYASI

Elektromagnit to'lqin

• Fazoda o'zgaruvchan eletr va magnit maydonlarning tarqalishiga $elektromagnit\ to'lqin$ deyiladi.



Rasm 63. Elektromagnit to'lqinlar tarqalishi

• Zaryad tezlanish bilan harakat qilganida, yoki zaryad tebranganida o'zidan elektromagnit to'lqin nurlantiradi.

• Zaryad teks harakat qilganida o'zidan elektromagnit to'lqin nurlantirmaydi.

• Elektromagnit to'lqin ko'ndalang to'lqindir. Elektromagnit to'lqin qutublanadi.

• Elektromagnit to'lqinning vakiumdagi (havodagi) tarqalish tezligi yorug'lik tezligiga (c) ga teng: $v = c = 3 \cdot 10^8\ м/с$

• Elektromagnit to'lqinining muhitdagi tarqalish tezligi yorug'lik tezligidan n marta kichik bo'ladi: $v = \frac{c}{n};\ v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$

$n -$ muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi: $n = \sqrt{\varepsilon\mu}$

$\varepsilon -$ muhitning dielektrik sindiruvchanligi,

$\mu -$ muhitning magnit kirituvchanligi.

• Elektromagnit to'lqinni muhitdagi to'lqin uzunligi (λ) vakiumdagi to'lqin uzunligi (λ_0) dan n marta kichik bo'ladi: $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$

• Elektromagnit to'lqin bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tganida $chastotasi\ o'zgarmaydi.$

• Elektromagnit to'lqin absolyut sindirish ko'rsatkichi (n) kichik bo'lgan muhitdan sindirish ko'rsatgichi katta bo'lgan muhitga o'tganida tezligi va to'lqin uzunligi kamayadi. Absolyut sindirish ko'rsatkichi katta bo'lgan muhitdan absolyut sindirish ko'rsatkichi bo'lgan muhitga o'tganda elektromagnit to'lqin uzunligi va tezligi ortadi.

• Elektromagnit to'lqinlarning tarqalish tezligi: $v = \lambda\nu;\ v = \frac{\lambda}{T};\ v = \frac{\lambda\omega}{2\pi}$

• l uzunlikdagi masofaga N ta to'lqin joylashsa:

$$\lambda = \frac{l}{N}; \quad N = \frac{l}{\lambda};\ N = \frac{lv}{c}; \quad N = \frac{lvn}{c}$$

• Elektromagnit to'lqin uzunligi λ va tebranish konturidagi g'altak induktivligi L, kondensator sig'imi C orasidagi munosabatlar:

$\lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$; $L = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 C}$; $C = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 L}$; c –yorug'lik tezligi.

⟹g'altakning induktivligi L o'zgarmaganda: $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$; $\frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^2$

⟹ kondensator sig'imi C o'zgarmaganda: $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$; $\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_2}\right)^2$

⟹ induktivlik va sig'im o'zgarsa: $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{L_2 C_2}{L_1 C_1}}$

• **To'lqin fronti** deb, bir xil fazada tebranayotgan nuqtalarning geometrik o'rniga aytiladi.

• Chastotalari bir xil fazalar farqi vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan to'lqinlarga $kogerent\ to'lqinlar$ deyiladi.

• Ikki to'lqinni fazalar farqi bo'yicha yo'llar farqi: $\Delta x = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta\varphi$; $\Delta x = \frac{v}{2\pi\nu}\Delta\varphi$

• Ikki to'lqinni yo'llar farqi bo'yicha fazalar farqi: $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta x$; $\Delta\varphi = \frac{2\pi\nu}{v}\Delta x$;

• Elektromagnit to'lqin elektromagnit maydon energiyasini tarqalish yo'nalishini bildiradi.

• **Elektromagnit to'lqinning tarqalish yo'nalishi:** Parma dastasini $\vec{E}$ vektordan $\vec{B}$ vektorga qarab aylantirsak, parma uchining yo'nalishi to'lqin tezligi $\vec{v}$ ning yo'nalishini ko'rsatadi: $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{v}$

• Eelektromagnit to'lqinning tarqalish tezligi: $v = \frac{E}{B}$;

• Radiolakatorning ob'ektni sezish uzoqligi

⇒lokatorda ketma-ket impulslar oralig'idagi vaqt t ga teng: $S = \frac{c \cdot t}{2}$

⇒ t vaqt lokatordan N ta impuls chiqayotgan bo'lsa: $S = \frac{c \cdot t}{2N}$

IV. BOB. OPTIKA

23. GEOMETRIK OPTIKA QONUNLARI VA YORUG‘LIKNING TO‘LQIN XOSSALARI

Optika so‘zining lug‘aviy ma’nosi — «ko‘rish idroklari haqidagi fan»ni anglatib, *optos* — ko‘zga ko‘rinadigan so‘zidan olingan.

Bu bo’limda elektromagnit nurlanishni davom etamiz. Bu nurlanish avval o’rganilganlardan ko’ra qisqa to’lqin uzunlikka ega. Bunday to’lqinlar yorug’lik deb ataladi.

- ⇨ *Optika — fizikaning yorug‘likning nurlanish, yutilish va tarqalish qonunlarini o‘rganadigan bo‘limidir.*
- ⇨ *Optika* - bo‘limida yorug‘lik hodisalari va qonunlari, yorug‘likning tabiati hamda uning modda bilan o‘zaro ta’siri o‘rganiladi.

Yorug‘lik elektromagnit to‘lqinlardan iborat bo‘lganligi sababli, optika elektromagnit maydon nazariyasining, ya’ni elektrodinamikaning bir qismi sifatida qaraladi. Yorug‘lik, radioto‘lqinlar va rentgen nurlari orasidagi, to‘lqin uzunligi $4{,}0 \cdot 10^{-7}$—$7{,}6 \cdot 10^{-7}$ m bo‘lgan elektromagnit to‘lqinlardan iborat. Odatda, optika *geometrik, fizik* va *fiziologik* optikalarga bo‘lib o‘rganiladi.

*Geometrik optika*da yorug‘likning tabiati haqida so‘z yuritilmaydi, uning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalish, qaytish va sinish qonunlari o‘rganiladi va ularga asoslanib o’rganiladigan optikaning bo’limi.Oddiy ko‘zoynakdan tortib, ulkan astronomik qurilmalardagi murakkab obyektivlargacha bo‘lgan barcha optik asboblarni yasashdagi hisob-kitob geometrik optika qonunlari asosida amalga oshiriladi. $\lambda < d$ bo’lsa, geometrik optika o’rinli bo’ladi. (d- tirqish o’lchami,, λ-to’lqin uzunligi) $\lambda \geq d$ bo’lsa, geometrik optika o’rinli bo’lmaydi.

*Fizik optika*da yorug‘likning tabiati va yorug‘lik hodisalariga aloqador muammolar o‘rganiladi.

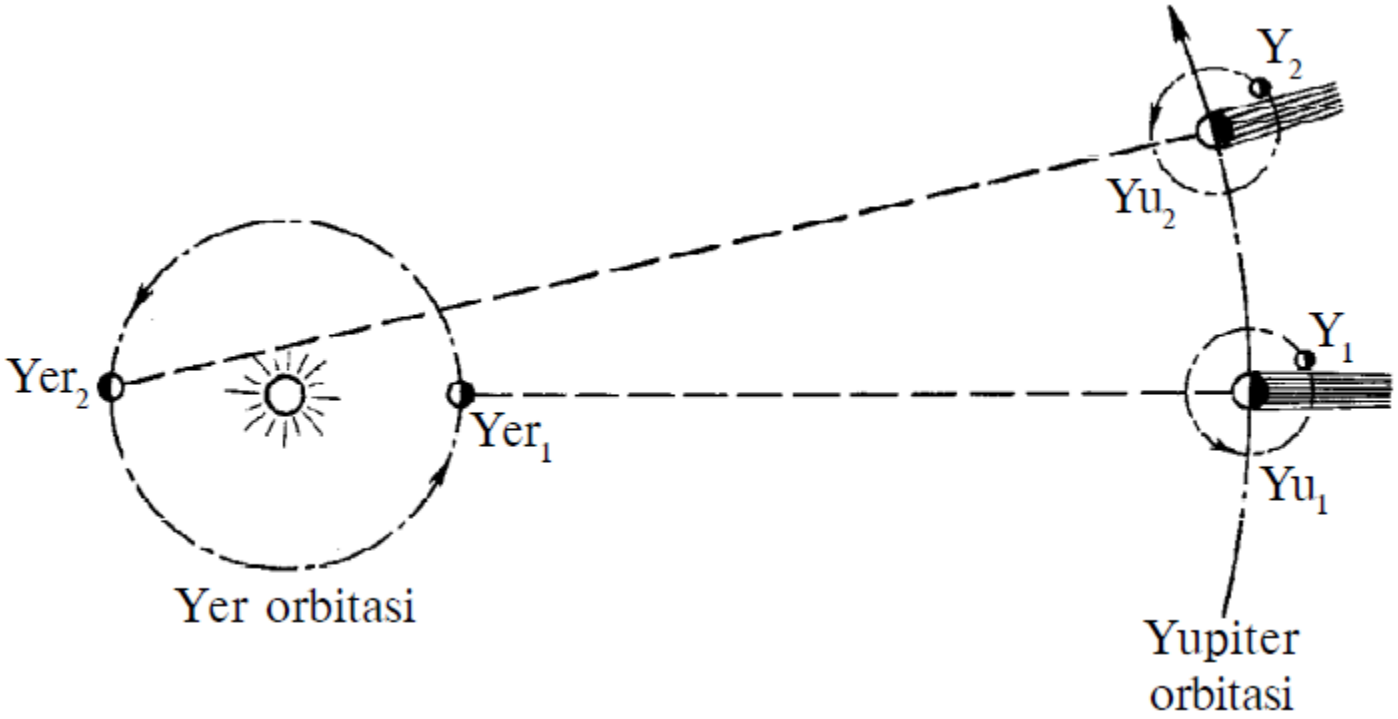
Fiziologik optika esa yorug‘likning rivojlanuvchi organizmga ta’sirini o‘rganadi.

Optikaning eng dastlabki qonunlari tarixi: Yorug‘likning ta’siri haqidagi ta’limot juda qadim zamonlarda vujudga kelgan. Qadimgi olimlarning yorug’lik o’zi nima, degan masala to’g’risidagi dastlabki tasavvurlari juda soda edi. Ular ko’zdan juda ingichka maxsus paypaslagichlar chiqib ular narsalarni payaslaganda ko’rish tuyg’usi hosil bo’ladi deb hisoblar edilar, lekin shunday bo’lsada yorug‘likning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalish qonuni eramizdan besh ming yil oldin ham ma’lum bo‘lib, undan chiqadigan xulosalardan Qadimgi Misrdagi

qurilish ishlarida foydalanilgan. Pifagor, jismlarning ko‘rinishiga sabab — ularning o‘zlaridan zarrachalar chiqarishidir deb, hozirgi nazariyalarga juda yaqin bo‘lgan fikrlarni ham aytgan.

Yorug‘lik ma’lum diapazondagi elektromagnit to‘lqinlardan iboratdir. Inson ko‘zi butun nurlanish tarkibidan faqat to‘lqin uzunligi $3{,}8\text{-}10^{-7}$ m dan $7{,}7\text{-}10^{-7}$ m gacha bo‘lgan nurlarnigina ko‘ra oladi. To‘lqin uzunligi $3{,}8\text{-}10^{-7}$ m dan qisqa bo‘lgan nurlar ***ultrabinafsha***, to‘lqin uzunligi $7{,}7\text{-}10^{-7}$ m dan katta bo‘lgan nurlar esa ***infraqizil nurlar*** deb ataladi. Ultrabinafsha va infraqizil nurlar ko‘zga ko‘rinmaydi. Jismlardan yorug‘lik qaytib ko‘zimizga tushgandagina biz ularni ko‘ra olamiz. Ba’zi jismlarni atrofimiz yorug‘ yoki qorong‘i bo‘lishidan qat’iy nazar ko‘raveramiz, chunki ularning o‘zlari yorug‘lik sochadi. Bunday jismlar ***yorug‘lik manbalari*** deb ataladi. Yorug‘lik manbalari ikki guruhga: ***tabiiy*** va ***sun’iy manbalarga*** bo‘linadi. Quyosh, yulduzlar, atmosferadagi nur sochuvchi gazlar va ba’zi tirik organizmlar (masalan, baliqlar, hasharotlar, yog‘ochni chiritadigan ba’zi mikroblar va boshqalar) yorug‘likning tabiiy manbalaridir. Biz uchun asosiy tabiiy yorug‘lik manbayi Quyoshdir. Quyoshdan chiqayotgan yorug‘lik barcha tirik organizmlar — o‘simlik, hayvon va insonlarning hayot manbayidir. Yorug‘likning sun’iy manbalari jumlasiga cho‘g‘langan jismlar, tok o‘tganida nurlanuvchi gazlar, lyuminessensiyalanuvchi qattiq jismlar va suyuqliklar kiradi. Odatda yorug‘lik manbalari ma’lum o‘lchamli jismlar bo‘ladi, lekin ular ko‘pincha ***nuqtaviy yorug’lik manbayi*** deb qabul qilinadi. Agar yorug‘lik manbayining chiziqli o‘lchami shu manbadan uning ta’siri o‘rganilayotgan joygacha bo‘lgan masofaga nisbatan juda kichik bo‘lsa, bunday yorug‘lik manbayi ***nuqtaviy yorug’lik manbayi*** deb ataladi. Yorug‘lik vakiumda c = 300000 km/s tezlik bilan, boshqa muhitlarda esa bundan kichik tezlik bilan tarqaladi. Muayyan to‘lqin uzunlikdagi yorug‘lik, masalan, qizil, yashil, binafsha va shu kabi rangli yorug‘liklar ***monoxromatik yorug‘lik*** deyiladi. Yorug‘lik turli uzunlikdagi to‘lqinlardan iborat bo‘lsa, bunday yorug‘lik ***murakkab yorug‘lik*** deyiladi. Masalan, Quyoshdan keladigan yorug‘lik murakkab yorug‘likdir. Binobarin, bunday yorug‘likni turli rangli monoxromatik yorug‘liklardan tarkib topgan deyish mumkin. Yorug‘lik o‘zi bilan birga energiya eltadi. Biror modda orqali yorug‘lik o‘tganda uning energiyasi ma’lum miqdorda yutiladi, bunda yorug‘lik energiyasi moddaning ichki energiyasiga aylanadi.

Yorug‘likning tezligi cheksiz kattami? I. Kepler va R. Dekart kabi olimlar yorug‘likning tezligini cheksiz katta deb hisoblashgan va natijada klassik mexanikada yorug‘likning tezligi cheksiz katta deb qabul qilingan. Xo‘sh, amalda yorug‘likning tezligi nimaga teng? Bu tezlikni o‘lchash yo‘lidagi birinchi urinishlar G.Galiley tomonidan amalga oshirilgan. Garchi bu tajriba aniq natijalarni ko‘rsatmagan bo‘lsa-da, yorug‘likning tezligi chekli ekanligi haqidagi fikrning mustahkamlanishiga olib kelgan. Yorug‘lik



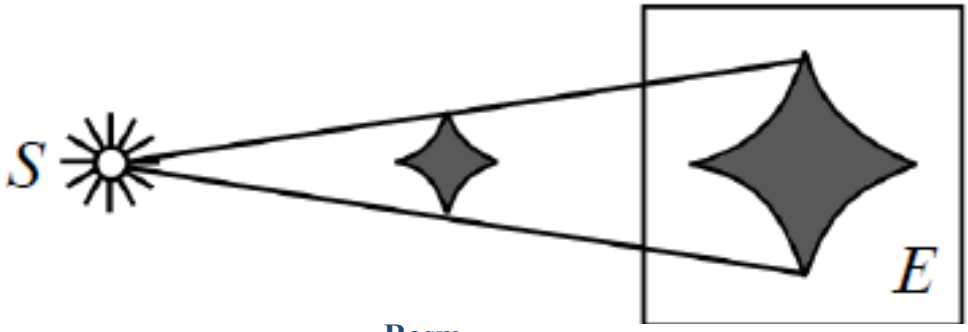
tezligining hozir qabul qilingan qiymatiga yaqin natijani aniqlash birinchi bo‘lib daniyalik astronom K. Ryomerga nasib etgan. *Yorug‘lik tezligini aniqlashning Ryomer usuli.* 1675- yilda Yupiter yo‘ldoshining tutilishini kuzatayotgan O . Ryomer, yorug‘lik tezligining chekli ekanligiga aniq ishonch hosil qilgan. Ryomer foydalangan holat 1- rasmda ko‘rsatilgan. Yupiterdan Quyoshgacha bo‘lgan masofa Yerdan Quyoshgacha bo‘lgan masofadan qariyb 5 marta katta. Ryomer Yer va Yupiter birbirlariga eng yaqin joylashganida (Yer_1 va Yu_1 holat) Yupiter yo‘ldoshining (Y_1) tutilishini kuzatgan. Shuningdek, Y_1 yo‘ldoshning tutilishini Yer va Yupiter bir-birlaridan eng uzoq masofada joylashganida ham (Yer_2 va Yu_2 holat) kuzatgan. Bu tutilish ma’lum vaqtga kechikib ro‘y bergan. Bunga sabab, yorug‘lik tezligining chekli va ikkinchi holatda Yer orbitasining diametriga teng bo‘lgan qo‘shimcha masofani o‘tishidadir. Ikkinchi holatda Yupiter yo‘ldoshi tutilishining kechikish vaqti D*t* ni aniqlagan K. Ryomer Yer orbitasining diametri (*D*) yordamida yorug‘liknin g tezligini $c = \frac{D}{t}$ ifoda yordamida hisoblagan. O‘sha davrda Yer orbitasi diametrining kattaligi uncha aniq hisoblanmaganligi, vaqtni o‘lchashda ma’lum xatoliklarga yo‘l qo‘yilganligi sababli O . Ryomer yorug‘lik tezligining aniq qiymatini

topolmagan. Yorug‘lik tezligini katta aniqlikda hisoblash 1849- yilda fransuz fizigi I. Fizoga nasib etgan. I. Fizo yorug‘likning bo‘shliqdagi tezligi uchun 300 000 km/s ga yaqin qiymatni topgan. Keyinchalik Fizo foydalangan usul amerikalik fizik A.Maykelson (1852–1931) tomonidan takomillashtirilgan.

A.Maykelson tajribasi. Maykelson o‘z tajribalarini, oralaridagi masofa katta aniqlikda o‘lchangan ikkita tog‘ cho‘qqisi (Antonio va Vilson) yordamida o‘tkazgan. Cho‘qqilardan birida o‘rnatilgan manbadan chiqqan yorug‘lik tirqishdan o‘tib, sakkiz qirrali prizmaga tushadi. Prizmaning qirrasidan qaytgan yorug‘lik ikkinchi cho‘qqida o‘rnatilgan botiq ko‘zguga yo‘naladi. Undan qaytgan yorug‘lik ko‘zgudan qaytib yana botiq linzaga tushadi va yana bir karra qaytib, sakkiz qirrali prizmaning ikkinchi qirrasiga tushadi. Prizmadan qaytgan yorug‘lik ko‘rish trubasi yordamida kuzatilgan. prizma shunday tezlik bilan harakatlantirilganki, u 1/8 qismga aylanganda yorug‘lik 2ta masofani o‘tgan. Faqat shu holdagina ko‘rish trubasida tirqish uzluksiz ravishda ko‘rinib turadi. Maykelson ham o‘z tajribasida yorug‘lik tezligi uchun 300 000 km/s ga yaqin qiymatni topgan. Bundan tashqari, Maykelson yorug‘likning nafaqat vakuumdagi, balki boshqa muhitlardagi tezliklarini ham aniqlagan. U o‘z tajribalari natijasidan quyidagi xulosalarni chiqargan: birinchidan, yorug‘likning bo‘shliqdagi tezligi uning boshqa muhitlardagi tezliklaridan katta; ikkinchidan, yorug‘likning tezligi manbaning tezligiga bog‘liq emas.

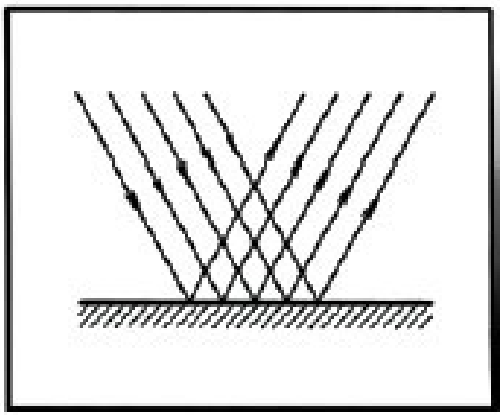
Yorug‘lik tezligining qiymati. Shunday qilib, yorug‘likning tezligi nimaga teng? Tabiatda yorug‘likning vakuumdagi tezligidan kattaroq tezlik mavjud emas. U c = (299792,5 ± 0,4)km/s ga teng. Shunday qilib, elektromagnit to‘lqinlar vakuumda c = 300 000 km/s tezlik bilan tarqalar ekan.

Yorug’likning to’g’ri chiziq bo’ylab tarqalish qonuni. Yorug‘lik nuri geometrik tushunchadir. *Yo‘nalishlari fazoning ixtiyoriy nuqtasida yorug‘lik energiyasining ko‘chish yo‘nalishi bilan ustma-ust tushadigan geometrik chiziq yorug'lik nuri deyiladi.* Nuqtaviy manba qarshisidagi jismlar soyalarining hosil bo‘lishi bu qonunning to‘g‘riligini isbotlaydi. (82- rasm). Soyaning o’rta qismi to’la qorong’u qismini ***soya***, nimqorong’u qismini ***yarim soya*** deb ataladi(83-



Rasm Rasm 83

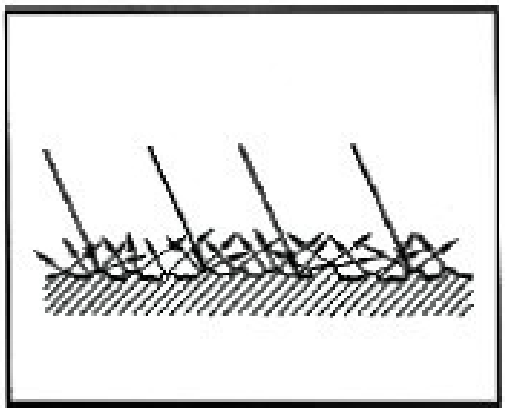
rasm). Tabiatda soya va yarim soya hosil bo‘lishini katta masshtabda Quyosh va Oy tutilishida kuzatish mumkin. Ularning harakati davomida qandaydir momentda Yer va Quyosh oralig‘iga Oy tushib qolsa, Oy Quyoshdan keluvchi nurlarni to‘sib qoladi. Shunda ***Quyosh tutilishi*** ro‘y beradi. Yer va Oy harakati davrida Oy va Quyosh oralig‘iga Yer tushib qolsa, ***Oy tutilishi*** ro‘y beradi. Oy o‘zidan yorug‘lik chiqarmaydi. U faqat Quyoshdan tushgan yorug‘likni qaytaradi. Oyga tushayotgan Quyosh nurini Yer to‘sib qolganda Yerning soyasi Oyga tushadi. Yerning atmosferasi bo‘lmaganda edi, Oy tutilishi davrida u ko‘rinmay qolar edi. Yer atmosferasi Quyosh nurlarini sochib yuborganligi tufayli Oyning tutilishi davrida qizg‘ish disk shaklida ko‘ramiz. Oy tutilishi sababi ma’lum bo‘lmagan davrda, odamlarda qo‘rqinch paydo bo‘lgan. Uni tushuntirish uchun turli rivoyat va afsonalar to‘qishgan. Hozirgi kunda Quyosh va Oy tutilishini ancha oldin, qayerda, qachon va qanday ko‘rinishda bo‘lishi aytib beriladi. Shunga ko‘ra olimlar bu hodisani



o‘rganish uchun tayyorgarlik ko‘rishadi. Quyosh to‘la tutilganda, boshqa vaqtda ko‘rinmaydigan «*Quyosh toji*» ni kuzatish mumkin. Yerning o‘z o‘qi atrofida aylanishi tufayli kun va tun almashinadi. Oy ham o‘z o‘qi atrofi da aylanadi. Oyning kunduzgi yorug‘ tushib turgan qismi bizga ko‘rinib, yorug‘ tushmagan qismi ko‘rinmaydi. Uni Oy tutilishi bilan adashtirmaslik kerak.

