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

SAMARQAND IQTISODIYOT VA SERVIS INSTITUTI

Abdusalomova M.N.

FIZIKA

SAMARQAND – 2009

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

SAMARQAND IQTISODIYOT VA SERVIS INSTITUTI

FIZIKA

LEKSIYALAR KURSI

SAMARQAND – 2009

Abdusalomova M.N. Fizika. Leksiya kursi. Samarqand: SamISI, 2009, 307-bet.

Taqrizchilar: Eshqobilov N. – SamDU professori
Zaynalov J.R. – SamISI professori

Fizika kursi bakalavriyatning “Xizmat ko‘rsatish sohasi” yo‘nalishlari talabalari uchun leksiyalar kursi sifatida tavsiya etgan. Ushbu leksiyalar kursi “Mexanikaning fizikaviy asoslari”, “Molekulyar fizika va termodinamika asoslari”, “Elektr va magnetizm”, “Kvant fizikasi” qismlariga oid mavzularni o‘z ichiga olgan. Qo‘yilgan masalalarni izohlashda fizik jarayonlar o‘zaro bog‘liq ekanligiga alohida e’tibor berilgan hamda tabiat va texnikaga oid misollar bilan boyitilgan.

Mazkur leksiyalar kursi Oliy ta’limning 810000-«Xizmat ko‘rsatish sohasi» ta’lim sohasining barcha bakalavriyat yo‘nalishlari uchun mo‘ljallangan.

Leksiyalar kursi Samarqand iqtisodiyot va servis instituti «Kasb-hunar ta’limi» kafedrasining 2009 yil _____ (___-bayon) yig‘ilishida muhokama qilindi va tasdiqlandi.

O‘quv uslubiy kengashining 2009 yil _____-sonli bayonnomasi bilan tasdiqlangan.

M U N D A R I J A

	SO‘Z BOSHI……	**5**
I BOB:	**Mexanikaning fizikaviy asoslari……**	**6**
1.1 Mavzu:	Mexanik harakatning kinematik va dinamik tavsifi…….....	6
1.2 Mavzu:	Mexanik ish. Quvvat. Enregiya……	27
1.3 Mavzu:	Qattiq jism mexanikasi……..……	41
1.4 Mavzu:	Mexanik tebranishlar…….……....	55
1.5 Mavzu:	Mexanik to’lqinlar. Tovush to’lqinlari……..	67
II BOB:	**Molekulyar fizika va termodinamikaning asoslari…….. **	**75**
2.1 Mavzu:	Gazlar molekulyar-kinetik nazariyasining asoslari……...	75
2.2 Mavzu:	Termodinamika asoslari……	98
2.3 Mavzu:	Suyuqliklar. Qattiq jismlar ……...	113
III BOB:	**Elektr va magnetizm……..…**	**139**
3.1 Mavzu:	Elektr maydon vakuumda. Elektr maydonida dielektriklar ……..	139
3.2 Mavzu:	Elektr maydonida o‘tkazgichlar……	159
3.3 Mavzu:	O‘zgarmas elektr toki…..……..	170
3.4 Mavzu:	O‘tkazgichlar, dielektriklar, yarim o‘tkazgichlar……..	186
3.5 Mavzu:	Metallarning klassik nazariyasi. Vakuumda elektr toki. Termoelektrik hodisalar ……...	197
3.6 Mavzu:	Elektromagnetizm. Moddalardagi magnit maydoni …….……	212
3.7 Mavzu:	Elektromagnit induksiya……	233
3.8 Mavzu:	Elektromagnit maydoni. Maksvell tenglamalari……	244
3.9 Mavzu:	O‘zgaruvchan elektr toki…….....	251
3.10 Mavzu:	Elektromagnit tebarnishlar va to‘lqinlar……	266
IV BOB:	**Kvant fizikasi. Kvant-optikaviy hodisaning asoslari …….. **	**280**
4.1 Mavzu:	Kvant fizikasi. Kvant-optikaviy hodisaning asoslari ……	280
4.2 Mavzu:	Mikrozarrachalarning to‘lqin xususiyatlari……...	289
4.3 Mavzu:	Atomning energetik sohalarining diskretligi. Vodorod atomi tuzilishining kvant nazariyasi…….....	295
	Test savollari……	**306**
	Adabiyot……...	**315**

SO‘Z BOSHI

O‘zbekiston xalqaro turizmning rivojlanishni yaxshi raqobat bardoshlik ustunliklariga ega. Turizm rivojlanishi milliy iqtisodiyot uchun katta ta’sirga ega. U shu sohada band bo‘lgan ishchilarni vash u orqali butun aholining madaniy va texnikaviy darajasini oshirishiga ko‘maklashadi.