Yorug’likning qaytish qonuni. Yorug‘lik bir jinsli muhitda to‘g‘ri chiziqli tarqaladi. Ikki xil muhit chegarasida nur o‘zining yo‘nalishini o‘zgartirib, bir qismi birinchi muhitga qaytadi. Bu hodisa ***yorug'likning qaytishi*** deb ataladi. Yorug‘likning qolgan qismi esa ikkinchi muhitga o‘tib, uning ichida tarqalishni davom ettiradi. Ikki muhit orasidagi chegaraning xossalari qanday bo‘lishiga qarab, qaytishning xarakteri turlicha bo‘lishi mumkin. Agar chegara

Rasm 84



notekisliklarining o‘lchami yorug‘lik to‘lqinining uzunligidan kichik bo‘lsa, bunday sirt ***ko'zgusimon sirt*** deb ataladi. Ana shunday sirt (masalan, silliq shisha sirti, yaxshilab jilolangan metall sirti, simob tomchisining sirti va boshqalar)ga ingichka parallel nurlar dastasi tarzida

Rasm 85

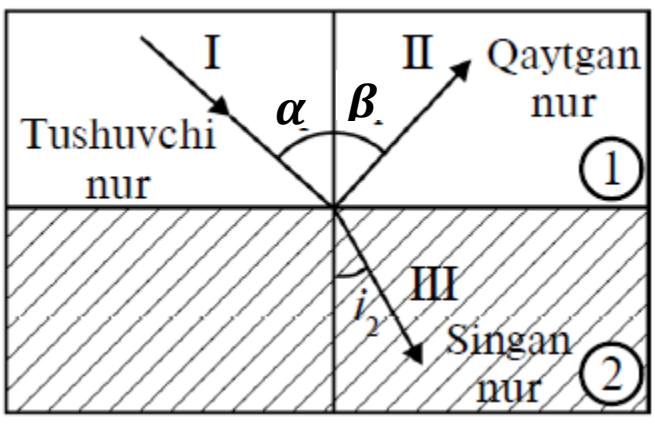
tushadigan yorug‘lik nurlari sirtdan qaytgandan keyin ham parallel nurlar dastasi ko‘rinishida qoladi. Yorug‘likning bunday qaytishi ***tekis (ko’zgusimon) qaytish*** deyiladi (84- rasm). Yorug‘likni tekis qaytaruvchi sirt ***ko'zgu*** deb ataladi. Yorug‘lik nurlari qaytgandan keyin turli yo‘nalishlarda tarqaladi. Bunday qaytish ***tarqoq qaytish*** (yoki ***diffuz qaytish)*** deb ataladi (85- rasm). O‘zi yorug‘lik tarqatmaydigan buyumlarni ulardan yorug‘likning xuddi shu tarqoq qaytishi tufayligina ko‘ramiz. Hatto juda silliq sirtdan ham yorug‘lik juda oz darajada sochiladi. Aks holda biz bunday jismlarning sirtini ko‘ra olmagan bo‘lar edik. *Yorug‘likning qaytishi quyidagi qonunga bo‘ysunadi: 1) tushuvchi nur va ikki muhit chegarasida nurning tushish nuqtasidan chiqarilgan perpendikulyar qaysi tekislikda yotsa, qaytgan nur ham shu tekislikda yotadi; 2) qaytish burchagi tushish burchagiga teng bo‘ladi, ya’ni:* $\boldsymbol{\alpha = \beta}$

Yorug’likning sinish qonuni. Yorug‘lik nuri bir shaffof muhitdan ikkinchi shaffof muhitga o‘tish chegarasida o‘zining yo‘nalishini o‘zgartiradi. Bu hodisa ***yorug‘likning sinishi*** deb ataladi. Yorug‘likning sinishiga sabab turli muhitlarda yorug‘lik tezligining turlicha bo‘lishidir. Ikki muhit chegarasida yorug‘likning sinishi quyidagi qonunlarga bo‘ysunadi: 1. ***Tushuvchi α va ikki muhit chegarasida nurning*** *tushish nuqtasiga o‘tkazilgan normal qaysi tekislikda yotsa, singan nur* $\boldsymbol{\alpha}$ *ham shu tekislikda yotadi.* **(86- rasmga q.)**

2. Tushish burchagi bilan sinish burchagi har qanday o‘zgarganda ham tushish burchagi sinusining sinish burchagi sinusiga nisbati shu ikkala muhit uchun o‘zgarmas kattalik bo‘lib, ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan nisbiy sindirish ko ‘rsatkichi deyiladi:

$$\frac{\boldsymbol{\sin \alpha}}{\boldsymbol{\sin \gamma}} = \boldsymbol{n_{2,1}}$$

Bunda γ*-sinish burchagi,* α*-tushish burchagi,* $n_{2,1}$ – ikkinchi muhitning birinchisiga nisbatan nisbiy sindirish ko‘rsatkichi. Burchaklarni belgilashdagi indekslar yorug‘lik nuri qaysi muhitda harakatlanayotganligini ko‘rsatadi. (86- rasmga q.).



Ikki muhitning nisbiy sindirish ko‘rsatkichi ularning absolut sindirish ko‘rsatkichlarining nisbatiga teng:

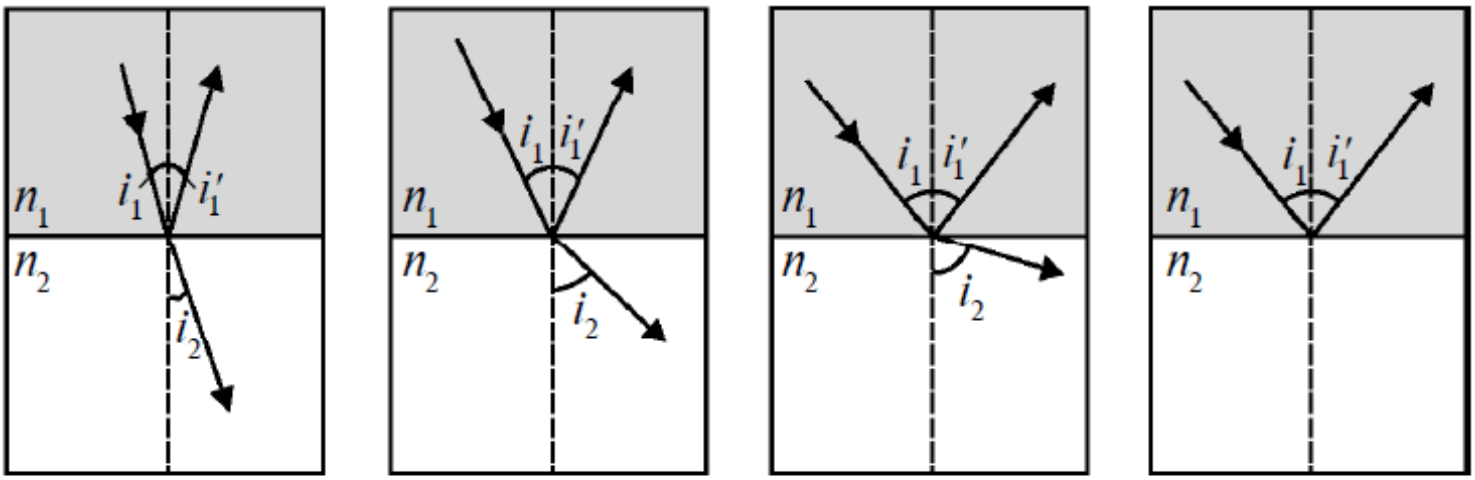
$$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1}$$

Muhitning absolut sindirish ko‘rsatkichi. *Muhitning absolut sindirish ko‘rsatkichi deb, uning vakuumga nisbatan olingan sindirish ko‘rsatkichiga aytiladi. U yorug‘likning bo‘shliqdagi tezligi c ning shu muhitdagi tezligi ϑ ga nisbati bilan aniqlanadi, ya’ni:*

$$n = \frac{c}{\vartheta}$$

ga teng.

Rasm 85



a) b) d) e)

To’la ichki qaytish. Yorug‘lik nuri sindirish ko‘rsatkichi katta bo‘lgan muhitdan sindirish ko‘rsatkichi kichik bo‘lgan muhitga tushganida to’la ichki qaytish hodisasini kuzatish mumkin. Tushish burchagi o‘zining chegaraviy qiymatiga yaqinlashgan sari sinuvchi nurning intensivligi kamayib, qaytuvchi nurning intensivligi ortib boradi (87 - *a*, *d* rasmlar). $\alpha = \alpha_{cheg}$. da esa sinuvchi nurning intensivligi nolga teng bo‘ladi, tushuvchi va qaytuvchi nurning intensivligi tenglashadi (87- *d* rasm). Demak, *tushish burchagining* α_{cheg}. *dan* $\pi/2$ *gacha bo‘lgan oraliqdagi qiymatlarida yorug‘lik nuri sinmay to‘laligicha qaytadi va bunda tushuvchi va qaytuvchi nurlarning intensivliklari teng bo‘ladi.* Bu hodisaga ***to‘la qaytish*** deyiladi.

Yorug’likning o’zi nima, uning tabiati qanday degan masalaga oid mutlaqo har-xil ikki nazariya paydo bo’ldi va rivojlana boshladi. Bu nazariyalardan biri Nyuton nomi bilan, ikkinchisi esa Gyuygens nomi

bilan bog'liq. Nyuton yorug'likning korpuskulyar nazariyasi ijodchisi edi, bu nazariyaga ko'ra *yorug'lik — nurlanayotgan jism chiqaradigan va fazoda to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaladigan korpuskulalar (zarrachalar) oqimidan iborat*. Gyuygensning tasavvurlariga ko'ra *yorug'lik – alohida, faraziy muhitda – butun fazoni to'ldiruvchi va barcha jismlarning ichiga singuvchi efirda tarqaladigan to'lqindan iborat.* Ikkala nazariya ham aloxida – aloxida holda uzoq vaqt mavjud bo'lib keldi. Ularning hech biri ham ikkinchisi ustidan g'alaba qozona olmadi. Nyutonning obro'sigina ko'pchilik olimlarni korpuskulyar nazariyani afzal ko'rishga majbur etdi. Xo'sh qaysi nazariya to'g'ri? Bularni quyida chuqurroq o'rganib chiqaylik

Yorug'likning to'lqin tabiati yoxud Gyuygensning yorug'lik to'lqin nazariyasi:

Bu tasavvurga binoan, yorug'lik suvning yoki boshqa suyuqliklarning sirtida kuzatiladigan to'lqinlarga o'xshash to'lqinlardan iborat. Ammo u yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalishi to'g'risidagi qonunni tushuntira olmagan.Shuning uchun ham uzoq vaqtlargacha yorug'likning korpuskular nazariyasi yorug'likning to'lqin nazariyasiga nisbatan ustun bo'lib kelgan. Lekin yorug'likning interferensiyasi va difraksiyasini korpuskular nazariya asosida tushuntirishning iloji bo'lmagan. Aynan shu hodisalar haqida mulohaza yuritgan ingliz fizigi R.Guk (1635—1703) va gollandiyalik fizik X.Gyuygens (1629—1695) yorug'likning to'lqin tabiatiga egaligi haqidagi fikrlarni olg'a surishgan. To'lqin nazariyaga muvofiq yorug'lik to'lqinlari elastik to'lqinlardan iborat bo'lib, *efir* deb ataluvchi maxsus muhitda tarqalishi lozim bo'lgan. Ya'ni mexanik to'lqinlar suv sirtida tarqalganidek, yorug'lik to'lqinlari efirda tarqaladi, deb hisoblangan.

⇨ *Gyuygens prinsipi - Muhitning yorug'lik to'lqini yetib borgan har bir nuqtasi ikkilamchi to'lqinlarning nuqtaviy manbayi bo'ladi.*

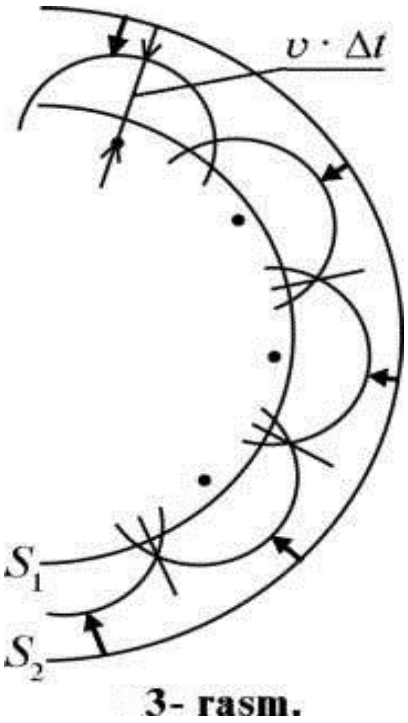
Ikkilamchi to'lqinlarga urinma sirt keyingi paytdagi to'lqinlar sirti bo'lib (107- rasm), tarqalayotgan to'lqinlarning shu ondagi to'lqin frontini ko'rsatadi. Bir fazada tebranayotgan muhit nuqtalarining geometrik o'rni *to 'lqin sirti,* qaralayotgan vaqtda tebranish yetib borgan nuqtalarning geometrik o'rni esa *to'lqin fronti* deyiladi. Frontning shakliga qarab, to'lqinlar *yassi* va *sferik* to'lqinlarga ajratiladi. Bir jinsli, izotrop muhitda tarqalayotgan sferik to'lqinning t vaqtdagi fronti S_l bo'lsin. Gyuygens prinsipiga asosan, S_l da yotgan nuqtalarning har biri $\vartheta \cdot \Delta t$ radiusli sferik to'lqinlarning ikkilamchi nuqtaviy manbayiga aylanadi va $t + \Delta t$ paytdagi to'lqin fronti bu ikkilamchi to'lqinlarga

urinma sirtdan iborat bo‘ladi. Shu bilan birga yorug‘lik to‘lqinlari elektromagnit to‘lqinlardan iboratligi ham bizga ma’lum. Yuqoridagilardan ko’rinadiki yorug’likning to’lqin nazariyasi to’g’ri faqat uning yutuq va kamchiliklari mavjud.

Yorug’likning to’lqin nazariyasi asosida tushuntiriladigan hodisalar:

1) Yorug’likning interferensiyasi hodisasi
2) Yorug’likning difraksiyasi hodisasi
3) Yorug’likning dispersiyasi hodisasi
4) Yorug’likning qutblanish hodisasi

⇨ ***Yorug’likning to’lqin nazariyasi asosida tushuntirib bo’lmaydigan hodisalar:***



3- rasm.

1) Yorug’likning bosimi
2) Kompton effekti
3) Fotoeffekt hodisasi

Yorug’likning korpuskulyar (zarracha) tabiati yoxud Nyutonning yorug’lik korpuskulyar nazariyasi:

Yorug‘likning tabiati haqidagi fikrlar doimo olimlarning diqqat markazida bo‘lgan. Kundalik hayotimiz uchun shu qadar muhim ahamiyatga ega yorug‘likning nimaligini bilish barcha uchun qiziqarli hisoblangan. Xo‘sh, yorug‘lik o‘zi nima? Bu savolga birinchi bo‘lib aniq javob bergan kishi I. Nyuton hisoblanadi. U, *yorug‘lik — nurlanayotgan jism chiqaradigan va fazoda to‘g‘ri chiziq bo ‘ylab tarqaladigan korpuskulalar (zarrachalar) oqimidan iborat,* degan g‘oyani ilgari surgan. Nyuton bu g‘oya asosida yorug’lik nurini bir to’g’ri chiziq bo’ylab tarqaluvchi zarrachalar sifatida tasavvur etib, yorug’likning to’g’ri chiziq bo’ylab tarqalishi, yutilishi, sinishi, qaytishi qonunlarini o’zini yorug’likning korpuskulyar nazariyasi asosida tushuntirib berdi. Yuqoridagilardan ko’rinadiki yorug’likning korpuskulyar nazariyasi to’g’ri faqat uning yutuq va kamchiliklari mavjud. Yutuqlari ushbu nazariya yorug’lik hodisalarini tushuntirib bera olishi, kamchiliklari esa hodisalarni tushuntirib bera olmasligidadir.

⇨ ***Yorug’likning kvant nazariyasi asosida tushuntiriladigan hodisalar:***

1) Yorug'likning bosimi
2) Kompton effekti
5) Fotoeffekt hodisasi

⇨ ***Yorug'likning kvant nazariyasi asosida tushuntirib bo'lmaydigan hodisalar :***

1) Yorug'likning interferensiyasi hodisasi
2) Yorug'likning difraksiyasi hodisasi
3) Yorug'likning dispersiyasi hodisasi
4) Yorug'likning qutblanish hodisasi

Yorug'likning korpuskulyar – to'lqin dualizmi :

Nyuton yorug'lik nurini bir to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaluvchi zarrachalar sifatida tasavvur etib, yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalishi, yutilishi, sinishi, qaytishi qonunlarini o'zini yorug'likning korpuskulyar nazariyasi asosida tushuntirib berdi, biroq yorug'lik difraksiyasi va interferensiyasi hodisalarini tushuntirib bera olmadi. Bu hodisalarni geometrik optika doirasida tushuntirishning iloji bo'lmagani sababli, ingliz fizigi R. Guk va gollandiyalik olim X. Gyuygens yorug'likning to'lqin tabiati haqidagi nazariyani olg'a surishgan. M. Faradey o'z tajribalari natijalariga ko'ra bu to'lqinlar elektromagnit to'lqinlarga aloqador, degan fikrga kelgan. J. Maksvell nazariy asosda, G. Gers esa tajribada elektromagnit to'lqinlarning bo'shliqda yorug'lik tezligiga teng bo'lgan tezlik bilan tarqalishini isbotlaganlar. Natijada, yorug'lik elektromagnit to'lqinlardan iborat, degan xulosaga kelishdan boshqa iloj qolmagan. Gers elektromagnit to'lqinlarni tajribada aniqlagandan keyin yorug'likning to'lqin kabi tarqalishiga hech qanday shubxa qolmadi.Bunga hozir ham shubxa yo'q. Shu tariqa Yorug'likning to'lqin nazariyasi uzil kesil va to'la g'alaba qilgandek bo'ldi. Ammo XX asr boshida yorug'likning tabiati to'g'risidagi tasavvurlar tubdan o'zgardi. Rad etilgan korpuskulyar nazariya xar holda haqiqatga yaqin ekanligi ma'lum bo'lib qoldi.Yorug'likning uzlukli ekanligi, ya'ni unda kvant xossalari borligi payqaldi. Odatdagidan tashqari axvol ro'y berib qoladi: yorug'lik interferensiyasi va difraksiyasini ilgarigidek, yorug'likni to'lqin deb, nurlanish va yutilish hodisalarini esa zarrachalar oqimi deb izohlash mumkin edi. Shunday qilib, yorug'likda go'yoki bir-birini inkor etuvchi ikkita: to'lqin va korpuskular tabiatning uyg'unligi namoyon bo'ldi. Ayni paytda, ular bir-birini to'ldirib, yorug'lik bilan bog'liq bo'lgan barcha jarayonlarni tushuntirib bera oldi. Yorug'likning tabiati haqidagi har ikkala nazariyani bir-biriga qarama-qarshi qo'yish emas, balki bir-birini to'ldiruvchi nazariyalar sifatida qarash joizdir. Ularning har biri ma'lum sharoitda o'zlarini namoyon

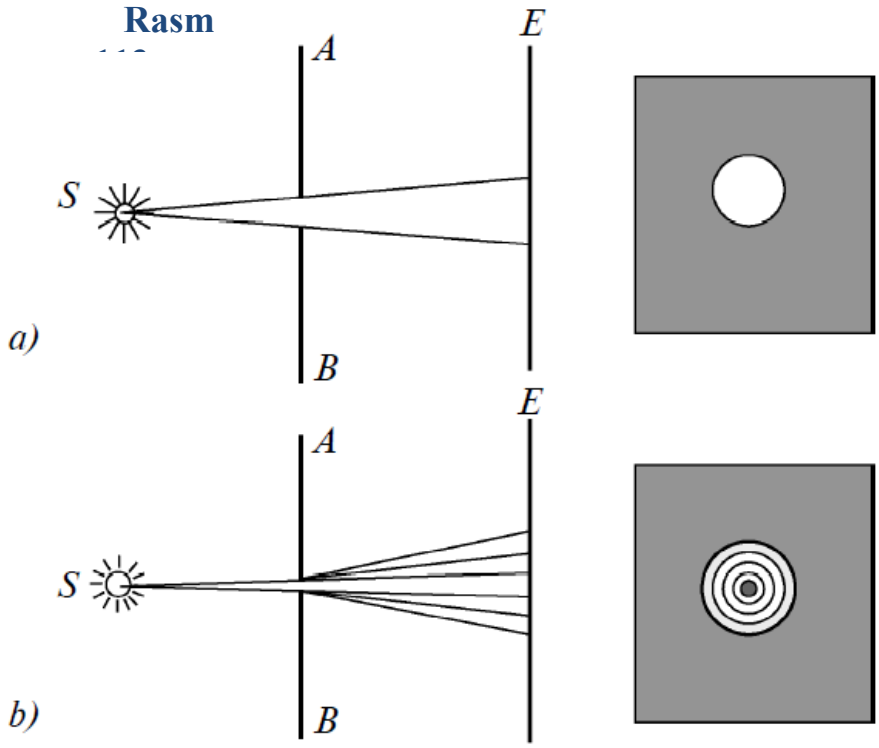
qilishadi. Masalan, to‘lqin uzunligi katta va demak, energiyasi kichik bo‘lsa, yorug‘likning to‘lqin tabiati namoyon bo‘ladi. Aksincha, to‘lqin uzunligi kichik va demak, fotonning energiyasi va impulsi katta bo‘lsa, yorug‘likning korpuskular tabiati yaqqol namoyon bo‘ladi. Shunday qilib, yorug‘lik materiyaning murakkab shakli bo‘lib, u ikki xil: ham korpuskular, ham to‘lqin tabiatiga egadir. Bunga yorug‘likning *korpuskular- to‘lqin dualizmi* deyiladi.

Yorug’likning elektromagnit to’lqin tabiati: Bizga ma’lumki, Maksvell g‘oyasiga muvofiq yorug‘lik muhitda $\vartheta = \frac{c}{\sqrt{\mu\varepsilon}}$ tezlik bilan tarqaladigan elektromagnit to‘lqinlardan iboratdir. Bu yerda c – yorug‘likning bo‘shliqdagi tezligi, ε – muhitning dielektrik singdiruvchanligi, μ – muhitning magnit kirituvchanligi. Yorug‘likda E va B vektorlar o‘zaro perpendikular va ular yorug‘likning tarqalish yo‘nalishiga ham perpendikular yo‘nalgan. Ular bir paytda o‘zlarining maksimal va minimal qiymatlariga erishadi va garmonik qonunlarga muvofiq o‘zgaradi.

24. YORUG'LIKNING DIFRAKSIYASI

To‘lqinlar difraksiyasi. Difraksiya so‘zi lotincha *diffractus* – singan, yo‘nalishini o‘zgartirgan, degan ma’noni anglatadi. Shuning uchun ham to‘lqinlar difraksiyasi deganda ularning to‘siqni aylanib o‘tishi nazarda tutilgan. Aynan shu difraksiya sharofati bilan to‘lqinlar geometrik soya sohasiga yetishi, to‘siqlarni aylanib o‘tishi, kichkina tirqishdan o‘tib ekranga tushishi va shunga o‘xshashlar ro‘y berishi mumkin. Tovushning pana joyda eshitilishi ham tovush to‘lqinlari difraksiyasining natijasidir.

Rasm

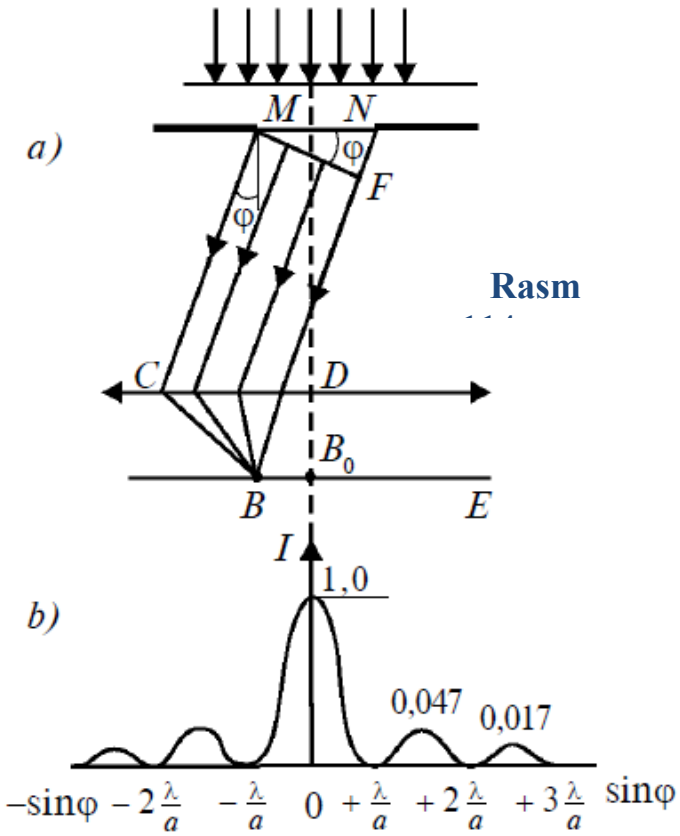


Yorug‘lik difraksiyasi. Yuqoridagidek hollar yorug‘lik bilan ham ro‘y beradimi, degan savol tug‘iladi. Buning uchun sxemasi 113- rasmda ko‘rsatilgandek tajriba o‘tkazamiz. Yorug‘lik manbayi qarshisida kichkina tirqishli *AB* to‘siq turgan bo‘lsin. *E* ekranda tirqishning soyasi, yorug‘ dog‘ hosil bo‘ladi (113- *a* rasm). Endi *AB* to‘siqdagi tirqishni kichraytira boramiz. Tirqishning o‘lchamlari *AB* to‘siq va ekrangacha bo‘lgan masofadan minglab marta kichik bo‘lganda ekranda yorug‘ va qorong‘i aylanalardan iborat murakkab manzara vujudga keladi (113- *b* rasm). Bunday manzarani faqat yorug‘likning difraksiyasigina vujudga keltirishi mumkin. Yorug‘lik difraksiya manzarasini vujudga keltirar ekan, demak, u to‘lqin tabiatiga ega bo‘ladi. Shuning uchun ham difraksiya hodisasi yorug‘likning to‘lqin tabiatiga egaligini ko‘rsatuvchi jarayonlardan biri hisoblanadi. *Yorug‘lik to‘lqinlarining to‘siqni aylanib o‘tishi va geometrik soya tomonga og‘ishi* ***yorug‘lik difraksiyasi*** *deyiladi.* Demak, to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalishdan har qanday chetlashish yorug‘lik difraksiyasining natijasi bo‘lib, uning to‘lqin tabiatiga egaligini isbotlaydi.

Gyuygens–Frenel prinsipi. Biz endi 113- *a* rasmdagi manzara haqida chuqurroq mulohaza yuritaylik. Agar yorug‘lik to‘lqin tabiatiga ega bo‘lsa, unda yorug‘ dog‘ chegarasining keskin bo‘lishini qanday tushuntirish mumkin? Xuddi shunday mulohazani yorug‘lik manbayi qarshisidagi jism soyasining keskin bo‘lishi haqida ham aytish mumkin. Gyuygens prinsipi yuqorida keltirilgan muammoni yechishga ojizlik qiladi. Chunki u to‘lqin amplitudasi va, demak, to‘lqin intensivligining yo‘nalishlar bo‘yicha taqsimoti haqidagi masalani qaramaydi.

Gyuygens prinsipiga binoan, *to‘lqin fronti yetib borgan har bir nuqtani mustaqil tebranish manbayi sifatida qarash mumkin.* Fransuz fizigi O.Frenel (1788–1827) bu prinsipni to‘ldirib, fazoning istalgan nuqtasidagi tebranishlarni, *to‘lqin frontining bo‘laklaridan iborat mavhum manbalar chiqaradigan ikkilamchi to‘lqinlar interferensiyasining natijasi sifatida*

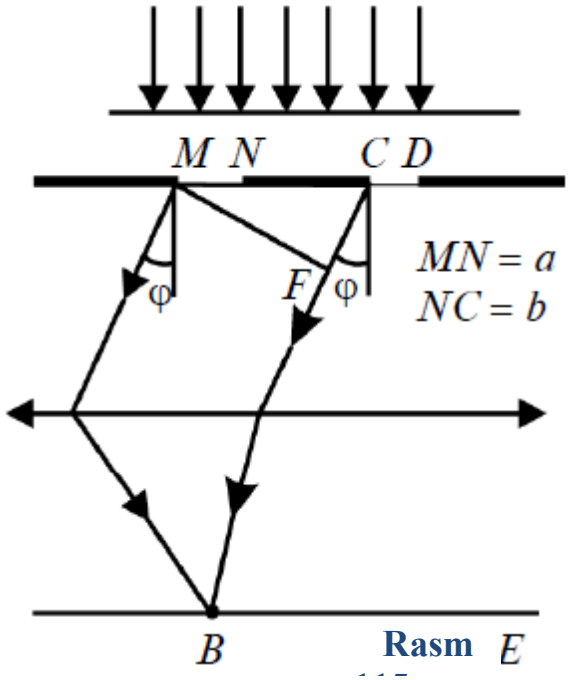
qarash mumkin, degan qo‘shimcha kiritdi. Uning fikriga ko‘ra, *bu mavhum manbalar kogerent to‘lqinlar chiqaradi va ular fazoning istalgan nuqtasida interferensiyaga kirishib, bir-birlarini kuchaytirishlari yoki so‘ndirishlari mumkin.* Frenel o‘z prinsipiga binoan, to‘lqin frontini shunday bo‘laklarga (Frenel zonalariga) bo‘lishni taklif qildiki, bunda qo‘shni zonalardan qaralayotgan nuqtaga yetib kelayotgan to‘lqinlarning fazalari qarama-qarshi, ya’ni $\Delta\varphi = \pi$va demak, yo‘l farqi $\Delta S = \lambda/2$ ga teng bo‘lsin. Natijada ikkita qo‘shni zonaning qaralayotgan nuqtada hosil qiladigan tebranishlari bir-birlarini so‘ndiradi.



Rasm

Parallel nurlar dastasining yakka tirqishdagi difraksiyasi. Difraksion panjara. ***Parallel nurlar dastasining yakka tirqishdagi difraksiyasi.*** Nemis fizigi I.Fraungofer (1787–1826) katta amaliy ahamiyatga ega bo‘lgan parallel nurlar dastasining difraksiyasini o‘rgandi. Shuning uchun ham bu difraksiyaga ba’zan *Fraungofer difraksiyasi* deyiladi. Yassi monoxromatik yorug‘lik to‘lqini kengligi *a* bo‘lgan tirqish tekisligiga tik tushayotgan bo‘lsin (114- *a* rasm). Tirqishda φ burchakka og‘ib harakatlanayotgan che kka *MC* va *ND* nurlar orasidagi optik yo‘l farqi $\delta = NF = asin\varphi$ ga teng bo‘ladi. Bu yerda *F* nuqta – *M* nuqtadan *ND* nurga tushirilgan perpendikularning asosi. *MN* tirqish tekisligidagi to‘lqin sirtining ochiq qismini tirqishning *M* qirrasiga parallel bo‘lgan tasma ko‘rinishidagi Frenel zonalariga bo‘lamiz. Har bir zonaning kengligi ularning chekkalari uchun yo‘l farqi $\lambda/2$ ga teng bo‘ladigan qilib tanlanadi. ($\delta = NF = asin\varphi$) ifodadan ko‘rinib turibdiki, tirqishda joylashadigan zonalar soni φ burchakka bog‘liq bo‘ladi. O‘z navbatida, ikkilamchi to‘lqinlar qo‘shilishining natijasi esa Frenel zonalarining soniga bog‘liq. Bizga ma’lumki,har bir juft qo‘shni Frenel zonalari vujudga keltiradigan tebranishlar amplitudasi nolga teng, chunki qo‘shni zonalarning tebranishlari bir-birlarini so‘ndiradi.

Difraksion panjaraning tuzilishi. Endi ko‘plab tirqishlardan iborat sistema bilan tanishaylik. *Bir tekislikda yotgan, kengliklar i teng noshaffof sohalar bilan ajratilgan parallel tirqishlardan iborat sistema* ***difraksion panjara*** *deyiladi.* Agar tirqishning kengligini *a*, noshaffof sohaning kengligini *b* deb olsak, *d = a + b kattalik difraksion panjaraning doimiysi* (davri) deyiladi. 115- rasmda difraksion panjara ko‘rsatilgan. Garchi rasmda soddalik uchun ikkita tirqish – ***MN = CD = a*** va ***NC = b*** ko‘rsatilgan bo‘lsa-da, u difraksion panjara to‘g‘risida tasavvurga ega bo‘lish uchun yetarli.



Rasm

Difraksiyadan foydalanish. Difraksiya hodisasidan fan va texnikada keng foydalaniladi. Misol sifatida difraksion panjara asosida ishlaydigan spektrograflarni keltirish mumkin. Bunday qurilmalar yordamida moddalarning tarkibi va sifati haqida tasavvurga ega bo‘lish mumkin. Ayniqsa, to‘lqin uzunligini aniqlash zarur bo‘lgan spektral analizda difraksion panjaradan juda keng foydalaniladi. $dsin\alpha = k\lambda$ formuladan ko‘rinib turibdiki, yorug‘likning to‘lqin uzunligini topish uchun j difraksiya burchagini aniqlash kifoya. Chunki panjara doimiysi *d* va bosh maksimumlar tartibi *k* ma’lum bo‘ladi. Panjara doimiysi *d* qancha kichik bo‘lsa, bosh maksimumlar shuncha yaqqol ajralgan bo‘lib, to‘lqin uzunligini shuncha aniq o‘lchash imkoni tug‘iladi. Difraksion panjara ham barcha spektral asboblar kabi ajrata olish kuchi bilan xarakterlanadi. Bu xarakteristika asbobning ikkita eng yaqin, λ va $\lambda + \Delta\lambda$ to‘lqin uzunlikli spektral chiziqlarni ajrata olish qobiliyati bilan aniqlanadi. Bu spektral chiziqlar o‘zlaridan kengroq bitta maksimumga qo‘shilib ketmasagina ularni ajratib olish mumkin bo‘ladi. Panjara ajrata olish qobiliyatining o‘lchovi sifatida quyidagi ifodadan foydalaniladi: $\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN$ bu yerda *N* – panjaradagi shtrixlar soni. Keltirilgan ifodadan ko‘rinib turibdiki, difraksion panjaraning ajrata olish qobiliyati undagi shtrixlar soniga bog‘liq. Foydalanilishiga qarab zamonaviy difraksion panjaralardagi shtrixlar soni 1 mm da 6000 dan 0,25 ta gacha bo‘lishi mumkin. Bunday panjaralar yordamida spektrning ultrabinafsha qismidan infraqizil qismigacha bo‘lgan soha o‘rganiladi.

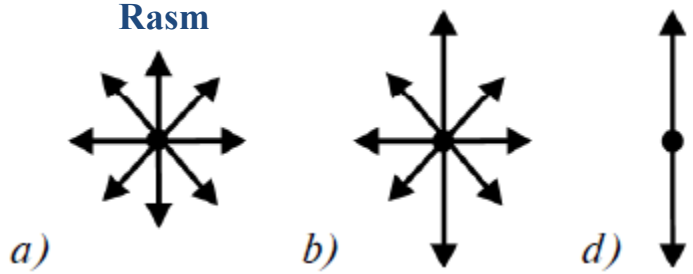
Gologrаfiya tarixidan. *Gologrаfiya (yunoncha – to‘la yozuv) – interferensiya manzarasi yordamida yozuvni va to‘lqin maydonini qayta*

tiklashning maxsus usuli. Bu usul interferensiya va difraksiya qonunlariga asoslangan. Jismlarning fazoviy tasvirini qayd qilishning va qayta tiklashning bu yangi usuli 1947- yilda ingliz fizigi D.Gabor (1900–1979) tomonidan kashf qilingan. Bu kashfiyoti uchun D.Gabor 1971- yilda Nobel mukofotiga sazovor bo‘ldi. **Gologramma hosil qilish.** *Gologramma deb, fotoplastinkada qayd qilingan tayanch va jism to‘lqinlari hosil qilgan interferension manzaraga aytiladi.*

25. ELEKTROMAGNIT TO‘LQINLARNING MODDA BILAN TA’SIRI

Tabiiy yorug‘lik. Bizga ma’lumki, Maksvell nazariyasiga

Rasm



muvofiq, yorug‘lik ko‘ndalang to‘lqinlardan iborat bo‘lib, elektr va magnit maydon kuchlanganliklarining vektorlari E va H o‘zaro perpendikular va to‘lqin tarqalish tezligi vektoriga perpendikular tekislikda tebranadi Shuning uchun ham yorug‘likning qutblanish qonunlarini o‘rganishda faqatgina bitta vektorni o‘rganishning o‘zi yetarlidir. Odatda, mulohazalar yorug‘lik vektori deb ataluvchi elektr maydon kuchlanganligi vektori E to‘g‘risida yuritiladi. Yorug‘lik ko‘plab atomlar tomonidan chiqariladi va ko‘plab elektromagnit nurlanishlarning yig‘indisidan iborat bo‘ladi. Bu nurlanishlar mustaqil ravishda amalga oshirilgani uchun yorug‘lik vektorining hamma yo‘nalishlar bo‘yicha taqsimoti bir xil bo‘ladi (116-*a* rasm). E vektori barcha yo‘nalishlar bo‘yicha teng taqsimlangan yorug‘lik *tabiiy yorug‘lik* deyiladi.

Qutblangan yorug‘lik. *Yorug‘lik vektori tebranish yo‘nalishining tekis taqsimoti biror usul bilan o‘zgartirilgan yorug‘lik* ***qutblangàn yorug‘lik*** *deyiladi.* Aytaylik, qandaydir tashqi ta’sir natijasida E vektor tebranishining biror yo‘nalishi boshqa yo‘nalishlarga nisbatan ustunroq bo‘lsin (116- *b* rasm). U holda bunday yorug‘lik *qisman qutblangan yorug‘lik* deyiladi. E vektorining tebranishi faqat bitta yo‘nalishda ro‘y beradigan yorug‘lik *yassi qutblangan (chiziqli qutblangan) yorug‘lik* deyiladi (116- *d* rasm).Yassi qutblangan yorug‘lik E vektorining

tebranish va to‘lqin tarqalish yo‘nalishlari yotuvchi tekislik *qutblanish tekisligi* deyiladi.

Qutblagichlar. Yorug‘lik to‘lqini holida «tirqishli to‘siq» vazifasini ba’zi kristallar, masalan,*turmalin* o‘tashi mumkin. Bunday kristallar anizotropik xususiyatlarga ega bo‘lganliklari uchun, yorug‘lik tebranishining ma’lum yo‘nalishidagisini o‘tkazib, boshqalarini o‘tkazmaydi. Boshqacha aytganda, ular yorug‘likni qutblash xususiyatiga ega va shuning uchun ular *qutblagichlar* deyiladi. Yorug‘lik to‘lqinining qutblanish xususiyatiga egaligi uning ko‘ndalang to‘lqin ekanligini isbotlaydi.

Qutblanishdan foydalanish. Qutblanish hodisasi xalq xo‘jaligida juda keng qo‘llaniladi. Bularga mexanik yuklanish natijasida vujudga keladigan elastik kuchlanish joylarini aniqlash, tovushni yozish va eshittirish kabi tez o‘tadigan jarayonlarni o‘rganish misol bo‘ladi.Tajribalarning ko‘rsatishicha, ba’zi kristallar va organik moddalarning eritmalaridan qutblangan yorug‘lik o‘tganida qutblanish tekisligining burilishi kuzatiladi. *Qutblanish tekisligini burovchi moddalar* ***optik faol moddalar*** *deyiladi.* Bunday moddalarga kvars, shakarning suvdagi eritmasi va boshqalar misol bo‘ladi. Aynan shu hodisadan optik faol moddalar eritmasining konsentratsiyasini aniqlashda keng foydalaniladi.

⇨ Yorug’lik ikki muhit chegarasiga biror i_B burchak ostida tushsa va bunda

$tg\, i_B = n_{21}$ shart bajarilsa (n_{21} ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan sindirish ko’rsatkichi), qaytgan nur tushish tekisligiga perpendikulyar yo’nalishda qutblangan bo’ladi. (ushbu shart Bryuster burchagi deyiladi.)

⇨ Tabiiy yorug’lik manbaidan chiqayotgan yorug’lik nuri qutblanmagandir.

⇨ ***Malyus qonuni:*** Birinchi qutblagichdan o’tgan yorug’lik intensivligi I_0 ikkinchi qutblagichdan o’tgan yorug’lik intensivligi *I*, qutblagich o’qlari orasidagi burchak α ga teng bo’lsa, ular orasidagi munosabat quyidagiga teng: $I = I_0 \cos^2 \alpha$

Malyus qonuni: *Analizatordan o‘tgan yorug‘likning intensivligi polya- rizator bilan analizator optik o‘qlari orasidagi burchak kosinusining kvadratiga proporsional ekan.*

⇨ Tabiiy yorug‘likni qutblab beruvchi asboblarni ***polyarizator (qutbla- gich)lar*** deb ataladi. Masalan, turmalin, island shpati kabi

shaffof kristal- lar yorug‘likni qutblaydi. Ulardan polyarizatorlar tayyorlanadi. Yorug‘likning qutblanish darajasini, qutblanish tekisligining vaziyatini aniqlash uchun ham polyarizatorlardan foydalaniladi. Bu o‘rinda ular ***analizatorlar*** deb ataladi.

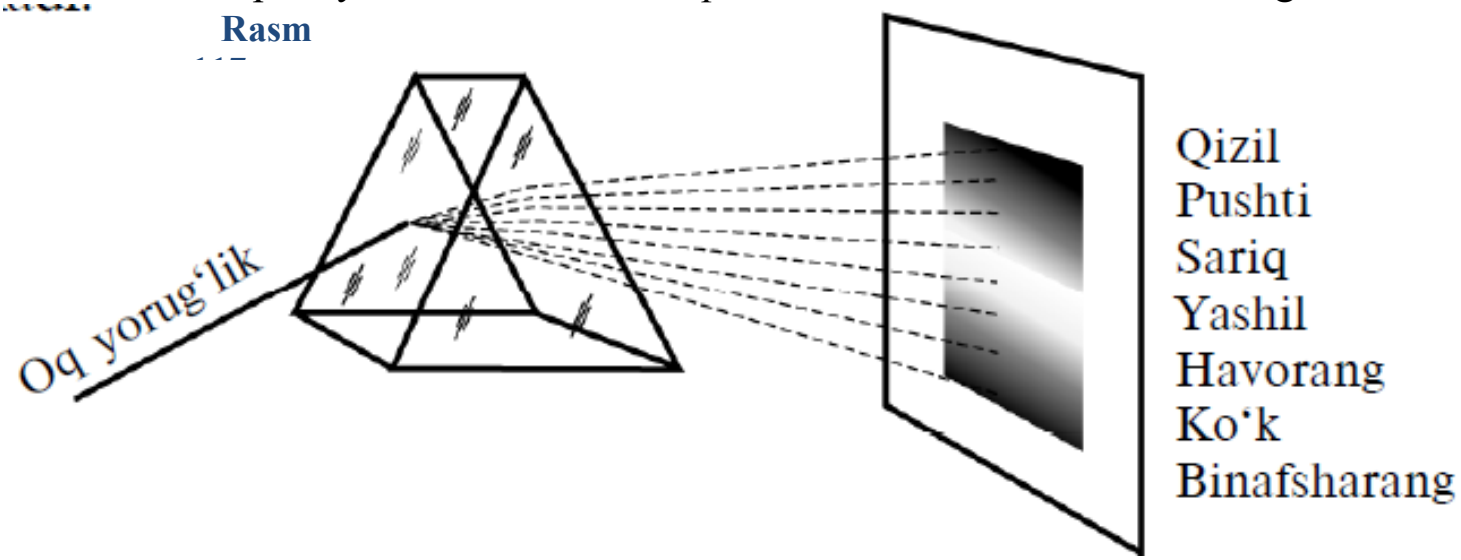
⇨ Yorug‘lik to‘lqinining qutblanish xususiyatiga egaligi uning ko‘ndalang to‘lqin ekanligini isbotlaydi.

⇨ Yorug’likning turmalin kristalidan o’tishiga doir tajribalardan yorug’likning ko’ndalang to’lqin ekanligi isbotlangan.

Yorug‘lik dispersiyasi

Dispersiya so‘zi lotincha *dispersio* – sochilish so‘zidan olingan.

Rasm



Yorug‘lik dispersiyasini birinchi bo‘lib kuzatgan kishi ingliz fizigi I.Nyuton hisoblanadi. U oq yorug‘lik dastasini shisha prizma orqali o‘tkazib, ekranda turli ranglar ketma-ketligidan tashkil topgan spektrni kuzatdi (116- rasm). I. Nyuton oq yorug‘lik yetti xil – qizil, pushti, sariq, yashil, havorang, ko‘k va binafsharanglardan iboratligini aniqladi. Prizmadan o‘tgan oq yorug‘likning turli ranglarga ajralib ketishi dispersiyaning natijasidir. ***Dispersiya*** *deb, muhit sindirish ko‘rsatkichining yorug‘lik to‘lqin uzunligiga (chastotasiga) bog‘liqligiga aytiladi.* Shunday qilib, dispersiya hodisasi yorug‘likning to‘lqin tabiati asosida tushuntirish mumkin bo‘lgan hodisalardan biri bo‘lib, unda to‘lqin uzunligi muhim rol o‘ynaydi.