Turizmni rivojlanishi mehmonxonalar, restoranlar, magazinlar, yo‘llar, madaniy-oqartuv muassasalarni qurish va qayta jihozlash ishlarini tezlashtiradi, tarixiy va arxitektura yodgorliklarini tiklash, atrof-muhitni muhofaza qilish ishlariga turtki beradi.

Informatsion texnologiyalar va maishiy xizmat sektorining ustunligi bugungi kunning belgilovchi xususiyati hisoblanadi. Bu masalalarni yechishda fizika fani muhim o‘rin egallaydi, chunki u insoniyat texnikaviy yutuqlarining poydevori bo‘lib xizmat qiladi.

Fizika hozirgi zamon jamiyati hayotida juda muhim o‘rinni egallaydi. Sanoatda, transportda, qishloq xo‘jaligida, tibbiyotda, maishiy xizmatda, madaniyatda u inson hayotining iqtisodiy va ijtimoiy sharoitini tubdan o‘zgarishiga ko‘maklashmoqda va yangi sanoat ishlab chiqarishining, kelajak texnikasining asosi hisoblanadi.

I BOB: Mexanikaning fizikaviy asoslari

1.1 Mavzu: Mexanika harakatning kinematik va dinamik tavsifi

Dars maqsadi: Talabalarni mutaxassisliklari uchun fizika fanining maqsadi, vazifasi, tadqiqot uslublari va amaliy ahamiyati haqida chuqur ma'lumotlar berish. Mexanik harakatni harakteristikalari, turlari va amaliyotda foydalanishi haqida chuqur bilim berish.

Asosiy savollar:

1. Fizika fani va uning maqsadi, vazifasi va tadqiqot uslublari
2. Klassik mexanika. Mexanik harakatni kinematik tavsifi
3. Mexanik harakatni dinamik tavsifi
4. Fundamental o'zaro ta'sirlar va kuchlar
5. «Xizmat ko'rsatish» sohalarda mexanik harakatni kattaliklari va ularning amaliy ahamiyati

Tayanch so'z va iboralar:

Inersiya (lotincha inertia - harakatsizlik) inertlik – moddiy jismning xossalaridan biri.

Impuls (lotincha impulsus – zarba, turtki) – mexanik harakat o'lchovi.

Kuch – berilgan jismga boshqa jismlar tomonidan ko'rsatilayogan mexanik ta'sirning miqdori va yo'nalishini ifodalovchi kattalik.

Massa – jismning inertlik va gravitatsion xususiyatlarini ifodalovchi fizik kattalik.

Materiya – dunyodagi cheksiz barcha ob'ekt va sistemalar bo'lib, har qanday xususiyat, aloqa, munosabat va harakat shakllarining substati (asosi)dir.

Mexanika (yunoncha mechanike (teche) – qurol, inshoot) – tashqi kuch ta'sirida jismning fazada harakatlanishi va muvozanatini o'rganish bilan shug'ullanadigan fan.

Mexanik harakat – tashqi kuch ta'sirida jismning fazada o'z o'rnini uzluksiz o'zgartirishi.

Trayektoriya (lotincha traectorius – harakatga oid) – fazoda harakatlanayotgan moddiy nuqta hosil qiluvchi chiziq

Fizika tabiat hodisalarini, modda va maydon xossalari va qonuniyatlarini o‘rgatuvchi fan.

Fizika fanini birinchi bo‘lib qadimgi yunon mutaffakkiri Aristotel (e.a. 384-322 y.) o‘zining kitobida bayon etgan.

Olimlar tabiatni ko‘p asrlar davomida o‘rganib, materiya harakatsiz yashay olmaydi, harakatni materiyadan ajratib va yo‘q qilib bo‘lmaydi, ya’ni harakat materiyaning ajralmas xossasidir, degan xulosaga keldilar. Harakat deganda materiyaning tabiatda bo‘ladigan barcha o‘zgarishlari bir turdan ikkinchi turga aylanishlari va barcha jarayonlar tushuniladi.

Tabiatda sodir bo‘luvchi barcha harakatlar va jarayonlar muayyan qonunlar bo‘yicha yuz beradi. Turli jarayonlar va hodisalar orasidagi qonuniy bog‘lanishni ochish va o‘rganish har bir qanday fan tarmog‘ining bosh maqsadi hisoblanadi. Buni bilish esa inson qo‘liga tabiatdagi biror hodisa qanday yuz berishini oldindan bilishiga, ya’ni kelajakni oldindan aytishga va o‘tmishni izohlashga yordam qiladigan usullar berish uchun kerak. Shundagina tabiat hodisalarini inson foydasiga ishlatish mumkin.