Yorug‘lik dispersiyasining tabiati. Vakuumda istalgan to‘lqin uzunlikli elektromagnit to‘lqinlarning tarqalish tezligi bir xil ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s), moddalarda esa to‘lqin uzunligiga bog‘liq bo‘ladi. Shuning uchun ham oq yorug‘lik tarkibiga kiradigan turli ranglarga mos keluvchi to‘lqinlar uchun muhitning sindirish ko‘rsatkichi ham farq qiladi. Natijada prizmadan o‘tish paytida turli ranglar turlicha sindirish ko‘rsatkichiga uchraydi, turlicha sinadi

va bir biridan ajralib chiqadi. Shuni ta’kidlash lozimki, dispersiya hodisasi nafaqat prizmada, balki juda ko‘p boshqa hollarda ha m kuzatiladi. Masalan, quyosh nurlarining atmosferada hosil bo‘ladigan suv tomchilarida sinishi uning rangli nurlarga ajralishiga, ya’ni kamalakning hosil bo‘lishiga olib keladi. Normal dispersiyada to‘lqin uzunligi ortishi bilan muhitning sindirish ko‘rsatkichi kamayadi. Shuning uchun ham spektrning yuqorisida eng katta to‘lqin uzunlikli qizil, pastida esa eng kichik to‘lqin uzunlikli binafsharanglar joylashadi. Boshqa ranglar ham shu tartibda, to‘lqin uzunliklarning kamayib borishiga muvofiq joylashgan. **Spektr ranglarining qo‘shilishi.** Nyuton o‘z tajribasini davom ettirib, prizmadan chiqqan rangli nurlarni linza yordamida bir joyga to‘plagan va ekranda oq yorug‘lik hosil bo‘lganini ko‘rgan. Demak, rangli nurlarning qo‘shilishi natijasida oq yorug‘lik hosil bo‘ladi, ya’ni dispersiya natijasida hosil bo‘lgan yettita rangli yorug‘lik oq yorug‘likning tarkibiga kiruvchi yorug‘liklardir (117-rasm). Umuman olganda, ikkita (yoki undan ko‘p) ranglarni qo‘shish bilan ham oq yorug‘likni hosil qilish mumkin. Bunday ranglarga *qo‘shimcha rang* deyiladi. Sariq va ko‘k ranglar qo‘shimcha ranglarga misol bo‘la oladi. Uchta asosiy hisoblanmish qizil, yashil va binafsharanglarni turli hissalarda qo‘shish bilan istalgan ko‘rinishdagi rangni hosil qilish mumkin.

Jismlarning rangi. Shaffof (yorug‘likni qaytarmaydigan va yutmaydigan) jismning rangi undan o‘tadigan yorug‘likning tarkibi bilan aniqlanadi. Agar bo‘yoq surtilgan shishaga oq yorug‘lik tushsa, unda shisha, asosan, bo‘yoq rangidagi yorug‘likni o‘tkazadi. Masalan, qizil bo‘yoq surtilgan shisha qizil rangli yorug‘likni, yashil bo‘yoq surtilgan shisha yashilrangli yorug‘likni o‘tkazadi va h. Turli rangli filtrlardan foydalanish shunday xususiyatga asoslangan. Agar jism o‘ziga tushayotgan yorug‘likni qaytarsa, nima bo‘ladi? Tabiiyki, jism shu rangda ko‘rinadi. Masalan, qizil bo‘lib ko‘ringan jism qizil rangli yorug‘likni, ko‘k bo‘lib ko‘ringan jism ko‘k rangli yorug‘likni qaytaradi. Noshaffof jismning rangi u qaytaradigan yorug‘lik ranglarining aralashmasi bilan aniqlanadi. Demak, jismlarga biror rangli bo‘yoq surtish – unga shu xil rangli yorug‘likni qaytaradigan moddani surtish, demakdir. Barcha rangdagi yorug‘likni qaytaradigan jism oq bo‘lib ko‘rinadi. O‘ziga tushayotgan barcha yorug‘likni yutadigan jism esa qora jism bo‘ladi. Tabiatda absolut qora jism ham, absolut oq jism ham mavjud emas. Ya’ni barcha jismlar ozmi-ko‘pmi yorug‘likni yutadi yoki qaytaradi.

Spektrlarning turlari. Difraksiya va dispersiya natijasida hosil bo‘lgan spektrlar bir-biridan keskin farq qiladi. Difraksion panjaraga tushayotgan yorug‘lik to‘lqin uzunligiga qarab difraksion maksimumlarga taqsimlanadi. Og‘ish burchagining sinusi to‘lqin uzunligiga proporsional bo‘ladi. Shuning uchun ham *katta to‘lqin uzunligiga ega bo‘lgan qizil nurlar, kichik to‘lqin uzunligiga ega binafsharang nurlardan ko‘ra ko‘proq og‘adi.* Dispersiyada esa yorug‘lik muhitning sindirish ko‘rsatkichiga qarab yoyiladi.

Tushayotgan yorug‘likning to‘lqin uzunligi ortishi bilan prizmaning sindirish ko‘rsatkichi kamayadi. Shuning uchun *katta to‘lqin uzunligiga ega bo‘lgan qizil nurlar, kichik to‘lqin uzunligiga ega bo‘lgan binafsharang nurlardan ko‘ra kamroq og‘adi.*

Dispersiyaning ahamiyati. Dispersiya hodisasining kashf qilinishi yorug‘likning tabiati, umuman olganda, nurlanish yordamida moddalarning tuzilishi to‘g‘risida muhim ma’lumotlar olishga imkon berdi. Bundan tashqari, ranglar to‘g‘risida olingan ma’lumotlar bezash ishlarida, kerakli ranglarni tanlashda muhim rol o‘ynaydi. Boshqacha aytganda, kerakli bo‘yoqni turli ranglarni qancha hissada qo‘shib hosil qilishni aniqlash mumkin.

Yorug‘likning yutilishi. *Yorug‘likning yutilishi (absorbsiya) deb moddadan o‘tishda yorug‘lik energiyasining yo‘qotilishiga aytiladi.* Bunga sabab – yorug‘lik energiyasining moddaning ichki energiyasiga aylanishi. Yutilish natijasida o‘tayotgan yorug‘likning intensivligi kamayadi. Yorug‘likning moddada yutilishi Buger qonuni yordamida tavsiflanadi:

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

bu yerda I va I_0 – mos ravishda x qalinlikli moddaga tushayotgan va undan chiqayotgan yorug‘likning intensivliklari. α– yutilish koeffitsiyenti deyilib, moddaning kimyoviy tarkibi, holati va tushayotgan yorug‘likning to‘lqin uzunligiga bog‘liq kattalik.

Nurlanish spektri. Har qanday qizdirilgan modda o‘zidan elektromagnit to‘lqinlar chiqaradi. Bu to‘lqinlar majmuasi *nurlanish spektri* deyiladi. Moddalarning holatiga va nurlanish mexanizmiga

qarab nurlanish spektrlari ham turlicha bo‘ladi. Agar qizdirilgan qattiq jismdan chiqayotgan yorug‘lik prizma orqali o‘tkazilsa, ekranda yaxlit uzluksiz nurlanish spektri hosil bo‘ladi. Agar gaz yoki bug‘ yorug‘lik manbayi bo‘lib xizmat qilsa, spektrning manzarasi keskin o‘zgaradi. Qorong‘i sohalar bilan ajratilgan yorqin chiziqlar majmuasi kuzatiladi. Bunday spektrlar *chiziqli spektrlar* deyiladi. Natriy, vodorod va geliyning spektrlari chiziqli spektrlarga misol bo‘la oladi. Nurlanayotgan gazlar spektrlarining ko‘rinishi gazning kimyoviy tabiatiga bog‘liq bo‘ladi. Har bir gaz yoki bug‘ o‘zigagina xos bo‘lgan spektrlarga ega. Shuning uchun nurlanayotgan gazning spektriga qarab, uning kimyoviy tarkibini aniqlash mumkin. Agar nurlanish manbayi bo‘lib moddaning molekulasi xizmat qilsa, yo‘l-yo‘l spektr kuzatiladi.

Yutilish spektrlari. Yuqorida ko‘rilgan nurlanish spektrlaridan tashqari yutilish spektrlari ham mavjud. Ular quyidagicha hosil qilinadi. Oq yorug‘likni tekshirilayotgan modda orqali o‘tkazib, spektrni aniqlaydigan asbobga yo‘naltiriladi. Bunda yaxlit spektrda ma’lum tartibda joylashgan qora chiziqlar ko‘rinadi. Bu chiziqlarning soni va joylashuvi tekshirilayotgan moddaning tarkibi

to‘g‘risida mulohaza yuritishga imkon beradi. Misol uchun, oq yorug‘likning yo‘lida natriy bug‘lari turgan bo‘lsa, u holda nurlanish spektrida sariq chiziq turgan joyda, yutilish spektrida qora yo‘l hosil bo‘ladi. Ushbu hodisa Kirxgof tomonidan quyidagicha tushuntirildi. *Atom o‘zidan qanday yorug‘lik to‘lqini nurlasa*, *shunday yorug‘lik to‘lqinini yutadi.*

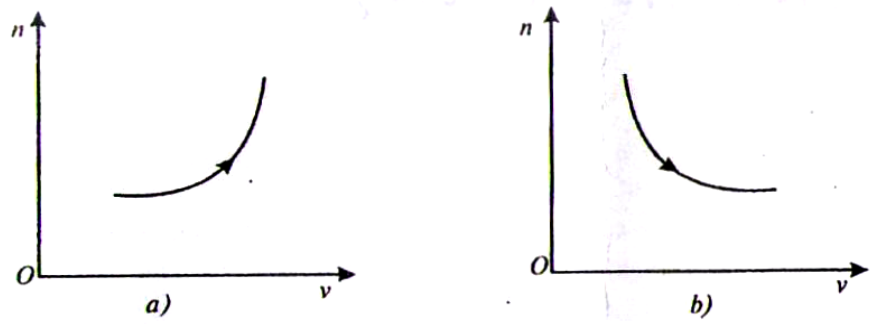
Spektral analiz haqida tushuncha. Nurlanish va yutilish spektrlarini o‘rganish moddalarning tarkibini aniqlashga imkon berishi haqida bayon qilindi. Shuningdek, spektral chiziqlarning yorqinligi mazkur elementning birikmadagi miqdorini aniqlashga imkon beradi. *Nurlanish va yutilish spektrlariga muvofiq moddaning kimyoviy tarkibini o‘rganish usuli* ***spektral analiz*** *deyiladi.* Misol uchun spektrda sariq chiziq bo‘ladigan bo‘lsa, bu o‘rganilayotgan modda tarkibida natriy borligini ko‘rsatadi. Agar spektrda oldin ma’lum bo‘lmagan chiziq ko‘rinsa, bu yangi element kashf qilinganligining isbotidir. Spektral analiz juda sezgir usul bo‘lib, uning yordamida elementning juda oz miqdorini ham aniqlash mumkin. Kimyoviy usullar bilan bunday kam miqdordagi moddani qayd qilishning mutlaqo iloji yo‘q.

Spektral asboblar. Spektrning ko‘rinish sohasini o‘rganish uchun *spektroskop* deb ataluvchi asboblar ishlatiladi.

🖫 D. T. M testlarini yechishga oid ma’lumotlar:

⇨ Oq yorug’lik shaffof prizmada turli rangdagi nurlarga ajraladi. Bu nurlar prizmadan chiqqandan keyin ekranga tushirilsa, kamalakdagidek asosan 7 xil rangda: qizil, to’q sariq, sariq, yashil, havorang, ko’k va binafsha ranglardan iborat polosa hosil boladi. Bu kamalak rangdagi polosa $spektr$ deb ataladi.

⇨ Moddaning sindirish ko’rsatgichining yorug’lik rangiga bog’liqligi $dispertsiya$ deyiladi. Turli rangdagi yorug’lik nurlari to’lqin uzunligi qiymati bilan farqlanuvchi yorug’lik to’lqinlari ekanligini e’tiborga olsak, sindirish ko’rsatgichi to’lqin uzunligiga bog’liq degan xulosaga kelinadi.



Rasm 118 chastotaning sindirish ko’rsagichigabog’liqligi:
a) normal dispertsiya uchun; b) animal dispersiya uchun

⇨ Nurning to'lqin uzunligi qanchalik kichik bo'lsa, shu nur uchun sindirish ko'rsatgichi shunchalik katta bo'ladi.

⇨ Spektrlarini olish va tekshirish (dispersiya hodisasini kuzatish) uchun ishlatiladigan optik asboblar $spektral\ apparatlar$ deyiladi.

⇨ Muhitda har xil rangdagi nurlarning har xil tezlikda tarqalishi dispertsiyadir. Muhitda qizil rangdagi nurlar katta tezlikka, binafsha rangdagi nurlar kichik tezlikka ega bo'ladi:

$$v_{qiz} > v_{zar} > v_{sar} > v_{yash} > v_{havo} > v_{ko'k} > v_{bin}$$

⇨ Bo'shliq va havoda barcha rangdagi nurlar bir xil tezlikka ega bo'ladi.

⇨ Muhitning absolyut sindirish ko'rsatgichi qizil rangli nurlar uchun kichik, binafsha rangli nur uchun katta qiymatga ega bo'ladi:

$$n_{qiz} < n_{zar} < n_{sar} < n_{yash} < n_{havo} < n_{ko'k} < n_{bin}$$

⇨ Yorug'lik nurining chastotasi ortib borish tartibi:

$$\nu_{qiz} < \nu_{zar} < \nu_{sar} < \nu_{yash} < \nu_{havo} < \nu_{ko'k} < \nu_{bin}$$

Infraqizil va ultrabinafsha nurlari

⇨ Bizning ko'zimiz to'lqin uzunligi $\lambda_1 = 0.7 \div 0.8\ \mu$ m bo'lgan (qizil) nurdan to'lqin uzunligi $\lambda_2 = 0.37 \div 0.4\ \mu$ m gacha bo'lgan (binafsha) nurlarini sezadi.

⇨ Moddaning isish darajasi yoki modda temreraturasining ko'tarilishi tushayotgan yorug'lik nurining to'lqin uzunligiga ham bog'liq. Masalan, qizil yorug'lik ta'sirida modda ko'proq qiziydi.

⇨ Temperaturani o'lchash uchun ishlatiladigan, sirtiga qora kuya surtilgan plastinka - $balometr$ deyiladi.

⇨ To'lqin uzunligi qizil nur to'lqin uzunligidan katta bo'lgan va inson ko'zi sezmaydigan nurlar $infraqizil\ nurlar$ deyiladi. Infraqizil nurlarning to'lqin uzunligi $0.8 \div 100\mu$ m intervalida joylashgan.

⇨ Oddiy ko'zga ko'rinadigan nurlardan farqli ravishda infraqizil nurlarga bulut, tumanlar to'siq bo'lolmaydi. Shu nurlarga ta'sirchan bo'lgan maxsus fotoemulsiya yordamida ulardan texnik masalalarni yechishda, xususan tungi fotografiya ishlarida foydalaniladi.

⇨ To'lqin uzunligi binafsha nur to'lqin uzunligidan kichik bo'lgan, ya'ni inson ko'zi sezmaydigan nurlar *ultrabinafsha nurlar* deyiladi. Ultrabinafsha nurlar ba'zi moddalarga tushsa, ularda *lyuminestsensiya,* ya'ni qo'shimcha nur chiqarish xususiyatni tug'diradi. Ultrabinafsha nurlarning to'lqin uzunligi $0.4 \cdot 10^{-10} m$ dan 0.005μ m gacha.

Nurlanish va yutilish spektrlari. Spektral analiz

⇨ Yuqori temperaturagacha qizdirilgan moddalardan chiqadigan nurlar moddaning turiga bog'liq holda turli spektr beradi. Bunday spektrlar *nurlanish spektrlari* deyiladi. Bu nurlanish spektrlarini 3 turga: *tutash* (uzluksiz), *chiziqli va polasasimon* spektrlarga ajratish mumkin.

⇨**Tutash (uzluksiz) spektrlar.** Bunday spektrlarni o'ta qizdirilgan qattiq yoki suyuq jismlardan chiqqan nurlar hosil qiladi. Shuningdek, yuqori bosim ostida bo'lgan gaz va bug'lar nurlanishida ham tutash spektrlar yuzaga keladi. Uzluksiz spektrda shu spektrni hosil qilayotgan nurlar uchun barcha uzunlikdagi to'lqinlarni topish mumkin, ya'ni spektrda birorta ham uzilish bo'lmaydi. Quyosh nuri va yuqori temperaturada bo'lgan plazmadan chiqqan nur tutash spektrni beradi.

⇨ **Chiziqli spektrlar.** Turli ravshanlikka ega bo'lgan va bir-biridan keng qora yo'llar bilan ajralgan rangli chiziqlardan iborat spektrlar *chiziqli spektr* deyiladi. Bunday spektrlarni atomar holda bo'lgan gazsimon moddalar hosil qiladi. Har bir atom ma'lum qiymatli to'lqin uzunligiga mos nur chiqaradi. Demak, har bir kimyoviy element o'ziga xos spektrga ega.

⇨ **Polasasimon spektrlar**. Polasasimon spektr bir- biridan qora oralig'lar bilan ajralgan ayrim polasalar (yo'llardan) iborat. Har bir polosa bir-biriga juda yaqin joylashgan ko'pdan- ko'p zich chiziqlardan iborat ekanligini o'ta sezgir spektral apparat yordamida payqash mumkin. Polasasimon spektrlarni asosan gaz molekulalarining nurlanishi hosil qiladi.

⇨ Agar tutash spektrni hosil qiladigan nur, atom yoki molekulalari uyg'onmagan moddadan o'tsa, dastlabki tutash spektr o'zgaradi. Bunda hosil bo'ladigan spektr *yutilish spektri* deyiladi.

⇨ Moddaning nur chiqarishi va nur yutishi Kirxgof qonuniga asoslangan.

⇨ **Kirxgof qonuni:** Modda yorug'lik manbai sifatida qanday to'lqin uzunligiga ega bo'lgan nur chiqarsa, u spektrning xuddi shu qismiga mos keluvchu nurni yutadi. Qattiq va suyuq moddadan o'tgan yorug'likning yutilish spektrida yutilgan nurlar o'rnida polasasimon qora chiziqlar paydo bo'ladi.

⇨ Turli moddalarning kimyoviy tarkibini shu moddalarning nurlanish va nur yutish xususiyatiga ko'ra tekshirish usuli *spektral analiz* deyiladi.

⇨ Spektral analiz uchun chiziqli spektrni hosil qilish lozim.

Rentgen nurlari

⇨ To'lqin uzunligi ultrabinafsha va gamma nurlar orasida bo'lgan nurlar Rentgen nurlari deyiladi. 1895-yilda nemis fizigi Vilgelm Rentgen tomonidan kashf etilgan. Rentgen nurlari elektronlarning biror modda bilan urilishi natijasida paydo bo'ladi.

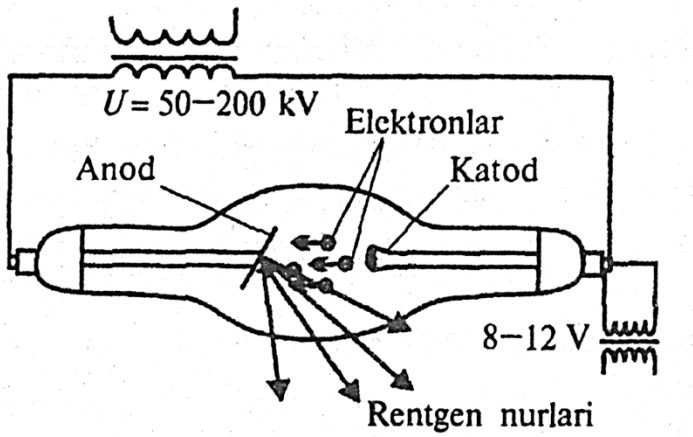
⇨ Rentgen nurlari moddadan deyarli qaytmaydi. Ular sinmay moddani kesib o'tadi. Elektromagnit maydon bu nurlarga ta'sir qilmaydi.

⇨ Rentgen nurlari fotoplastinkaga tushirilsa, unda iz qoldiradi.

⇨ Kristall jismga tushganda Rentgen nurlari difraksiyasi ro'y beradi.

⇨ Rentgen trubkasida anodga yetib borgan elektron tezligi: $\vartheta = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$

bunda: U - anod kuchlanishi, e - elektron zaryadi, m_e - elektron massasi.



Rasm 119. Rentgen trubkasi

Rentgen nurlanishi ikki xil bo'ladi: tormozlanish nurlanishi va xarakteristik nurlanish.

⇨ Tormozlanish nurlanishi tutash spektrga ega bo'ladi. Spektrni aniq qisqa to'lqin chegarasi mavjud bo'lib, u anod kuchlanishi bilan aniqlanadi:

$$\lambda_{qisqa} = \frac{hc}{eU}; \qquad \nu_{\max} = \frac{eU}{h}$$

Bunda h- plank doimiysi, c- yorug'lik tezligi, U- anod kuchlanishi, e- elektron zaryadi.

⇨ Anod kuchlanishi: $U = \frac{m_e \vartheta^2}{2e}$; $U = \frac{hc}{e\lambda_{\min}}$; $U = \frac{h\nu_{\max}}{e}$;

⇨ Quvvati P, foydali ish koeffitsiyenti η bo'lgan rentgen trubkasidan t vaqt oralig'ida nurlangan fotonlar soni: $N = \frac{\eta P t}{h\nu}$; $N = \frac{\eta P t \lambda}{hc}$

⇨ **Elektromagnit to'lqinlar shkalasi** to'lqin uzunligining kamayib borishi tartibida quyidagicha joylashadi:

1. Past chastotali elektromagnit to'lqinlar;

2. Radioto’lqinlar;
3. Infraqizil nurlar;
4. Qizil nurlar;
5. Zarg’aldoq nurlar;
6. Sariq nurlar;
7. Yashil nurlar;
8. Havorang nurlar;
9. Ko’k nurlar;
10. Binafsha nurlar;
11. Ultrabinafsha nurlar;
12. Rentgen nurlari;
13. Gamma nurlari.

Ushbu tartibda chastotasi ortib boradi.

⇨ γ *nurlar* to’lqin uzunligi rentgen nurlarning to’lqin uzunligidan kichik, chastotasi rentgen nurlarning chastotasidan katta bo’lgan elektromagnit to’lqinlardir.

⇨ γ *nurlar* yadroning uyg’ongan holatidan asosiy statsionar holatiga o’tishida hosil bo’ladi, γ nurlarini uyg’ongan yadro nurlantiradi.

Yorug’likning kimyoviy ta’siri

•Yorug’lik ta’sirida boradigan kimyoviy o’zgarishlarni *fotokimyoviy reaksiyalar* deyiladi.

1. **Fotosintez.** O’simliklar tomonidan havodagi karbonat angidritni yutib,uni yorug’lik ta’sirida kislorod va uglerodga ajratish.

2. **Fotografiya.**

a) *Suratga olish*-yorug’lik ta’sirida bromli kumush molekulasining ajralishi.

b) *Surat chiqarish*- yorug’lik ta’sir etgan molekulalardan kumushni chiqarish.

v) Mustahkamlash-fotoqatlamdan kumushni chiqarish.

g) Nusxa ko’chirish –fotoplyonkadan tasvirni fotoqog’ozga o’tkazish.

• **Luminessensiya (**Sovuq holda nur chiqarish).

Luminessensiya ikki usulda kuzatiladi:

1. **Fluoressensiya** –jismlarga yorug’lik tushganda nur chiqarib, tushmaganda –chiqarmasligi.

2. **Fosforessensiya**-jismni yoritilgandan keyin ham nur chiqarib turishi.

• **Fotoelementlar** ikki turga bo’linadi. Tashqi fotoeffekt hodisasiga asoslanib ishlaydigan vakiumli va ichki fotoeffektga asoslanib

ishlaydigan yarim o'tkazgichli asboblarga ajraladi. Yorug'lik ta'sirida modda yuzasidan elektronlar chiqishi *tashqi fotoeffekt,* moddada yorug'lik ta'sirida erkin elektronlar ko'payishiga *ichki fotoeffekt* deyiladi.

•Elektr qarshiligi yoritilganligiga bog'liq bo'lgan yarim o'tkazgichli asbobga *fotodiod* deyiladi.

•Tok o'tganda o'zidan sovuq nur chiqaradigan yarim o'tkazgichli diodga *yorug'lik diodi* deyiladi.

•O'tuvchi toki yorug'lik vositasida boshqariladigan tranzistorga *fototranzistor* deyiladi.

26. NURLANISHNING KVANT TABIATI

Ma'lumki, yorug'lik hodisalari yorug'likning modda bilan ta'sirlashishida namoyon bo'ladi. Bunday o'zaro ta'sirlar ham moddada, ham modda bilan o'zaro ta'sirda bo'lgan yorug'likda kechuvchi ma'lum o'zgarishlar bilan bir qatorda kuzatiladi. Yorug'lik qaytadi, sinadi va modda tomonidan yutiladi. Modda bilan yorug'likning o'zaro ta'sirlashishida kimyoviy va biologik reaksiyalar yuz beradi.

Yorug'likning modda bilan o'zaro ta'siri tufayli yuz beradigan hodisalarni, ular bo'ysunadigan qonunlarni o'rganish yorug'lik tabiatini, uning strukturasini va ichki mohiyatini chuqurroq bilish imkonini beradi. Yorug'likning tabiati haqidagi tasavvurlarni tub o'zgarishlarga olib kelgan yangi kashf etilgan va o'rganilgan hodisalar qatoriga issiqlik nurlanish, fotoelektrik effekt, atom va molekulalarning nurlanishi, rentgen nurlanishi va shu kabilar kiradi.

Issiqlik nurlanish deb, tayinli bir temperaturagacha qizdirilgan istalgan jismdan atrof fazoga nurlanadigan elektromagnit to'lqinlarga aytiladi. U atom va molekulalarning xaotik harakati energiyasi hisobiga amalga oshadi va jismning sovishiga olib keladi. Elektromagnit to'lqinlarning yutilishi, aksincha, jismning isishiga olib keladi. Issiqlik nurlanish jarayonida energiya yo'qotilishi energiya yutilishi bilan kompensatsiyalangan hollarda jism issiqlik muvozanatida bo'ladi.

Jismning birlik yuzasidan vaqt birligida birlik kenglikdagi chastotalar intervalida chiqargan elektromagnit energiyasiga nur chiqarish qobiliyati deb ataladi.

Barcha jismlar o'ziga tushgan elektromagnit nurlanish energiyasini ozmi-ko'pmi yutadi. Birlik vaqt davomida jismning birlik yuzasiga birlik kenglikdagi chastotalar intervalida tushayotgan elektromagnit nurlanish energiyasining qancha qismi jism tomonidan yutilishini xarakterlaydigan kattalik nur yutish qobiliyati deb ataladi. Jismlarning nur chiqarish va nur

yutish qobiliyatlari chastotaga, temperaturaga, jismning kimyoviy tarkibiga va sirtining holatiga bog‘liq bo‘ladi.

Istalgan temperaturada o‘ziga tushayotgan elektromagnit to‘lqinlar energiyasini, ularning chastotalaridan qat’iy nazar, butunlay yutadigan jismni absolyut qora jism deyiladi. Absolyut qora jismning nur yutish qobiliyati istalgan chastota va temperaturalarda birga teng bo‘ladi, nur chiqarish qobiliyati esa chastota va temperaturaga bog‘liq bo‘ladi. Absolyut qora jism nurlanishi muammosini yechish 1890- yilda nemis fizigi M. Plankka nasib etdi. Yuzaga kelgan qarama-qarshiliklardan qutulish yo‘lini izlagan Plank yorug‘lik to‘lqinlarining uzluksizligi haqidagi klassik tasavvurlar noto‘g‘ri deb hisobladi. U *yorug‘lik modda tomonidan uzluksiz emas, balki diskret, alohida porsiyalar tarzida nurlanadi,* degan prinsipial yangi gipotezani ilgari surdi. Plank bu porsiyalarni *energiya kvanti* yoki *kvantlar* deb atadi. U har bir porsiyaning energiyasi nurlanish chastotasiga proporsional, deb taxmin qildi: $E = h\nu$, bunda h=6,62 • 10^{-34} J·s — nurlanish chastotasiga bog‘liq bo‘lmagan doimiy kattalik bo‘lib, keyinroq olimning sharafiga *Plank doimiysi* deb ataldi. Plank absolyut qora jism spektrida topilgan energiyaning taqsimot qonuni haqida 1900- yilning 19- oktabrida Berlin fizika jamiyatining majlisida ma’ruza qildi va shu yilning 14-dekabrida uning nazariy asoslarini berdi. Bu kun fan tarixiga kvant nazariyaning tug‘ilish kuni bo‘lib kirdi. Plank nazariyasini rivojlantira borib, 1905- yilda A. Eynshteyn yorug‘likning kvant nazariyasini yaratdi. Bu nazariyaga muvofiq, *yorug‘lik moddaning atom va molekulalaridan kvantlarda chiqadi, tarqaladi va yutiladi.* Yorug‘lik to‘lqinlari energiyasi faqat kvant energiyasi e kattaligiga karrali miqdorda bo‘lishi mumkin, ya’ni to‘lqin eltayotgan energiya quyidagicha bo‘lishi mumkin: E=nε,

bunda n=1, 2, 3, ... qiymatlarni, ya’ni faqat butun son qiymatlarini qabul qiladi.

Fotoeffekt hodisasi.

Yorug‘lik ta’sirida elektronlarning moddalardan ajralib chiqish hodisasi ***tashqi fotoeffekt*** *deyiladi.* Bu hodisani 1887- yilda G.Gers kashf qilgan va u 1890- yilda rus fizigi A.Stoletov tomonidan o‘rganilgan. Agar tashqi fotoeffekt asosan o‘tkazgichlarda ro‘y berishi va ulardagi elektronlarning atom va molekulalarga bog‘lanish energiyasi juda kichikligini e’tiborga olsak, elektronlar atomlar va molekulalardan ajralib chiqishiga ishonch hosil qilamiz. *Agar atom yoki molekuladan ajratib olingan elektron moddaning ichida erkin elektronlar sifatida qolsa, bunday hodisaga* ***ichki fotoeffekt*** *deyiladi.* Ichki fotoeffekt asosan yarim o‘tkazgichlarda kuzatilib, 1908- yilda rus fizigi A.Ioffe (1880–1960) tomonidan o‘rganilgan.

Luminessensiya. Luminessensiya so‘zi lotincha *luminisessent* – yorug‘likning kuchsiz ta’siri ma’nosini anglatadi. Luminessensiya deb, ba’zi

moddalarning yorug‘lik ta’sirida o‘ziga xos bo‘lgan nurlanish chiqarishiga aytiladi. Bunda modda istalgan: qattiq, suyuq va gaz holatida bo‘lishi mumkin. Luminessensiya jarayonida modda o‘ziga tushayotgan yorug‘likni yutadi va, so‘ngra, tarkibi yutayotganidan farqli nurlanishni chiqaradi. Umuman olganda, luminessensiyaning ba’zi turlari oldinlari ham ma’lum bo‘lgan. Masalan, *fluoressensiya* – jismni nurlatish to‘xtatilishi bilan to‘xtaydigan, qisqa vaqt ro‘y beradigan nurlanish (nurlanish vaqti 10^{-8} s) va *fosforessensiya* – nurlatish to‘xtatilgandan keyin ham ma’lum vaqt davom etadigan nurlanish (nurlanish vaqti 10^{-8} s dan katta). Lekin nurlanishning qanday ro‘y berishi to‘g‘risidagi ilmiy tushuncha mavjud bo‘lmay, u qanday vujudga keladi va bir-biridan nimasi bilan farq qiladi, degan savollarga aniq javoblar yo‘q edi.

Luminessensiyaning ro‘y berishi. Luminessensiya qonunlarini izlash turli xil empirik qoidalarning yaratilishiga ham olib kelgan. Bulardan biri G.Stoks qonuni bo‘lib, tajriba natijalari ba’zida bu qonun bilan mos kelmagan. Luminessensiya jarayonini ham tajribada, ham nazariy ravishda batafsil o‘rganib chiqqan rus fizigi S.I.Vavilov (1891–1951) bu jarayonning haqiqiy qonunlarini yaratishga muyassar bo‘ldi. Bu qonunlar nafaqat luminessensiya nazariyasining asosi bo‘lib qolmay, uning texnikada keng qo‘llanilishiga ham olib keldi. *Luminessensiya deb, berilgan temperaturada issiqlik nurlanishidan ortiqcha energiya hisobiga ro‘y beradigan nurlanishga aytiladi.* Boshqacha aytganda, moddaga tushgan foton yutiladi. Uning bir qism energiyasi atomning tebranish energiyasiga, ya’ni issiqlik energiyasiga sarflansa, qolgan qismi luminessension nurlanishga sarflanadi. Luminessensiya ro‘y beradigan moddalar *luminoforlar* deyiladi.

Luminessensiyaning qo‘llanilishi. Vavilov simobli lampalarning ultrabinafsha nurlanishidan luminoforlar yordamida ko‘zga ko‘rinuvchi yorug‘lik hosil qilishni taklif qildi. Natijada u kunduzgi yorug‘likka o‘xshash yoritish qobiliyatiga ega luminessension lampalarni yaratdi. Past bosimli, simob bug‘lari bilan to‘ldirilgan bunday lampalar devorlariga turli xil luminoforlar qatlamini surtish bilan istalgan rangdagi yorug‘likni hosil qilish mumkin. Bunday lampalarning foydali ish koeffitsiyenti juda yuqori, xizmat qilish davri ham ancha uzoq. Shuning uchun, bunday lampalar ko‘chalarni, zavod va fabrikalarni, ta’lim muassasalarini, do‘konlarni va boshqa joylarni yoritishda va bezatishda juda keng qo‘llaniladi. Luminessensiya moddalarni analiz qilishda ham qo‘llaniladi. Bu usul *luminessension analiz* deyiladi.

Masalan, modda tarkibida juda kam miqdorda luminofor mavjud bo‘lsa ham, uni aniqlash mumkin. Neft qazuvchilar chuqurdan olingan tuproqni luminessension analiz yordamida o‘rganib, neft qatlamigacha qolgan masofani va hattoki neft zaxirasining miqdorini ham aniqlashadi. Bu usul yordamida shishalarning navi aniqlanadi, biologik obyektlar o‘rganiladi.

27. YORUG‘LIKNING KVANT XOSSALARI

⇨ Yorug’lik nurining modda bilan o’zaro ta’siri va bu ta’sir natijasida yorug’lik energiyasining modda atomlarining elektronlarga uzatilish hodisasi *fotoelektr effekt* yoki *fotoeffekt* deyiladi.
⇨ Fotoeffekt hodisasi G. Gerts tomonidan kashf etilgan va Stoletov tomonidan o’rganilgan.
⇨ Fotoeffekt natijasida chiqayogan elektronlar *fotoelektronlar,* zanjirda vujudga kelgan *tokni fototoklar* deyiladi.
⇨ **Fotoeffektni birinchi tajribaviy qonuni:**
1. Yorug’lik nuri tushayotgan plastinkaning yoritilganlik darajasi qancha katta bo’lsa, fototok kuchi shuncha katta bo’ladi.
2. Vaqt birligi ichida chiqayotgan elektronlar soni tushayotgan yorug’lik intensivligiga to’g’ri proporsionaldir.
⇨ **Tashqi fotoeffektning asosiy qonunlari:**
1. Fotoelektronlarning maksimal tezligi fotokatodga tushayotgan yorug’lik chastotasiga, metalning turiga va uni sirtini xususiyatiga bog’liqdir. U yorug’lik intensivligiga bog’liq emas.
2. Yorug’lik ta’sirida katoddan vaqt birligi ichida uchib chiqayotgan fotoelektronlarning umumiy soni (to’yinish toki) fotokatodga tushayotgan yorug’lik intensivligiga to’g’ri proporsionaldir.
3. Har qaysi modda uchun fotoeffekt vujudga kelishi mumkin bo’lgan eng kichik yorug’lik to’lqininig chastotasi (yoki eng katta to’lqin uzunligi) ning qiymatlari mavjud bo’lib, u fotoeffektning “qizil chegarasi” deb ataladi. Bu chegara turli moddalar uchun turli qiymatlarga ega.
⇨ Yorug’lik ta’sirida jismdan elektronlarning ajralib chiqib, erkin holatga o’tishi *tashqi fotoeffekt* deyiladi. *Tashqi fotoeffekt*, asosan, metallarning to’lqin uzunligi kichik bo’lgan yorug’lik nuri bilan o’zaro ta’sirida kuzatiladi.

⇨ Elektronlarning jismda bir holatdan ikkinchi holatga yorug'lik ta'sirida o'tishi *ichki fotoeffekt* deyiladi. Ichki fotoeffekt dielektrik va yarim o'tkazgichlarda sodir bo'ladi. Ichki fotoeffekt tufayli ularning elektr o'tkazuvchanligi ortadi.

⇨ Fotoeffekt hodisasining yorug'lik energiyasining elektr energiyasiga aylantirib berish xususiyatidan fan va texnikada keng qo'llaniladi. Shu husisayat asosida ishlaydigan asboblar *fotoelektriklar* deb ataladi.

⇨ Yorug'lik zarracha sifatida *foton* deb ataladi yoki yorug'lik kvantiga foton deyiladi.

→Foton energiyasi:

$$E = hv;\quad E = \frac{hc}{\lambda};\quad E = cp;\qquad h = 6.62 \cdot 10^{-34} j \cdot s;\quad c = 3 \cdot 10^{8}\ m/s$$

Muhitda: $E = vh;\quad E = \frac{hc}{n\lambda}$

⇨ Fotoeffekt uchun Enshteyn tenglamasi: $hv = A_{chiq} + \frac{m\vartheta^2}{2};\quad hv = A_{chiq} + w$

$hv > A_{chiq}$ bo'lganda fotoeffekt yuz beradi.

⇨ **Fotoeffekt qizil chegarasi:** moddadan fotoelektronlarni urib chiqarish uchun yetarli bo'lgan yorug'lik to'lqin uzunligining eng katta qiymatiga, yoki chastotasining eng kichik qiymatiga *fotoeffektning qizil chegarasi* deyiladi: $v_{min} = \frac{A}{h}$; $\lambda_{max} = \frac{ch}{A}$;

⇨ Fotoeffekt uchun qizil chegarani hisobga olgan holdagi Eynshteyn tenglamasi:

$$hv = h\ v_q + \frac{m\vartheta^2}{2};\ hv = h\ v_q + eU;\ hc = \lambda\left(h\ v_q + \frac{m\vartheta^2}{2}\right);\ hc = \lambda\left(h\ v_q + eU\right);$$

⇨ Foton massasi: $m = \frac{E}{c^2}$; $m = \frac{hv}{c^2};\quad m = \frac{h}{\lambda c};\quad m = \frac{h}{v\lambda^2}$

⇨ Foton impuls: $P = \frac{hv}{c};\ P = \frac{E}{c};\ P = \frac{h}{\lambda};\ P = mc$

→ Foton sirtga tushib to'liq yutilganda sirt oladigan kuch impulsi yoki foton impulsining o'zgarishi: $\Delta p = \frac{hv}{c};\ \Delta p = \frac{h}{\lambda}$

→ Foton sirtiga α burchak ostida tushib to'la yutilganda sirt oladigan kuch impulsining o'zgarishi: $\Delta p = \frac{hv}{c}cos\alpha;\ \Delta p = \frac{h}{\lambda}cos\alpha$

→ Foton sirtiga tik tushib to'liq qaytganida sirt oladigan kuch impulsi yoki foton impulsining o'zgarishi: $\Delta p = 2 \cdot \frac{hv}{c}$; $\Delta p = 2 \cdot \frac{h}{\lambda}$

→ Foton sirtiga α burchak ostida tushib sirtdan to'liq qaytganida sirt oladigan kuch impuli yoki foton impulsining o'zgari: $\Delta p = 2 \cdot \frac{hv}{c} cos\alpha$; $\Delta p = 2 \cdot \frac{h}{\lambda} cos\alpha$

⇨ Yutilish va nurlanish chastotalari: $v = \frac{W_m - W_n}{h}$; $h = 6.62 \cdot 10^{-34}\, J \cdot s$

W_m-elektronning m-orbitadagi energiyasi, v-chastota, $v > 0$-nurlanish, $v < 0$-yutilish W_m dan W_n ga o'tish.

⇨ Quvvati P bo'lgan manba t vaqt davomida nurlantirgan v chastotali fotonlar soni: $N = \frac{Pt}{hv}$; $N = \frac{Pt\lambda}{hc}$

⇨ Agar manbaning foydali ish koeffitsienti η ga teng bo'lsa: $N = \frac{\eta Pt}{hv}$; $N = \frac{\eta Pt\lambda}{hc}$

$$1\ eV = 1.6 \cdot 10^{-19}\, J$$

⇨ **Yorug'lik bosimi:** $P = \frac{E}{c}(1 + R)$

P-yorug'lik bosimi, E-sirtni yoritilganligi, ya'ni 1 s ichida tik tushayotgan yorug'lik energiyasi, R-sirtni yorug'lik qaytarish koeffitsienti, c-yorug'lik tezligi.

⇨ Yorug'lik bosimi uning intensivligi orqali: $P = \frac{I}{c}$

⇨ Yorug'lik bosimi:

⇒ Yorug'lik sirtda to'liq yutilsa: $P = \frac{W}{ctS}$

⇒ Sirtdan to'liq qaytsa: $P = 2 \cdot \frac{W}{ctS}$

W-tushgan yorug'lik energiyasi, t-vaqt, S-yuza.

⇨ **Yorug'lik ta'sirlari:** fotoeffekt,kimyoviy, issiqlik.

⇨ **Fotoelement** deb yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylantiruvchi asboblarga aytiladi.

Fotorezistor deb elektr qarshiligi yorug'lik ta'sirida o'zgaruvchi moddalarga aytiladi.

IV. BOB. ATOM VA YADRO FIZIKASI

28. VODOROD ATOMINING BOR NAZARIYASI. ATOM VA MOLEKULALARNING KVANT MEXANIKASI ELEMENTLARI.

Atomning tuzilishi va uning modelari

Moddaning tuzilishi haqidagi dastlabki fikrlar qadimgi yunon falsafasida uchraydi. Eramizdan avvalgi V asrda atom haqidagi birinchi tushunchani yunon olimi, faylasuf-materialist Demokrit kiritgan. Demokritning fikricha, materiya juda ko‘p sonli mayda bo‘linmas zarralar — atomlardan tashkil topgan, ular bir-biri bilan birikib va bo‘linib tabiatdagi cheksiz turli-tuman narsalarni hosil qiladi. Atomlar abadiy va o‘zgarmas, ular «yo‘qdan bor bo‘lmaydi va bordan yo‘q bo‘lmaydi», ular shakli va o‘lchami bilan bir-biridan farqlanadi, degan fikrni ilgari surgan. Lekin bu fikrga turli sabablarga ko‘ra uzoq vaqtlargacha jiddiy etibor berilmagan. Ammo 1869- yilda rus olimi D.I. Mendeleyev tomonidan elementlarning davriy sistemasi kashf etildi. Mendeleyevning xizmatlari shundan iboratki, u birinchi bo‘lib, elementlarning individual xossalarining tashuvchilarini o‘rnatdi. Bu tashuvchilar atomlardir.U atomlar kimyoviy ma’noda bo‘linmas dedi, ammo qo‘rqmasdan atomlar hosil bo‘lganda energiya ajraladi va ularning massalari o‘zgaradi, deb faraz qildi. Mendeleyev «atomlar dunyosi osmon yoritkichlari dunyosi o‘zining quyoshi, sayyora va yo‘ldoshlari bilan qanday tuzilgan bo‘lsa, shunday tuzilgan», degan g‘oyani sezgan edi. Fanning keyingi rivoji bu ulug‘ g‘oyaning to‘g‘riligini isbotladi.

Atomlar spektri va Rezerford modeli.

Garchi Rezerfordning yadroviy modeli atom fizikasining ulkan yutug‘i bo‘lsa-da, u atomning spektral qonuniyatlarini tushuntirib bera olmadi. Bundan tashqari, bu model klassik mexanika va elektrodinamika qonunlariga zid bo‘lib chiqdi.

Birinchidan, elektronning yadro atrofidagi orbita bo‘ylab harakati egri chiziqli, ya’ni tezlanish bilan ro‘y beradigan harakatdir. Bu harakatda esa klassik elektrodinamika qonunlariga muvofiq elektron o‘zidan nur chiqarishi kerak. Ya’ni harakat davomida elektronning energiyasi kamayadi, uning aylanish orbitasi kichrayadi va u yadroga yaqinlasha boradi. Boshqacha aytganda, ma’lum vaqtdan keyin elektron yadroga tushib, atom yo‘qolishi kerak. Bu Rezerford modeliga muvofiq, atom nostabil sistema bo‘lishini ko‘rsatadi. Amalda esa atomlar juda mustahkam sistema hisoblanadi.

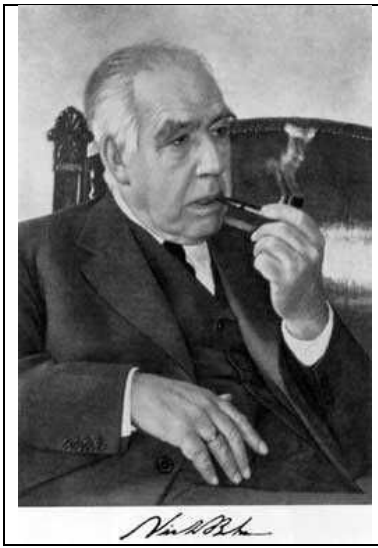
Ikkinchidan, elektron atomga yaqinlashgan sari orbitasining radiusi kichraya boradi ($R \to 0$), tezligi esa o‘zgarmaydi (ϑ = const). Natijada tezlanishi $\frac{\vartheta^2}{R}$ ortishi bilan elektronning nurlanish chastotasi ham uzluksiz ravishda ortishi va demak, uzluksiz nurlanish spektri kuzatilishi kerak. Biz esa ushbu mavzuda, tajribalar atomning nurlanish spektri uzlukli (chiziqli) ekanligini ko‘rsatganini bildik. Bularning hammasi atomning Rezerford modeli o‘zining ulkan vazifasini juda qisqa vaqtda bajarib bo‘lganidan nishona edi. Bundan tashqari, spektral seriyalar uchun yozilgan ajoyib formulalar, Ridberg doimiysining universal xarakterga egaligi, tajriba natijalarini tushuntirib bera oluvchi yangi g‘oya, yangi nazariyaga ehtiyoj tug‘ilganidan dalolat berib turardi. Zamonaviy fizikaning rivojlanishi uchun ulkan ahamiyatga ega bo‘lgan nazariyani yaratish zarur edi. Bu nazariyani Nils Bor tomonidan yaratildi.

Bor postulatlari. Yig‘ilib qolgan muammolarni yecha oluvchi nazariyani yaratish yigirmanchi asrning eng buyuk fiziklaridan biri daniyalik N.Borga nasib etdi. Uning asosiy maqsadi chiziqli spektrlarning tajribalar asosida topilgan qonuniyatlarini Rezerfordning yadroviy modeli asosida tushuntirishdan iborat edi. Buni yaxshi tushungan Bor atomning nurlanishi yoki yorug‘lik yutishi kvantlardan iborat bo‘ladi, degan g‘oyani ilgari surdi. *Shunday qilib, 1913-yilda Rezerfordning yadroviy modeliga kvant nazariyasi tatbiq etilib, tajriba natijalarini to‘la tushuntirib bera oladigan vodorod atomi nazariyasi yaratildi. Umuman olganda, kattaliklarning istalgan emas, balki*

ma'lum qoidaga bo'ysunuvchi tanlangan qiymatlarni qabul qilishi kvantlanish deyiladi. Kvantlanish asosida yaratilgan nazariyaga esa kvant nazariyasi deyiladi.

Bor nazariyasining asosini quyidagi ikkita postulat tashkil qiladi. Bu postulatlardan har biri biz yuqorida qayd etgan Rezerford modelining ikkita kamchiligini bartaraf etishga qaratilgan.

1. Statsionar (turg'un) holatlar haqidagi postulat: atomda statsionar holatlar mavjud bo'lib, bu holatlarga elektronlarning statsionar orbitalari mos keladi. Elektronlar faqat shu statsionar orbitalarda



Nils Bor(1885-1962) Daniyalik buyuk fizik Atomning birinchi kvant nazariyasini yaratdi va so'ngra kvant mexanikasining asoslarini ishlab chiqishda eng aktiv ishtirok etdi. Shu bilan bir qatorda Bor atom yadrosi va reaksiyalari nazariyasiga katta xissa qo'shdi. U jumladan atom yadrolarining (bo'linish jarayonida juda katta energiya ajraladi) bo'linish nazariyasini rivojlantirdi. Bor Kopengagenda fiziklarning katta internatsional maktabini yaratdi va butun dunyo fiziklari orasida xamkorlikni rivojlantirishda ko'p ish qildi. Bor insoniyatga atom tazyiqiga qarshi kurashda aktiv ishtirok etdi.

bo'lib, hattoki tezlanish bilan harakatlanganlarida ham nurlanish chiqarmaydilar.

Statsionar orbitadagi elektronning harakat miqdori momenti (impuls momenti) kvantlangan bo'lib, quyidagi shart bilan aniqlanadi:

$$m_e \vartheta_n r_n = n\hbar$$

bu yerda m_e— elektronning massasi; r_n — n- orbitaning radiusi; ϑ_n — elektronning shu orbitadagi tezligi; $m_e \vartheta_n r_n$— elektronning shu orbitadagi impuls momenti; n — nolga teng bo'lmagan (n≠0) butun son, unga *bosh kvant soni* deyiladi; $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ (h — Plank doimiysi). Demak, Borning birinchi postulatiga ko'ra, atomdagi elektron istalgan orbita bo'ylab emas, balki statsionar orbita deb ataluvchi ma'lum orbitalar bo'ylab harakatlanishi mumkin. Bu harakat davomida u o'zidan nurlanish chiqarmaydi, ya'ni energiyasi ka maymaydi. Energiyasi kamaymasa, yadroga tushmaydi va atom yo'qolmaydi. Shunday qilib, ushbu postulat Rezerford modelining birinchi kamchiligini bartaraf qiladi.

2. Chastotalar haqidagi postulat: *elektron bir statsionar orbita- dan*

ikkinchisiga o ‘tgandagina, energiyasi shu statsionar holatlardagi energiyalarining farqiga teng bo‘lgan bitta foton chiqaradi (yoki yutadi):

$$\boldsymbol{h\nu = E_n - E_m}$$

bu yerda $E_n$va E_{m} — mos ravishda elektronning n- va m-statsionar orbitalardagi energiyalari. Agar $E_n > E_m$ bo‘lsa, foton chiqariladi. Boshqacha aytganda, elektron katta energiyali holatdan kichikroq energiyali holatga, ya’ni yadrodan uzoqroqda bo‘lgan statsionar orbitadan yadroga yaqinroq bo‘lgan statsionar orbitaga o‘tadi. Agar $E_n < E_m$ bo‘lsa, foton yutiladi va yuqoridagi mulohazalarga teskari hol ro‘y beradi. $\mathrm{h\nu = E_n - E_m}$ ifodadan nurlanish ro‘y beradigan chastotalarni, ya’ni atomning chiziqli spektrini aniqlash mumkin:

$$\nu = \frac{\mathrm{E_n - E_m}}{h}$$

Demak, Borning ikkinchi postulatiga ko‘ra, elektron istalgan chastotali nurlanish chiqarmay, chastotasi $\nu = \frac{\mathrm{E_n - E_m}}{h}$ shartni qanoatlantiruvchi nurlanishnigina chiqarishi mumkin. Va aynan shuning uchun ham, atomning nurlanish spektri uzluksiz bo‘lmay, uzlukli (chiziqli) ko‘rinishga egadir. Demak, Borning ikkinchi postulati Rezerford modelining ikkinchi kamchiligini bartaraf qiladi.

Birinchi Bor radiusi. Eng sodda atom — vodorod atomini ko‘raylik. U bitta protondan iborat yadro va uning atrofida aylanma orbita bo‘ylab harakatlanuvchi bitta elektrondan iborat. Yadro elektronni o‘ziga kulon kuchi bilan tortadi va unga markazga intilma tezlanish beradi, ya’ni:

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e \cdot e}{r_n^2} = \frac{m_e \vartheta_n^2}{r_n}$$

Bu yerda e — elektronning va protonning zaryadi, $\mathrm{e_0}$ — elektr doimiysi. Endi $m_e \vartheta_n r_n = n\hbar$ ifodadan ϑ_n ni aniqlab olamiz va natijani $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e \cdot e}{r_n^2} = \frac{m_e \vartheta_n^2}{r_n}$ ga qo‘yib, undan r_n uchun quyidagi ifodani topamiz:

$$r_n = n^2 \frac{h^2 \varepsilon_0}{\pi m_e e^2}$$

bu yerda n — elektron statsionar orbitasining (aniqrog‘i atomning statsionar holatining) tartib raqamini ko‘rsatadi. Masalan, $n = 1$ deb olsak, elektronning vodorod atomidagi birinchi statsionar orbitasi radiusining qiymatini hosil qilamiz. Bu radiusga birinchi *Bor radiusi* deyiladi va atom fizikasida uzunlik birligi sifatida foydalaniladi:

$$r_B = 0{,}528 \cdot 10^{-10} m$$

Bor nazariyasining kamchiliklari. Bor nazariyasi atom fizikasi rivojlanishiga ulkan hissa qo‘shib, kvant mexanikasining yaratilishida muhim qadam bo‘lib xizmat qildi. U vodorod va vodorodsimon atomlarning spektrlari va spektral chiziqlarning chastotalarini hisoblashga imkon bergan bo‘lsa-da, bu chiziqlarning intensivligini aniqlashga va u yoki bu o‘tishlarning ro‘y berishiga sabab nimaligini tushuntirishga ojizlik qildi. Bor nazariyasining jiddiy inqirozi, ayniqsa, eng sodda elementlardan biri, vodoroddan bevosita keyingi element – geliy atomining spektrini tushuntirish yo‘lidagi urinishlarning muvaffaqiyatsizlikka uchrashida namoyon bo‘ldi. Borning o‘zi buning asosiy sababi – nazariyaning yarim klassik ekanligida, ya’ni, bir tomondan, kvant postulatlari qo‘llanilsa, ikkinchi tomondan, klassik fizika qonunlarining qo‘llanilishida, deb tan oldi. Atomning ichiga yanada dadilroq nigoh tashlash uchun yangi g‘oya, yangi nazariyalarga muhtojlik tug‘ildi.

29. YADRO FIZIKASI.

Atom yadrosi. Rezerford o‘z tajribalari natijasida (Atom modellari mavzusiga qarang) atomning musbat zaryadlangan yadrosi (o‘zagi) bor degan xulosaga keladi. Atomning kattaligi 10^{-10} m bo‘lgan bir paytda yadroning kattaligi 10^{-14}–10^{-15} m ni tashkil qiladi. Boshqacha aytganda, yadro atomdan 10 000–100 000 marta kichikdir. Shu bilan birga, atom massasining qariyb 95 foizi yadroda mujassamlashgan. Agar biror jism massasining 95 foizi u egallab turgan hajmdan 100 000 marta kichik hajmda mujassamlashganini e’tiborga olsak, barcha moddalar, asosan, bo‘shliqdan iborat ekanligiga hayratlanishdan boshqa ilojimiz qolmaydi. Endi yadroning o‘zi qanday tuzilishga ega, degan masalani qaraylik.

Atom yadrosining tuzilishi. Rus fizigi D.I.Ivanenko va nemis fizigi V.Geyzenberg *atom yadrosi – proton va neytronlardan tashkil topgan*, degan g‘oyani olg‘a surganlar.

Proton (p) – vodorod atomining yadrosi, 1919- yilda Rezerford va uning xodimlari tomonidan kashf qilingan. Elektronning zaryadiga teng musbat zaryadga ega. Tinchlikdagi massasi m_p = 1,6726 · 10^{-27} kg » 1836m_e, bu yerda m_e – elektronning massasi.

Neytron (n) – 1932- yilda ingliz fizigi J.Chedvik tomonidan kashf qilingan. Elektr neytral zarra. Tinchlikdagi massasi m_n = 1,6749 · 10^{-27} kg » 1839m_e. Proton va neytronlarni birgalikda *nuklonlar* deyishadi (lotincha *nucleus – yadro* so‘zidan olingan). Atom yadrosidagi nuklonlarning umumiy soni *massa soni* (*A*) deyiladi.

Yadroning belgilanishi. Atom yadrosi *Ze* zaryad miqdori bilan xarakterlanadi. Bu yerda *e* – protonning zaryadi, *Z* – yadroning zaryad soni deyilib, u yadrodagi protonlar soniga teng va Mendeleyev elementlar davriy sistemasida kimyoviy elementning tartib raqami bilan mos keladi. Yadro neytral atom qanday belgilansa, xuddi shunday belgilanadi: *Z, A, X* , bu yerda *X* – kimyoviy elementning belgisi, *Z* – atomning tartib raqami (yadrodagi protonlar soni); *A* – massa soni (yadrodagi nuklonlar soni). Atom elektr neytral bo‘lgani uchun ham yadrodagi protonlar soni atomdagi elektronlar soni bilan teng bo‘ladi.

Izotoplar. Tartib raqami (*Z*) bir xil, lekin massa soni (*A*) turlicha bo‘lgan elementlar *izotoplar* deyiladi. Izotoplar yadrosidagi neytronlar soni (*N* = *A* - *Z*) bilan farq qiladi. Masalan, vodorodning (*Z* = 1) uchta izotopi mavjud: ^1_1H – protiy (*Z* = 1, *N* = 0), ^2_1H – deyteriy (*Z* = 1, *N* = 1), ^3_1H – tritiy (*Z* = 1, *N* = 2). Qalayning o‘nta izotopi mavjud. Aksariyat hollarda izotoplar bir xil kimyoviy va qariyb bir xil fizikaviy xususiyatlarga ega bo‘ladi (bundan faqat vodorod izotoplarigina mustasno). Chunki bu xossalar, asosan, elektron qobiqqa bog‘liq bo‘lib, izotoplar uchun bir xildir.

Izobarlar. Massa soni (*A*) bir xil, lekin tartib raqami (*Z*) turlicha bo‘lgan elementlar *izobarlar* deyiladi. Izobarlar yadrosidagi protonlar soni (*Z* = *A* - *N*) bilan farq qiladi. Izobar yadrolarga $^{10}_4Be$, $^{10}_5B$, $^{10}_6C$ lar yaxshi misol bo‘la oladi. Hozirgi paytda tartib raqami (*Z*), massa soni (*A*) yoki har ikkalasi bilan ham farq qiluvchi 2000 dan ortiq yadro ma’lum.

Yadroning kattaligi. Yadroning radiusi tajriba natijasi asosida yozilgan

$$R = R_0 A^{\frac{1}{3}}$$

formula bilan aniqlanadi. Bu yerda $R_0 = (1{,}2 - 1{,}7) \cdot 10^{-15} m$. Shuni ta’kidlash zarurki, atom yadrosining radiusi deganda, yadro

kuchlarining ta’siri namoyon bo‘ladigan sohaning chiziqli kattaligi tushuniladi. Yadroning hajmi unga kiruvchi nuklonlar soni *A* ga bog‘liq bo‘lsa-da, barcha yadrolarda nuklonlarning zichligi bir xil. Yadroning zichligi juda katta bo‘lib, r = 2 · 10^{11} kg/m^3 atrofida. Boshqacha aytganda, *1 m^3 yadro materialining massasi 200 million tonna bo‘ladi.* Bu qadar katta massa qanday qilib bog‘lanib turar ekan?

Yadroning bog‘lanish energiyasi

Yadroning bog‘lanish energiyasi. Tekshirishlarning ko‘rsatishicha, atom yadrosi ancha mustahkam tuzilishga ega. Demak, yadrodagi nuklonlar orasida ma’lum bog‘lanish mavjud. *Yadroni alohida nuklonlarga ajratish uchun zarur bo‘ladigan energiya yadroning bog‘lanish energiyasi deyiladi.* Yadroning bog‘lanish energiyasi uning barqarorligining o‘lchovidir. Energiyaning saqlanish qonuniga ko‘ra, yadroni parchalash uchun qancha energiya sarflansa, yadro hosil bo‘lganda ham shuncha energiya ajralib chiqadi. Xo‘sh, bu energiya nimaga teng va u qanday vujudga keladi?

Massa defekti. Yadro massasini *mass-spektrometrlar* deb ataluvchi asbob yordamida katta aniqlikda o‘lchash mumkin. Bunday o‘lchashlarning ko‘rsatishicha, yadroning massasi uning tarkibiga kiruvchi nuklonlar massalarining yig‘indisidan kichik ekan. Boshqacha aytganda, nuklonlardan yadro hosil bo‘lishida

$$\Delta m = \left[Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n\right] - m_{yadro}$$

ga teng massa yetishmovchiligi vujudga keladi. Bu yerda m_p, m_n, m_{yadro} – mos ravishda protonning, neytronning va yadroning massalari. Massaning yetishmagan bu qismi *massa defekti* deyiladi. Bizga ma’lumki (Alfa betta va gamma nurlanishlar mavzusiga qarang), massaning har qanday Δm o‘zgarishiga energiyaning Δmc^2 o‘zgarishi mos keladi. Aynan shu energiya yadroni bir butun tutib turadi va bog‘lanish energiyasiga teng:

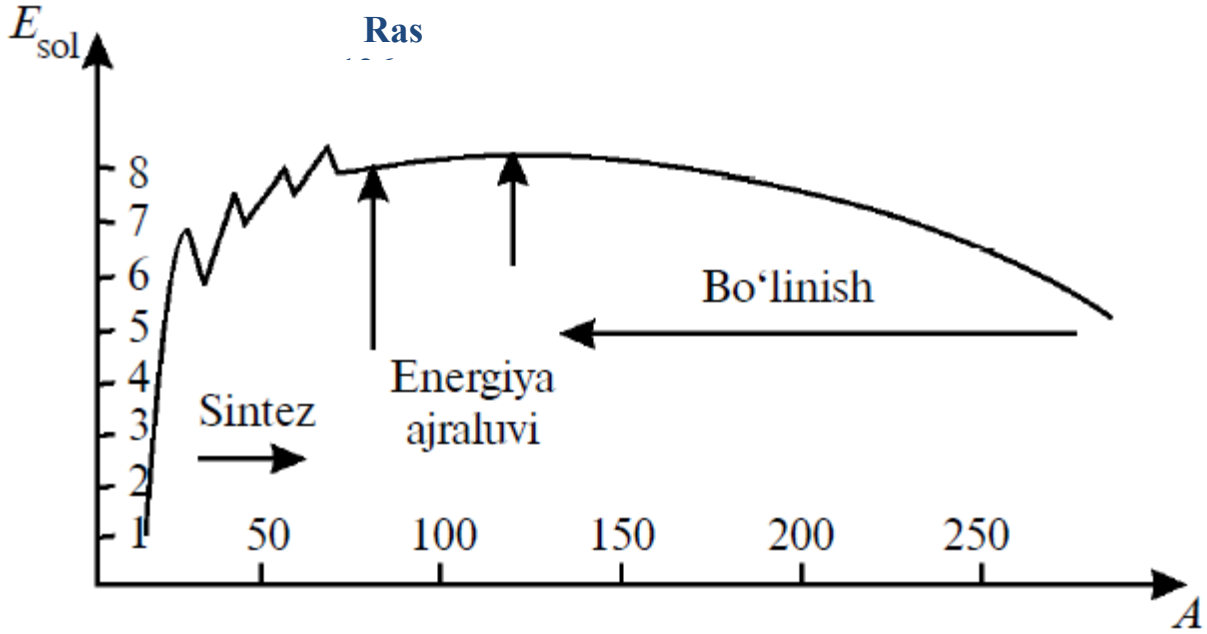
$$E_{bog'} = \Delta mc^2 = \left[Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_{yadro}\right]c^2$$

Tabiiyki, turli yadrolar uchun bog‘lanish energiyasi ham turlicha. Ularni taqqoslab, qaysilari barqaror, qaysilari esa beqarorroq ekanligini qanday aniqlashimiz mumkin? Buni aniqlashning yagona yo‘li har bir nuklonga to‘g‘ri keluvchi bog‘lanish energiyasini solishtirishdir.

Solishtirma bog‘lanish energiyasi. *Solishtirma bog‘lanish energiyasi E_{sol} deb, har bir nuklonga to‘g‘ri keluvchi bog‘lanish energiyasiga aytiladi,* ya’ni

$$E_{sol} = \frac{E_{bog'}}{A}$$

bu yerda A – yadrodagi nuklonlar soni. 126- rasmda solishtirma bog‘lanish energiyasi E_{sol} ning massa soni A ga bog‘liqlik grafigi keltirilgan. Ko‘rinib turibdiki, $E_{bog‘}$ ning turli yadrolar uchun qiymatlari ham turlichadir. Mendeleyev elementlar davriy sistemasining o‘rtasida joylashgan elementlarning yadrolari ancha barqaror. Bunday yadrolar



uchun bog‘lanish energiyasi 8,7 MeV ga yaqin. Yadrodagi nuklonlarning soni ortishi bilan bog‘lanish energiyasi kamaya boradi. Davriy sistemaning oxiridagi elementlar (masalan, uran uchun) u 7,6 MeV atrofida bo‘ladi. Bunga sabab – yadrodagi protonlarning soni ortishi bilan ular orasidagi itarishish kuchining ortishidir. Elektronning atomga bog‘lanish energiyasi 10 eV atrofida bo‘ladi. Demak, nuklonning yadroga bog‘lanish energiyasi, elektronning atomga bog‘lanish energiyasidan million marta katta ekan. Xuddi shuningdek, yengil yadrolar uchun ham solishtirma bog‘lanish energiyasi ancha kichik. Deyteriy uchun u bor-yo‘g‘i 1,1 MeV ni tashkil qiladi. Shuning uchun ham yadro energiyasini ajratib olishning ikki xil usuli va demak, yadro energetikasining ham ikki xil yo‘nalishi mavjud. Bulardan birinchisi, yengil yadrolarni sintez qilish bo‘lsa, ikkinchisi, og‘ir yadrolarning parchalanishidir. Biz kelgusida bu yo‘nalishlarga batafsil to‘xtalamiz.

Sehrli yadrolar. Tajribalarning ko‘rsatishicha, tarkibidagi protonlari yoki neytronlari 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126 sonlarga teng bo‘lgan yadrolar eng barqaror yadrolar bo‘ladi. Shuning uchun ham bunday yadrolar *sehrli yadrolar* deyiladi. Ikki karra sehrli yadrolar, ya’ni ham protonlarning, ham neytronlarining soni sehrli bo‘lgan

yadrolar yanada barqarordir. Bunday yadrolarning o‘zi beshtagina bo‘lib, ular quyidagilar: ${}_{2}^{4}He$, ${}_{8}^{16}O$, ${}_{20}^{40}Ca$, ${}_{20}^{48}Ca$, ${}_{82}^{258}Pb$.

Atom energiyasi birligi. Yadro fizikasida atom energiyasi birligi (a.e.b) tushunchasidan foydalaniladi. Bir atom energiyasi birligi deb, bir atom massa birligiga to‘g‘ri keluvchi energiyaga aytiladi:

$$1\ a.e.b = 1c^2 \cdot 1a.m.b = 9 \cdot 10^{16}\frac{m^2}{s^2} \cdot 1{,}67 \cdot 10^{-27}kg =$$
$$= 1{,}5 \cdot 10^{-10}j = 931{,}1MeV.$$

10^{-10} J = 931,1 MeV. 1 atom massa birligi (a.m.b.) esa uglerod ^{12}C nuklidi massasining 1/12 qismiga teng: 1 a.m.b. = $1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg.

Yadro kuchlari. Yadro modellari haqida tushuncha

Yadro kuchlari. Oldingi mavzuda nuklonlarni bir butun yadro sifatida tutib turuvchi bog‘lanish energiyasi haqida gaplashdik. Ammo ularni yadroda tutib turuvchi kuch haqida hech narsa demadik. Bu kuch qanday kuch bo‘lishi mumkin? Agar uni nuklonlar orasidagi o‘zaro gravitatsion tortishish kuchi desak, bu aqlga sig‘maydi. Chunki tortishish kuchi juda kichik. Masalan, ikkita proton orasida o‘zaro tortishish kuchi, ular orasidagi kulon ta’sir kuchidan ham 1036 marta kichik. Bu kuch kulon kuchi ham bo‘lishi mumkin emas. Chunki yadrodagi protonlar orasida tortishish emas, balki itarishish kuchlari mavjud bo‘lishi kerak. Proton va elektrneytral neytron hamda neytron–neytron orasida umuman kulon ta’sir kuchi bo‘lishi mumkin emas. Bundan tashqari, elektr xarakteriga ega atomdagi elektronning energiyasi eV lar tartibida bo‘lsa, yadrodagi nuklonlarning energiyasi undan million marta kattaligini oldingi mavzuda qayd etdik. Bularning hammasi, yadroda bizga noma’lum bo‘lgan boshqa kuch mavjud, degan xulosaga kelishimizga sabab bo‘ldi. *Yadroni kulon kuchi ta’sirida parchalanib ketishdan saqlab turadigan bunday tortishish kuchlari* ***yadrî kuchlàri*** *deyiladi.* Nuklonlar orasidagi bunday ta’sir kuchlari kuchli ta’sir deyiladi va ular quyidagi xossalarga ega.

Yadro kuchlarining xossalari.

1. *Yadro kuchlari – tortishish kuchlari*.

2. *Yadro kuchlari – qisqa masofada ta’sir etuvchi kuchlardir*. Ularning ta’sir masofasi 10^{-15} m atrofida bo‘ladi. Yadro kuchlarining ta’sir masofasi *yadro kuchlarining ta’sir radiusi* deyiladi.

3. *Yadro kuchlari elektr zaryadiga bog‘liq emas.* Proton va neytron, ikkita proton va ikkita neytron orasidagi yadro kuchlari bir xil.

4. *Yadro kuchlari tortishish va kulon kuchlari kabi markaziy xarakterga ega emas.*

5. *Yadro kuchlari to‘yinish xarakteriga ega.* Har bir nuklon yadrodagi barcha nuklonlar bilan emas, balki o‘z atrofida joylashgan chekli nuklonlar bilangina o‘zaro ta’sirlashadi. Shuning uchun ham bog‘lanish energiyasining massa soni *A* ga bog‘liqligi chiziqli xarakterga ega. Shuni alohida ta’kidlash kerakki, hozirgacha yadro kuchlari oxirigacha o‘rganilmagan. Shu bilan birga, yadroda sof «proton» va sof «neytron» yo‘q, ularning o‘rnida ikkita – musbat va manfiy zaryadlangan yadro moddasi mavjud, deb hisoblanadi. Yapon fizigi X.Yukavaning g‘oyasiga ko‘ra, ular bir-birlari bilan uzluksiz ravishda π-mezon deb ataluvchi zarralar almashinib turishadi. Shunday bo‘lsa-da, yadroni qandayligini tasavvur qilishga intilgan fiziklar uning turli modellarini yaratishgan. Bu modellarning har biri yadroning u yoki bu xususiyatlarinigina tushuntirib bera olishini e’tirof etsak-da, ularning ikkitasi haqida ma’lumot berib o‘tishni lozim topdik.

Yadroning tomchi modeli. Bu model 1936- yilda N.Bor va rus fizigi Y.Frenkel (1894–1952) tomonidan tavsiya etilgan. Unda nuklonning o‘zini yadroda tutishini molekulaning tomchida tutishiga o‘xshatilgan. Har ikkala holda ham hajm tarkibiga kiruvchi zarralarning soniga proporsional. Yadroning tomchi modeli yadrodagi nuklonlarning bog‘lanish energiyasi uchun tajribaviy formulani topishga imkon berdi. Uning yordamida yadro reaksiyalarining ro‘y berish mexanizmi, jumladan, yadroning bo‘linishi tushuntirib berildi. Ammo bu model doirasida yadro barqarorligining ortishi, jumladan, sehrli yadrolarning mavjudligini tushuntirishning imkoni bo‘lmadi.

Yadroning qobiq modeli. Bu model 1949–1950- yillarda amerikalik fizik M.Geppert-Mayer va nemis fizigi X.Iyensen tomonidan taklif qilingan. Ushbu modelga ko‘ra, nuklon yadroda ma’lum qobiqlarda Pauli prinsipiga muvofiq joylashadi. Yadroning barqarorligi shu qobiqlarning to‘lishiga bog‘liq bo‘lib, qobiqlari to‘la yadro eng barqaror yadro hisoblanadi. Shu asosda sehrli yadrolarning barqarorligi tushuntirib beriladi. Qobiq modeli yordamida yadroning spini, magnit momenti, yadroning barqarorligi va xossalarining davriy o‘zgarishi tushuntirib beriladi. U, ayniqsa, yengil va o‘rta yadrolarni tushuntirishda qo‘l keldi. Shu bilan birga, bu model yadroning g‘alayonlangan holati va

juda ko‘p boshqa tajriba natijalarini tushuntirib berishga ojizlik qildi. Natijada yadroning umumlashgan modeli va boshqa modellar vujudga keldi. Yadro kuchlarining tabiatini va qonuniyatlarini tushuntirib beradigan qat’iy nazariya mavjud emas. Shu sababli atom yadrosining turli xossalari yadro modellari yordamida o‘rganiladi. Shu vaqtgacha olimlar tomonidan tavsiya etilgan yadro modellarining birortasi ham yadroning xossalarini to‘liq yoritib bera olmaydi. Shuning uchun bir nechta yadro modellaridan foydalaniladi. Barcha mavjud yadro modellaridan tomchi va qobiqsimon modellar samarali foydalaniladi.

30. ELEMENTAR ZARRALAR FIZIKASI.

Elementar zarralar. Zarralar va antizarralar

Elementar zarralar. «Elementar» so‘zining lug‘aviy ma’nosi «eng sodda» demakdir. Garchi bugungi kungacha ma’lum zarralarni elementar deb atash uncha to‘g‘ri bo‘lmasa-da, dastlabki paytlarda kiritilgan bu iboradan hamon foydalaniladi. Umuman olganda, zarralar endigina kashf qilina boshlanganda materiyaning eng kichik bo‘lakchasi sifatida qabul qilingan va chindan ham elementar deb hisoblangan. Lekin ularning ba’zilarining (jumladan, nuklonlarning) murakkab tuzilishga ega ekanligi keyinroq ma’lum bo‘lib qolgan. Hozirgi paytda 200 dan ortiq elementar zarralar mavjud. Ularning ko‘pchiligi nostabil bo‘lib, asta-sekin yengil zarralarga aylanadi.

Elektron. Birinchi kashf qilingan elementar zarra *elektron* hisoblanadi. Katod nurlarining xossalarini o‘rganayotgan J.Tomson, bu manfiy zaryadlangan zarra elektronlar oqimidan iborat ekanligini aniqladi. Bu voqea 1897- yil 29- aprelda ro‘y bergan edi va shu sana birinchi elementar zarra kashf qilingan kun hisoblanadi.

Foton. 1900- yilda M.Plank yorug‘likning *foton* deb ataluvchi zarralar oqimidan iborat ekanligini ko‘rsatdi. Foton elektr zaryadiga ega emas, tinchlikdagi massasi nolga teng, ya’ni foton yorug‘lik tezligiga teng tezlik bilan harakat holatidagina mavjud bo‘lishi mumkin.

Proton. 1919- yilda E.Rezerford tajribalarida, azotning α - zarralar bilan bombardimon qilinishi natijasida, vodorod atomining yadrosi proton kashf qilingan. U zaryadining miqdori elektronning zaryadiga

teng bo‘lgan, musbat zaryadlangan zarradir. Massasi elektronning massasidan 1836 marta katta.

Pozitron. 1928- yilda P.Dirak mavjudligini bashorat qilgan va K.Anderson tomonidan kosmik nurlar tarkibida kashf qilingan. Uning tinchlikdagi massasi elektronning tinchlikdagi massasi bilan teng bo‘lsada, zaryadi protonning zaryadiga teng. Pozitron elektronga qarama - qarshi, ya’ni antizarra.



DIRAK

Neytron. 1932 - yilda D.J.Chedvik tomonidan kashf qilingan. Uning massasi protonning massasiga yaqin: $m_n = 1838m_e$, elektr zaryadi esa nolga teng.

Neytrino. 1931–1935 - yilda β - nurlanish qonunlarini tushuntirib bergan V.Pauli tinchlikdagi massasi nolga teng bo‘lgan yana bitta zarra – neytrino mavjudligini bashorat qilgan. Bu zarra tajribada 1956- yilda K . Kouen tomonidan yadro reaktorida kashf qilingan.

Myuonlar. 1938 - yilda K.Anderson va S.Niddermeyer kosmik nurlar tarkibida massasi taxminan $207m_e$ ga teng bo‘lgan, yashash davri $2{,}2 \cdot 10^{-6}$ s ni tashkil qilgan zarralarni kashf qildilar. Bu zarralar m- mezonlar yoki myuonlar (μ^+, μ^-) deb nomlandi.

***π* - mezonlar.** 1947- yilda S.Pauel l tinchlikdagi massasi $273m_e$ ga teng bo‘lgan zarralarni kashf qildi. Bu zarralar π - mezonlar yoki pionlar (π^- , π^+) deb nomlandi. Ularning erkin holatdagi yashash davri $2{,}55 \cdot 10^{-8}$ s ga teng. 1950- yilda massasi $264{,}2m_e$ ga teng bo‘lgan elektrneytral π^0 - mezon kashf qilindi.

***K* - mezonlar.** 1950- yillardan boshlab kashf qilinadigan zarralarning soni keskin ortib bordi. Bular qatoriga *K* - mezonlar ham kiradi. Ularning zaryadi musbat, manfiy, nol bo‘lishi mumkin. Massalari esa $966–974m_e$ atrofida.

Giperonlar. Keyingi zarralar guruhi *giperonlar* deyiladi. Ularning massalari $2180m_e$ dan $3278m_e$ gacha oraliqda bo‘ladi.

Rezonanslar. Keyingi paytlarda yashash davrlari juda kichik bo‘lgan *rezonanslar* deb ataluvchi zarralar kashf qilindi. Ularni bevosita qayd qilishning iloji bo‘lmay, vujudga kelganini parchalanishida hosil bo‘lgan mahsulotlarga qarab aniqlanadi. Umuman olganda, dastlabki paytlarda bor-yo‘g‘i bir nechtagina va materiyaning eng jajji g‘ishtchalari deb hisoblangan elementar zarralar keyinchalik, shu qadar xilma-xil va shu qadar murakkab bo‘lib chiqdi.

Antizarralar. Birinchi antizarra – elektronning antizarrasi (qarama-qarshi zarrasi) – *pozitron* kashf qilingandan so‘ng, boshqa zarralarning ham antizarrasi yo‘qmikan, degan savol tug‘ildi. Antiproton 1955- yilda mis nishonni protonlar bilan bombardimon qilish natijasida hosil qilindi. 1956- yilda esa antineytron kashf qilindi. *Hozirgi paytda har bir zarraning o‘z antizarrasi, ya’ni massasi va spini teng, zaryadi esa qarama-qarshi bo‘lgan zarra mavjudligi aniqlangan.* Elektron va protonlarning antizarralari zaryadining ishorasi bilan farq qilsa, neytron va antineytron xususiy magnit momentlarining ishorasi bilan farq qiladi. Zaryadsiz zarralar foton, p0-mezonlarning o‘zlari va antizarralarining fizik xossalari bir xil. Antizarralar to‘g‘risida ma’lumotga ega bo‘lgandan keyin o‘quvchida zarra va antizarra uchrashib qolsa nima bo‘ladi, degan savol tug‘ilishi tabiiy. Ushbu savolga javobni keyingi satrlarda topasiz.

Modda va maydonning bir-biriga aylanishi. Elektronning o‘z antizarrasi – pozitron bilan uchrashuvi ularning elektromagnit nurlanish kvantiga aylanishiga va energiya ajralishiga olib keladi. Bu hodisa *annigilatsiya* deyiladi:

$$e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$$

Nafaqat elektron va pozitron, balki barcha zarralar ham o‘z antizarralari bilan uchrashganda annigilatsiyaga kirishadi. Boshqacha aytganda, ular elektromagnit maydon kvantlariga (fotonlarga) aylanadi. Ushbu holda annigilatsiya so‘zi uncha qulay tanlanmagan. Chunki u lotincha «yo‘qolish» degan ma’noni anglatadi. Aslida esa zarra va antizarra uchrashganda hech qanday yo‘qolish ro‘y bermaydi. Barcha saqlanish qonunlari to‘la bajariladi. Materiya modda ko‘rinishidan elektromagnit maydon kvantlari ko‘rinishiga o‘tadi, xolos. Agar moddaning elektromagnit maydon kvantlariga aylanish jarayoni ro‘y bersa, unda teskarisi, maydon kvantlarining moddaga aylanish jarayoni ham ro‘y bermaydimi, degan savol tug‘iladi. Albatta, ro‘y beradi. Umuman olganda, biz bu jarayon bilan tanishmiz (oldingi mavzularga qarang). Energiyasi elektron va pozitronning tinchlikdagi energiyalari yigindisidan katta bo‘lgan γ - kvant $E_\gamma > 2m_0c^2 = 1{,}02MeV$ yadroning yonidan o‘tganida elektron-pozitron juftligiga aylanishi mumkin:

$$\gamma \rightarrow e^+ + e^-$$

Elektron-pozitron juftligining paydo bo‘lishi va ularning annigilatsiyasi materiyaning ikki shakli (modda va maydon) o‘zaro bir-biriga aylanishlarini ko‘rsatadi.

Antimodda. Agar barcha zarralarning antizarralari mavjud bo‘lsa, unda antiyadro, aniqrog‘i antizarralardan tashkil topgan antimodda yo‘qmikan? Antiyadrolarning mavjudligi qayd qilingan. Birinchi antiyadro – antideytron ($\overline{p}$ va $\overline{n}$ larning bog‘langan holati) 1965- yilda amerikalik fiziklar tomonidan topilgan. Keyinchalik esa Serpuxovadagi tezlatgichda antigeliy (1970) va antitritiy (1973) yadrolari hosil qilindi. Zarralar bilan to‘qnashganda annigilatsiyaga uchrashi antizarralarning uzoq vaqt zarralar orasida bo‘lishiga imkon bermaydi. Shuni alohida ta’kidlash kerakki, annigilatsiya jarayonida juda katta miqdorda energiya ajralib chiqadi. Solishtirish uchun aytish mumkinki, ajralib chiqadigan energiya yadro reaksiyalarida ajraladigan energiyadan millionlab marta kattadir. Shunday qilib, annigilatsiyada o‘zaro ta’sirlashadigan zarralarning barcha energiyasi

boshqa turdagi energiyaga aylanadi, ya’ni annigilatsiya mavjud energiya manbalari orasida eng katta energiya ajraladigan jarayondir. Agar olamning bizga yaqin biror joyida antimodda mavjud bo‘lganda edi, kuchli annigilatsiya jarayoni ro‘y berishi va ulkan portlash bo‘lib, katta miqdorda energiya ajralishi kerak edi. Lekin astrofiziklar hanuzgacha bunday holni qayd etmaganlar. Shuning uchun ham antimoddani o‘rganish hozircha, faqat modda tuzilishini o‘rganish yo‘nalishidagi fundamental izlanishlardan iborat bo‘lib qolmoqda.

Elementar zarralarning asosiy xossalari va ularni klassifikatsiyalash. Kvarklar

Elementar zarralar ta’sirlashuvining turlari. Zamonaviy tasavvurlarga ko‘ra, tabiatda to‘rt xil fundamental ta’sirlashuv mavjud. Bular kuchli, elektromagnit, kuchsiz va gravitatsion ta’sirlashuvlardir. Bu ta’sirlashuvlarning har birini amalga oshiruvchi zarralar va har biriga mos keluvchi o‘z maydonlari mavjud.

Kuchli yoki yadroviy ta’sirlashuv. Bu ta’sirlashuv atom yadrosidagi nuklonlarning (proton va neytron) aloqasini ta’minlaydi va yadroni bir butun mahsulot sifatida saqlab turadi. Aynan uning sharofati bilan moddalarning barqarorligi ta’minlanadi. Kuchli ta’sirlashuv atom yadrosining radiusiga teng ~10^{-15} m masofada namoyon bo‘la boshlaydi. U nuklonlar o‘rtasida p- mezonlar almashinuvi bilan amalga oshiriladi.

Elektromagnit ta’sirlashuv. Bunday ta’sirlashuv barcha elektr zaryadiga ega zarralar orasida mavjud. U kuchli ta’sirdan 137 marta kuchsiz. Ta’sir radiusi cheklanmagan. Elektromagnit maydon energiyasini tashuvchi zarra foton vositasida amalga oshiriladi. U

atomning mavjudligini ta’minlaydi. Eng batafsil o‘rganilgan ta’sirlashuv hisoblanadi.

Kuchsiz ta’sirlashuv. Asosan elementar zarralarning parchalanishida namoyon bo‘ladi. β - yemirilish, μ - yemirilish kuchsiz ta’sirlashuvga yaxshi misol bo‘ladi. U kuchli ta’sirdan 10^{14} marta kuchsiz bo‘lib, oraliq bozonlari (z, w) vositasida amalga oshiriladi.

Gravitatsion ta’sirlashuv. Bu barcha elementar zarralarga xos bo‘lgan xususiyat, ya’ni ular bir-birlarini tortishadi. U kuchli ta’sirdan 10^{39} marta kuchsiz. Shuning uchun ham mikrodunyo jarayonlaridagi ta’siri e’tiborga olinmaydi. Gravitatsion maydon orqali, graviton deb ataluvchi ekzotik zarralar vositasida amalga oshiriladi.

«Buyuk birlashuv» nazariyasi. Yuqorida ta’kidlanganidek, har bir ta’sirlashuvning o‘z qonunlari mavjud. Ammo olimlarning fikricha, bu ta’sirlashuvlarning barchasi yagona qonunga bo‘ysunishi va sodda qilib tushuntirilishi zarur. Boshqacha aytganda, har to‘rtala ta’sirlashuvning ham shunday birlashuvi ro‘y berishi kerakki, biz yuqorida ko‘rgan ta’sirlashuvlar, bu yangi ta’sirlashuvning ma’lum sharoitlarda namoyon bo‘ladigan xususiy holiga aylanmog‘i lozim. Demak, yangi topilgan nazariya mavjud nazariyalarning umumlashmasi bo‘lishi nazarda tutilmoqda. Bundan tashqari, yangi nazariya mavjud nazariyalarning hozirgacha noma’lum bo‘lib kelgan ba’zi qirralarini aniqlashga imkon beradi, deb umid qilinmoqda. Ammo bu yo‘ldagi ko‘plab urinishlar hanuzgacha kutilgan natijani bermadi. Hozircha elektromagnit va kuchsiz ta’sirlashuvlarnigina yagona elektr kuchisiz ta’sirlashuvga birlashtirishning iloji topildi, xolos. Kun tartibida kuchli, elektromagnit va kuchsiz ta’sirlarni birlashtiruvchi «Buyuk birlashuv» nazariyasi turibdi. Har to‘rtala ta’sirlashuvlarni ham o‘z ichiga oluvchi «superbirlashuv» nazariyasi ham o‘rganilmoqda. Xuddi shuningdek, elementar zarralarni ham ma’lum qonuniyatlar asosida jadvalga joylashtirish, ya’ni klassifikatsiyalash fiziklarning azaliy orzusidir. Shu maqsadda ularni to‘rt guruhga bo‘lishga kelishilgan.

Fotonlar. Bu guruh faqat bitta zarra – elektromagnit nurlanish kvanti fotondan iborat.

Leptonlar. Leptonlar («*leptos*» yunoncha – yengil ma’nosini anglatadi) elektromagnit va kuchsiz ta’sirlarda ishtirok etadi. Leptonlarga elektron, myuon va tay neytrinosi, elektron, myuon, tay-lepton va ularning antizarralari kiradi.

Mezonlar. Massasi 207 elektron massasidan katta, ammo proton massasidan kichik bo‘lgan zarralar mezonlar guruhini tashkil qiladi.

Barionlar. Og‘ir zarralar. Ular protondan boshlanadi va nuklonlar, giperonlarni o‘z ichiga oladi. Barcha ta’sirlashuvlarda ishtirok etadi. Shu bilan birga, spinining qiymatiga qarab zarralar fermionlarga (spini S = 1/2 bo‘lgan zarralar) va bozonlarga (spini $S = 0$ yoki butun $S = 1$ bo‘lgan zarralar) bo‘linadi. Yashash davriga qarab, zarralar *barqaror* va *beqaror* zarralarga ajratiladi.

Kvarklar. Materiyaning eng kichik g‘ishtchalari hisoblangan elementar zarralar murakkab tuzilishga ega ekanligi ma’lum bo‘lgandan so‘ng, materiyaning haqiqatdan eng kichik g‘ishtchalarini izlash muammosi vujudga keldi. Agar shunday zarralar mavjud bo‘lsa, hozirgacha bizga ma’lum bo‘lgan va murakkab tuzilishga ega bo‘lgan barcha zarralar ulardan tashkil topgan bo‘lishi kerak. 1964- yilda amerikalik fizik M.Gell-Mann va D.J.Sveyglar mezonlar va barionlar *kvarklar* deb ataluvchi sodda zarralardan tashkil topganligi to‘g‘risidagi gipotezani taklif qildilar. Bu gipotezaga muvofiq, barionlar uchta: *u*, *d*, *s* kvarklardan, antibarionlar esa antikvarklardan tashkil topgan. Bu kvarklar yarim spinga ega bo‘lishlari, zaryadlari esa elektron zaryadining 1/3 va 2/3 qismiga teng bo‘lishi kerak. Keyinchalik yana ikkita: *c* «maftunkor» (inglizcha «charm») va *b* «go‘zal» (inglizcha «beauty») kvarklari antikvarklari bilan birga kiritildi. Zamonaviy gipotezalarga ko‘ra, kvarklar ham leptonlar kabi oltita bo‘lishi kerak. Lekin *t* «haqiqiy» (inglizcha «truth») kvarkining mahsulini topish maqsadida qilinayotgan barcha urinishlar hozircha hech qanday natija bermadi. Shu bilan birga, kvark va antikvarklarning kombinatsiyalari mavjud mezonlarning barchasini vujudga kelishini tushuntirib bera oldi. Shu nuqtayi nazardan qaraganda, kvarklar hech qanday ichki tuzilishga ega emas va ularni chin ma’noda elementar zarralar deb hisoblash mumkin. Ammo kvarklar elementar zarralarning tuzilishini va ularning xossalarini qanchalik ajoyib tushuntirib bermasin, ularni erkin zarra sifatida qayd etish yo‘lidagi barcha urinishlar besamar qolmoqda.

Yerning radiatsion belbog‘i. Zaryadlangan zarralarning Yer atrofidagi taqsimoti haqidagi dastlabki ma’lumotlar Yerning sun’iy yo‘ldoshlari yordamida olingan. Yer atrofidagi fazoda Yerning magnit maydoni ta’sirida vujudga kelgan shunday belbog‘ mavjudki, undagi zaryadlangan zarralarning zichligi sayyoralararo bo‘shliqdagi birlamchi kosmik nurlar zarralarining zichligidan yuz millionlab marta kattadir.

Zarrachalardan iborat bunday belbog‘ *radiatsion belbog‘* deyiladi. Radiatsion belbog‘ning ekvator tekisligidan G‘arbiy yarim shardagi balandligi Yer sirtidan 600 km bo‘lsa, sharqiy yarim shardagi balandligi 1600 km atrofida bo‘ladi. Belbog‘ning tashqi chegarasining balandligi Yerning 8–10 radiusiga teng. Yer radiatsion belbog‘ining nosimmetrik joylashuvi, zaryadlangan zarralar harakatining Yer magnit maydonining joylashuviga bog‘liqligidadir. Radiatsion belbog‘ va kosmik nurlarni o‘rganish, bir tomondan, koinotda bo‘ladigan jarayonlar haqida ma’lumot manbayi bo‘lib xizmat qilsa, ikkinchi tomondan, ularning jonli organizmlarga ta’sirini bilish muhim ahamiyatga egadir.

ILOVALAR:

Grek Alfaviti

$\mathbf{A}\alpha$ −Alfa	$\mathbf{H}\eta$ −Eta	$\mathbf{N}\nu$ −Nyu	$\mathbf{T}\tau$ −Tau
$\mathbf{B}\beta$ −Betta	$\mathbf{\Theta}\theta$ −Teta	$\mathbf{\Xi}\varepsilon$ −Ksi	$\mathbf{\Upsilon}\upsilon$ −Ipsilon
$\mathbf{\Gamma}\gamma$ −Gamma	$\mathbf{I}\iota$ −Yota	$\mathbf{O}o$ −Omikron	$\mathbf{\Phi}\varphi$ −Fi
$\mathbf{\Delta}\delta$ −Del'ta	$\mathbf{K}\kappa$ − Kappa	$\mathbf{\Pi}\pi$ −Pi	$\mathbf{X}\chi$ −Xi
$\mathbf{E}\varepsilon$ −Epsilon	$\mathbf{\Lambda}\lambda$ −Lambda	$\mathbf{P}\rho$ −ro	$\mathbf{\Psi}\psi$ −Psi
$\mathbf{Z}\zeta$ −Dzeta	$\mathbf{M}\mu$ −Myu	$\mathbf{\Sigma}\sigma$ −Sigma	$\mathbf{\Omega}\omega$ −Omega

Atom va Yadro fizikasi		***Fizikadagi ba'zi yod olinishi shart bo'lgan birlik o'tishlar!***	
Proton (protiy)	${}_1^1H$	$1eV$ − 1elektronvolt→	$1{,}6 \cdot 10^{-19}J$ ga teng
Deytron (deyteriy)	${}_1^2H$	$760mm.sim.ust \rightarrow$	101360 Pa ga teng
Triton (tritiy)	${}_1^3H$	$1ot\ kuchi \rightarrow$	$735{,}7\ Vatt\ ga\ teng$
Elektron (β – nurlanish oqimi, yemirilish)	${}_{-1}^0e$	$1\ litr\ suv \rightarrow$	$\approx 1kg\ ga\ teng$
Pozitron (elektronning antizarrasi)	${}_1^0p$	$10\ m\ suv\ ustuni \rightarrow$	$10^5\ Paskal\ ga\ teng$
Neytron	${}_0^1n$	$1kkal$- kilokalloriya→	$4200\ Joul\ ga\ teng$
Geliy yadrosi (α – nurlanish oqimi, yemirilishi)	${}_2^4He$	$1kaloriya \rightarrow$	$4{,}2\ Joul\ ga\ teng$
Vodorod	${}_1^1H$	$1kilovatt \cdot soat \rightarrow$	$3{,}6\ Megajoul$
Foton (ϒ – nurlanish oqimi, yemirilish)	${}_0^0\gamma$	$1Angstrem \rightarrow$	10^{-10}

O’nga karrali va ulushli birliklarni hosil qilishning ko’paytuvchilari, old qo’shimchalari va ularning nomlari					
Ko’paytuvchi	Qo’shimcha				
	Nomi	Kelib chiqishi		Belgilanishi	
		Ma’nosi	Tili	Xal-qaro	Rus-cha
10^{18}	Eksa	6 marta ming	Grekcha	E	Э
10^{15}	Peta	5 marta ming	Grekcha	P	П
$1000000000000 = 10^{12}$	Tera	Juda kata	Grekcha	T	Т
$1000000000 = 10^{9}$	Giga	Gigant	Grekcha	G	Г
$1000000 = 10^{6}$	Mega	Katta	Grekcha	M	М
$1000 = 10^{3}$	Kilo	Ming	Grekcha	K	К
$100 = 10^{2}$	Gekto	Yuz	Grekcha	g	г
$10 = 10^{1}$	Deka	O’n	Grekcha	da	да
$0{,}1 = 10^{-1}$	Detsi	O’n	Lotin	d	д
$0{,}01 = 10^{-2}$	Santi	Yuz	Lotin	s	с
$0{,}001 = 10^{-3}$	Milli	Ming	Lotin	m	м
$0{,}000001 = 10^{-6}$	Mikro	Kichik	Grekcha	μ	мк
$0{,}000000001 = 10^{-9}$	Nano	Karlik	Lotin	n	н
$0{,}000000000001 = 10^{-12}$	Piko	Pikkolo	Italiya	p	п
10^{-15}	Femto	O’n besh	Daniya	f	ф
10^{-18}	Atto	O’n sakkiz	Daniya	a	а

Mexanika		***Molekulyar fizika***	
Erkin tushish tezlanishi yerda	$g = 10\frac{m}{s^2}$	Avagadro soni	$N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23} mol^{-1}$
Erkin tushish tezlanishi oyda	$g = 1{,}6\frac{m}{s^2}$	Bolsman doimiysi	$k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\frac{J}{K}$
Gravitat-sion doimiysi	$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\frac{N \cdot m^2}{kg^2}$	Universal gaz doimiysi	$R = 8{,}31\frac{J}{K \cdot mol}$
Normal atmosfera bosimi	$P_0 = 101360\ Pa$	Normal sharoitda 1 mol ideal gazning hajmi	$V_0 = 22{,}4\ litr$
Havoda tovushning tezligi (20^0 da)	$\vartheta \approx 343 m/s$	Atom massa birligi	$m.a.b : 1{,}67 \cdot 10^{-27} kg$
Yerning radiusi	$R \approx 6400 km$	Yerning massasi	$m \approx 5{,}9 \cdot 10^{24} kg$
Elektrodinamika		***Optika***	
Elektronning zaryadi	$e = -1{,}6 \cdot 10^{-19} C$	Yorug'lik tezligi	$c = 3 \cdot 10^8 m/s$
Elektronning massasi	$m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31} kg$	Plank domiysi	$h = 6{,}62 \cdot 10^{-34} J \cdot s$
Protonning massasi Protonning zaryadi	$m_P = 1{,}67 \cdot 10^{-27} kg$ $q = 1{,}6 \cdot 10^{-19} Kl$	Stefan-Bolsman doimiysi Havoning nur sindirish ko'rsatkichi	$\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}\frac{W}{m^{-2} \cdot K^4}$ $n \approx 1$
Faradey soni	$F = 96500\frac{Kl}{mol}$	Vakuumning nur sindirish ko'rsatkichi	$n \approx 1$
Magnit doimiysi	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\frac{Gn}{m}$	Shishaning nur sindirish ko'rsatkichi	$n \approx 1{,}5$
Elektr doimiysi	$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\frac{Kl^2}{N \cdot m^2}$	Fotonning tinchlikagi massasi	$m = 0$
Propor-sionallik koeffitsiyenti	$k = 9 \cdot 10^9\frac{N \cdot m^2}{Kl^2}$	Vakuumning dielektrik va magnit singdiruvchanligi	$\varepsilon = 1$ $\mu = 1$

Suv moddasining ko’plab fizikaviy doimiy qiymatlari (yod olish muhim)	
Ma’lumot turi	**Ma’lumotning qiymati**
Muzlash harorati	$\mathbf{0}$°C
Erish harorati	$\mathbf{0}$°C
Bug’lanish harorati	$\mathbf{0}$°C
Nur sindirish ko’rsatkichi	$\mathbf{1,3}$
Maksimal zichlikka ega bo’lish harorati	$\approx \mathbf{4}$°C
Qaynash harorati	$\mathbf{100}$°C
Zichligi	$\mathbf{1000}\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}}$
Qattiq (muz) holatdagi zichligi	$\mathbf{900}\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}}$
Gaz (bug’) holatdagi zichligi	$\mathbf{0,6}\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^3}}$
Molyar massasi	$\mathbf{18 \cdot 10^{-3}}\frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{mol}}$
Sirt taranglik koeffitsiyenti	$\mathbf{72 \cdot 10^{-3}}\frac{\boldsymbol{N}}{\boldsymbol{m}}$
Dielektrik singdiruvchanligi	$\mathbf{81}$
Solishtirma issiqlik sig’imi	$\mathbf{4200}\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg}}$
Solishtirma erish issiqligi	$\mathbf{330000}\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg}}$
Solishtirma bug’lanish issiqligi	$\mathbf{2360000}\frac{\boldsymbol{J}}{\boldsymbol{kg}}$
Suvning magnit singdiruvchanligi	$\approx \mathbf{0,007}$

QATTIQ JISMLARNING ZICHLIGI (20^0)

MODDA	*ZICHLIK, g/sm³*	*MODDA*	*ZICHLIK, g/sm³*
Materiallar va qotishmalar		**Minerallar**	
Alyuminiy	2,7	Olmos	3.51
Bronza	8,7-,.9	Asbest	0.1-0.5
Temir	7,88	Granit	2.5-3
Germaniy	5,3	Kvars	2.65
Oltin	19,31	Marmar	2.5-2.8
Kobal't	8,8	Bo'r	2
Kremniy	2,3	Najdak	4
Magniy	1.76	**Turli xil materiallar**	
Mis	8.93	Suyak	1.8-2
Molibden	10.2	Muz (0^0)	0.917
Natriy	0.975	Yelim (oddiy va qattiq)	1.2
Nikel	8.9	Slyuda	2.6-3.2
Qalay	7.29	Shisha	2.55
Platina	21.46	Kvarsli oyna	2.21
Qo'rg'oshin	11.35	Oddiy oyna	2.5
Kumush	10.5	Periks oyna	2.59
P'lat	7.7-7.9	termometr shishasi	2.59
Uran	19.1	Forfor	2.2-2.4
Xrom	7.15	Qaxrabro	1.1
Ruh	7.15		

Trigonometrik funksiyalarning fizikada eng ko'p ishlaydigan qiymatlarini yod bilish muhim!					
$Radian$	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$
$Gradus$	0°	30°	45°	60°	90°
$sin\alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$cos\alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
$tg\alpha$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	–
$ctg\alpha$	–	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0

SUYUQLIKLARNING 20^0C DAGI ZICHLIGI

MODDA	ZICHLIK, g/sm^3	MODDA	ZICHLIK, g/sm^3
Azot kislotasi	1,51	Mashina moyi	0,9
Anilin	1,02	O‘rta yog‘li sut	1,03
Atseton	0,791	Dengiz suvi	1,01-1,03
Benzin	0,68-0,72	Metil spirit	0,792
Benzol	0,879	Chumoli kislotasi	1,22
Brom	3,12	Nitrobenzol	1,2
Brombenzol	1,495	Simob	13,55
Suv	0,99823	Xloroform	1,489
Og‘ir suv ($H_2{}^2O$)	1,1086	Toluol	0,866
Geksan	0,660	Tribrommetan	2,890
Geptan	0,684	Uksus kislotasi	1,049
Glitserin	1,26	Etil spirti	0,79
Neft	0,76-0,85	Nitroglitsirin	1,6

QATTIQ JISMLARNING VA BIOLOGIK TO‘QIMALARNING YUNG MODULI HAMDA MUSTAHKAMLIK CHEGARASI

№	Materiallar	Yung moduli, GPa	Mustahkamlik chegarasi, MPa
1	Po‘lat	200	500
2	Shisha to‘ldirilgan kapron	8	150
3	Organik shisha	3,5	50
4	Kollagen	10 – 100	100
5	Elastin	01 – 0,6	5
6	Suyak	10	100
7	Yog‘och	10	90

KO‘ZGA KO‘RINADIGAN NURLARNING TO‘LQIN UZUNLIKLARI VA CHASTOTALARI

№	Nurlanish nomi	To‘lqin uzunligi, λ, 10^{-9}m yoki nm	Chastotasi, ν, 10^{12}Hz yoki THz	Foton energiyasi, eV
1	Qizil	625-740	400-480	1,68-1,98
2	Zarg‘aldoq	590-625	480-510	1,98-2,10
3	Sariq	565—590	510—530	2,10—2,19
4	Yashil	500—565	530—600	2,19—2,48
5	Havorang	485—500	600—620	2,48—2,56
6	Ko‘k	440-485	620-680	2,56-2,82
7	Binafsha	380-440	680-790	2,82-3,26

BA'ZI SUYUQLIKLARNING 20°C DA SIRT TARANGLIK KOEFFITSENTI

№	Suyiqlik nomi	10^{-3} N/m
1	Benzin	21
2	Kerosin	24
3	Sovun eritmasi	40
4	Sut	46
5	Neft	30
6	Simob	472
7	Spirt	22
8	Etil efiri	17
9	Glitserin	63,4
10	Parafin moyi	48
11	Suv	72,5

ORGANIZMDAGI TURLI TO'QIMALAR, SUYUQLIKLARNI VA BA'ZI O'TKAZGICHLARNING SOLISHTIRMA QARSHILIGI

Nomi	Solishtirma qarshiligi, 10^{-6} Om·m	Nomi	Solishtirma qarshiligi, 10^{-6} Om·m
Orqa miya suyuqligi	0,55	Po`lat	0,15
Qon	1,66	Rux	0,06
Muskullar	2	Konstantan	0,5
Miya va nerv to'qimasi	14,3	Nikelin	0,4
Yog' to'qimasi	33,3	Nikel'	0,45
Quruq teri	10^5	Nixrom	1,1
Suyak-pardasiz suyak	10^7	Sul'fat kislota eritmasi (10%)	26 000
Alyuminiy	0,028	Xromel	1,4
Vol'fram	0,055	Kumush	0,016
Temir	0,1	Qo`rgoshin	0,21
Mis	0,017	Simob	0,96

ARTERIAL QON BOSIMLARINING KLASSIFIKATSIYASI *

№	Qon bosimi turkumi	Arterial bosim	
		Sistolik bosim	Diastolik bosim
1	Optimal	120 gacha	80 gacha
2	Normal	130 gacha	85 gacha
3	Yuqori normal	130-139	85-89
4	1-darajali arterial gipertoniya (yengil)	140-159	90-99
5	2-darajali arterial gipertoniya (o'rtacha	160-179	100-109
6	3-darajali arterial gipertoniya (og'ir)	180 dan yuqori	110 dan yuqori

SUYUQLIKLARNI QOVUSHQOQLIGI

№	Suyuqlik	Qovushqoqlik, η	
		Pa·s	Puaz
1	Moy	0,986	9,86
2	Glitsirin	0,85	8,5
3	Sulfat kislota	0,022	0,22
4	Skipidar	0,00149	0,0149
5	Etil spirti	0,00119	0,0119
6	Benzin	0,00065	0,0065
7	Metil spirti	0,0006	0,006
8	Atseton	0,00033	0,003
9	Efir	0,00023	0,0023
10	Qon (normada)	0,004-0,005	0,04-0,05
11	Qon plazmasi	0,0015	0,015

TURLI YOSHDAGI ORGANIZMDA NORMAL ARTERIAL BOSIM *

Yoshi va jinsi	Puls chegarasi	Erkaklar		Ayollar	
		Maksimal	Minimal	Maksimal	Minimal
Yangi tug'ilgan	110–170	70	—	—	—
1 yosh	94–154	96	66	95	65
10 yosh	60–100	103	69	103	70
20 yosh	60–80	123	76	116	72
30 yosh	60–80	126	79	120	75
40 yosh	60–80	129	81	127	80
50 yosh	64–84	135	83	137	84
60 yosh	69–89	142	85	144	85
70 yosh	69–89	145	82	159	85
80 yosh	69–89	147	82	157	83
90 yosh	—	145	78	150	79

TURLI YOSHDAGI ORGANIZMDA NORMAL PULS URISHI *

Yoshi	O‘rtacha puls urishi (1 minutda)	Puls chegarasi (1 minutda)
1 oygacha	140	110–170
1–12 oylik	132	102–162
1–2 yosh	124	94–154
2–4 yosh	115	90–140
4–6 yosh	106	86–126
6–8 yosh	98	78–118
8–10 yosh	88	68–108
10–12 yosh	80	60–100
12–15 yosh	75	55–95
15–50 yosh	70	60–80
50–60 yosh	74	64–84
60–80 yosh	79	69–89
Katta yoshdagi spotrchilar	50	40-60

Odam uchun qon aylanishning ayrim gidrodinamik parametrlari

Tomir turi	O’rtacha tezlik m/s	Diametr, m	Tezlikning tomir devori yonidagi o’rtacha gradiyenti, s^{-1}	Reynolds soni
Aorta	$4{,}8 \cdot 10^{-1}$	$2{,}5 \cdot 10^{-2}$	155	$3{,}4 \cdot 10^{3}$
Arteriya	$4{,}5 \cdot 10^{-1}$	$4 \cdot 10^{-3}$	900	$5 \cdot 10^{2}$
Arteriola	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-5}$	800	$7 \cdot 10^{2}$
Kapillyar	$1 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-6}$	1000	$2 \cdot 10^{3}$
Venula	$2 \cdot 10^{-3}$	$2{,} \cdot 10^{-5}$	800	$2 \cdot 10^{2}$
Vena	$1 \cdot 10^{-1}$	$5 \cdot 10^{-3}$	160	$1{,}4 \cdot 10^{2}$

BA’ZI TO‘QIMALARNING SOLISHTIRMA ELEKTR QARSHILIGI

№	Modda	ρ $Om \cdot m$	Modda	ρ $Om \cdot m$
1	Miya suyuqligi	0,55	Yog’ to’qimasi	33
3	Qon plazmasi	0,71	Quruq teri	10^5
4	Qon	1,7	Suyak	10^7
5	Muskullar	2,0	Kimyoviy toza suv	10^6
6	Jigar	3,3	Kumush	$1{,}6 \cdot 10^{-8}$
7	Miya	14	yantar	10^{18}

Периодическая таблица химических элементов Д. И. Менделеева

ПЕРИОДЫ	ГРУППЫ							
	A I Б	A II Б	A III Б	A IV Б	A V Б	A VI Б	A VII Б	A VIII Б
1	**H**	Поиск: Usmonov Saidjon					**H** 1 1,00794 ВОДОРОД	**He** 2 4,002602 ГЕЛИЙ
2	**Li** 3 6,941 ЛИТИЙ	**Be** 4 9,01218 БЕРИЛЛИЙ	**B** 5 10,811 БОР	**C** 6 12,011 УГЛЕРОД	**N** 7 14,0067 АЗОТ	**O** 8 15,9994 КИСЛОРОД	**F** 9 18,998403 ФТОР	**Ne** 10 20,179 НЕОН
3	**Na** 11 44,95591 НАТРИЙ	**Mg** 12 24,305 МАГНИЙ	**Al** 13 26,9854 АЛЮМИНИЙ	**Si** 14 28,0855 КРЕМНИЙ	**P** 15 30,97376 ФОСФОР	**S** 16 32,066 СЕРА	**Cl** 17 35,453 ХЛОР	**Ar** 18 39,948 АРГОН
4	**K** 19 39,0983 КАЛИЙ	**Ca** 20 40,078 КАЛЬЦИЙ	21 **Sc** 44,95591 СКАНДИЙ	22 **Ti** 47,88 ТИТАН	23 **V** 50,9415 ВАНАДИЙ	24 **Cr** 51,9961 ХРОМ	25 **Mn** 54,9380 МАРГАНЕЦ	26 **Fe** 55,847 ЖЕЛЕЗО; 27 **Co** 58,9332 КОБАЛЬТ; 28 **Ni** 58,69 НИКЕЛЬ
	29 **Cu** 63,546 МЕДЬ	30 **Zn** 65,39 ЦИНК	**Ga** 31 69,723 ГАЛЛИЙ	**Ge** 32 72,61 ГЕРМАНИЙ	**As** 33 74,9216 МЫШЬЯК	**Se** 34 78,96 СЕЛЕН	**Br** 35 79,904 БРОМ	**Kr** 36 83,80 КРИПТОН
5	**Rb** 37 85,4678 РУБИДИЙ	**Sr** 38 87,62 СТРОНЦИЙ	39 **Y** 88,9059 ИТТРИЙ	40 **Zr** 91,224 ЦИРКОНИЙ	41 **Nb** 92,9064 НИОБИЙ	42 **Mo** 95,94 МОЛИБДЕН	43 **Tc** [98] ТЕХНЕЦИЙ	44 **Ru** 101,07 РУТЕНИЙ; 45 **Rh** 102,9055 РОДИЙ; 46 **Pd** 106,42 ПАЛЛАДИЙ
	47 **Ag** 107,8682 СЕРЕБРО	48 **Cd** 112,41 КАДМИЙ	**In** 49 114,82 ИНДИЙ	**Sn** 50 118,710 ОЛОВО	**Sb** 51 121,75 СУРЬМА	**Te** 52 127,60 ТЕЛЛУР	**I** 53 126,9045 ЙОД	**Xe** 54 131,29 КСЕНОН
6	**Cs** 55 132,9054 ЦЕЗИЙ	**Ba** 56 137,327 БАРИЙ	57 * **La** 138,9055 ЛАНТАН	72 **Gf** 178,49 ГАФНИЙ	73 **Ta** 180,9479 ТАНТАЛ	74 **W** 183,84 ВОЛЬФРАМ	75 **Re** 186,207 РЕНИЙ	76 **Os** 190,2 ОСМИЙ; 77 **Ir** 192,22 ИРИДИЙ; 78 **Pt** 195,08 ПЛАТИНА
	79 **Au** 196,9665 ЗОЛОТО	80 **Hg** 200,59 РТУТЬ	**Tl** 81 204,383 ТАЛЛИЙ	**Pb** 82 207,72 СВИНЕЦ	**Bi** 83 208,9804 ВИСМУТ	**Po** 84 208,9824 ПОЛОНИЙ	**At** 85 209,9871 АСТАТ	**Rn** 86 222,0176 РАДОН
7	**Fr** 87 [223] ФРАНЦИЙ	**Ra** 88 [226] РАДИЙ	89 ** **Ac** [227] АКТИНИЙ	104 **Rf** [261] РЕЗЕРФОРДИЙ	105 **Db** [262] ДУБНИЙ	106 **Sg** [266] СИБОРГИЙ	107 **Bh** [267] БОРИЙ	108 **Hs** [269] ХАССИЙ; 109 **Mt** [268] МЕЙТНЕРИЙ; 110 **Dr** [271] ДАРМШТАДТИЙ

Легенда

* Лантаноиды | ** Актиноиды | Высшие оксиды | Летучие водородные соединения

58 **Ce** 140,12 ЦЕРИЙ	59 **Pr** 140,9077 ПРАЗЕОДИМ	60 **Nd** 144,24 НЕОДИМ	61 **Pm** [145] ПРОМЕТИЙ	62 **Sm** 150,36 САМАРИЙ	63 **Eu** 151,98 ЕВРОПИЙ	64 **Gd** 157,25 ГАДОЛИНИЙ	65 **Tb** 158,9254 ТЕРБИЙ	66 **Dy** 162,50 ДИСПРОЗИЙ	67 **Ho** 164,9304 ГОЛЬМИЙ	68 **Er** 167,26 ЭРБИЙ	69 **Tm** 168,9342 ТУЛИЙ	70 **Yb** 173,04 ИТТЕРБИЙ	71 **Lu** 174,967 ЛЮТЕЦИЙ

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. I.G.Tursunov, D.A. Begmatova Fizika fanidan o‘quv qo‘llanma. “Excellent Poliygraphy” nashriyoti Toshkent – 2020.
2. Abduraxmonov K.F. va b., Fizika kursi, Toshkent, 2012.
3. Qodirov O., Fizika kursi, 1-qism., Toshkent, 2005.
4. Sultonov V.A., Fizika kursi, OO‘MTV, 2007.
5. Bozorova S., Fizika kursi, Toshkent, 2007.
6. Savel’ev I.V., Umumiy fizika kursi T.1, 2, 3., Toshkent 1989.
7. No‘monxojaev A.S., Fizika kursi 1-qism., Toshkent, 1992.
8. Axmadjonov O., Fizika kursi, toshkent, 1989.
9. Volkenshteyn V.S., Umumiy fizika kursidan masalalar to‘plami, Moskva, 1973.
10. CHertov A., Fizikadan masalalar to‘plami, Toshkent, 1997.
11. Toshxonova L.A., Umumiy fizika kursi, Toshkent, 2004.
12. Isabel Gedgrave ”Modern Teaching of Physics”. 2009
13. G.F.Bushok, E.F.Venger “Metodika prepodovaniya obщey fiziki v vыsshey shkole” Kiev. 2000.
14. Qurbonov M., Uzoqova G.S., Tursunov K.SH. “Fizika o‘qitishning nazariy asoslari” T.”O‘zbekiston” 2008.
15. M.D. Jo‘raev “Fizika o’qitish metodikasi (umumiy masalalar)” T., TDPU., 2015.

Internet ma’lumotlari:

1. Animatsion rolik (http:www.upscale.utorouto.ca. va html,http:tical ua.es)
2. Fizika “Physicon”.
3. ”Phusics onlian”
4. Ko‘rgazmali rangli rasmlar (http:www.hord Wareandlysis com.)
5. www.physicon. ru - "Molekulyarnaya fizika na kompyutere"
6. www.cultinfo./fulltext/1/008/077/561/htm
1. www.en/edu.ru.

MUNDARIJA:

I. BOB. Mexanika

1. Mexanika. Moddiy nuqta kinematikasi……...5

2. Moddiy nuqta dinamikasi……..…9

3. Impuls. Mexanik ish va energiya……15

4. Mutloq qattiq jism harakati kinematikasi va dinamikasi……19

5. Tebranma harakatlar va to‘lqinlar…….22

II. BOB. Molekulyar fizika

6. Molekular fizika asoslari……...26

7. Gazlar kinetik nazariyasi……29

8. Real gazlar……36

9. Issiqlik miqdori. Temperatura……41

10. Termodinamik jarayonlar va ularning qonuniyatlari……45

11. Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Qaytar va qaytmas jarayonlar.48

12. Suyuqliklar mexanikasi elementlari……49

13. Suyuqliklar xossalari……57

14. Polimerlar fizikasi……80

15. Qattiq jismlar fizikasi……91

III. BOB. Elektrodinamika asoslari

16. Elektrostatika…….106

17. Elektrostatik maydonida o‘tkazgichlar……..116

18. O‘zgarmas elektr toki va uning qonunlari……132

19. Turli muhitlarda elektr toki……153

20. Elektromagnetizm……171

21. Elektromagnit induksiya qonunlari……186

22. Maksvellning elektromagnit maydonlar nazariyasi……190

IV. BOB. Optika

23. Geometrik optika qonunlari va yorug‘likning to‘lqin xossalari……191

24. Yorug'likning difraksiyasi……202

25. Elektromagnit to‘lqinlarning modda bilan ta’siri. ……206

26. Nurlanishning kvant tabiati……216
27. Yorug‘likning kvant xossalari……219
IV. BOB. Atom va yadro fizikasi
28. Vodorod atomining Bor nazariyasi. Atom va molekulalarning kvant mexanikasi elementlari……222
29. Yadro fizikasi……..226
30. Elementar zarralar fizikasi……232
Ilovalar:……239