Fizika barcha tabiiyot va amaliy fanlarning muvaffaqiyatli rivojlanishi uchun zarur bo‘lgan tadqiqotlarni ishlab chiqishga va asboblar yaratishga imkon beradi. Hozirgi vaqtda bu fanlarning barchasining alohida bo‘limlari bor: astronomiyada – astrofizika, kimyoda – fizikkimyo, agronomiyada – agrofizika, metallshunoslikda – metallofizika va hokazo. Shuning uchun fizika barcha tabiiyot va amaliy fanlarning yaratilishi uchun poydevordir, deyish mumkin.

Tabiat haqidagi fanlar ichida texnika taraqqiyoti uchun fizika eng katta ahamiyatga ega. Fizika texnikaning asosidir, chunki fizika qonunlari texnikada ko‘p qo‘llaniladi. Fizika sohasidagi yangi kashfiyotlar mavjud texnikaning yaxshilanishi yoki yangi texnikaning paydo bo‘lishiga sabab bo‘ldi. Texnikaning taraqqiyoti o‘z navbatida fanning yanada rivojlanishiga olib keladi.

Fizika ishlab chiqarishning taraqqiyotiga tegishli tabiiy fanlar orqali ham, bevosita ham juda katta ta’sir ko‘rsatadi. Fizikaning ishlab chiqarishga elektr energiya, barcha transport turlari, radioaloqa, teleko‘rsatuv, yadro energiyasini va hokazolarni ochib berganini eslashning o‘zi yetarlidir.

Zamonaviy fizika materiya harakatining turli fizik shakllarini, ularning bir-biriga aylinishini, shuningdek, modda va maydon xossalarini o‘rgatadi.

Fizika taraqqiyoti davrida bir qancha tushunchalar sistemasi vujudga kelgan va bular orqali barcha fizik hodisalar, fikrlar, qonunlar va hokazolarni ta’riflash mumkin. Ana shunday tushunchalardan: fizik jismlar, fizik sistema, fizik hodisa va fizik muhit deb ataluvchi tushunchalar.

Fizik jismlar deb, tabiatda uchraydigan turli moddalardan tashkil topgan barcha jismlarga aytiladi. Masalan, turli moddalardan tashkil topgan Quyosh, auditoriya, xonadagi havo, chang zarralari, dengiz, avtobus va hokazolar fizik jismlar.

Fizik sistema yoki jismlar sistemasi deb, ayrim fizik hodisalar xuddi bitta jismdagidek namoyon bo‘ladigan jismlar to‘plamiga aytiladi.

Fizik hodisalar deb, modda zarrachalari, atom yoki molekulalari o‘zgarmas qolgan holda sodir bo‘ladigan hodisalarga aytiladi. Masalan, suvning qaynashi yoki muzlashi, avtobus va samolyotning harakati va shu kabilar fizik hodisalardir.

Modda molekulalari o‘zgaradigan hodisalar kimyoviy hodisalar deyiladi. Masalan, yoqilg‘ining yonishi, plastmassalar tayyorlash, rudalardan metall olish. Ammo ko‘pgina hodisalarda bir vaqtning ham fizik, ham kimyoviy hodisalar sodir bo‘lishi mumkin. Misol tariqasida bunga elektr yoyini, radioaktivlik, zanjir va termoyadro reaksiyalarini olish mumkin. Shuning uchun ham fizika ham kimyo fanlari o‘rtasiga keskin chegara qo‘yib bo‘lmaydi.

Fizik muhit deb, fizik hodisa va jarayonlar sodir bo‘ladigan moddiy fazo yoki muhitga aytiladi.

Mexanika materiya harakatining eng sodda turi haqidagi ta’limotdir. Bunday harakat jismlarning yoki jism qismlarining bir-biriga nisbatan ko‘chishidan iborat bo‘ladi.

Mexanika ham, hamma tabiiy fanlar kabi, o‘zining qonun-qoidalarini tajribalardan olingan ma’lumotlarni umumlashtirish yo‘li bilan aniqlaydi. Jismlarning ko‘chishini kuzatish tajribalari eng sodda tajribalardandir. Odamlar, kundalik turmushida va har qanday ishlab chiqarish jarayonida jismlarning ko‘chishini ko‘radilar. Shuning uchun mexanik tasavvurlar juda yaqqol bo‘ladi. Mexanikaning boshqa tabiiy fanlardan oldinroq rivojlanishiga ham sabab ana shu.

Fizikaning jismlar mexanik harakatini va nisbiy tinchlik sharoitlarini o‘rganadigan bo‘limi mexanika deyiladi.

Mexanik harakatda bir jismning vaziyati boshqa jismlarga nisbatan o‘zgaradi. Masalan, poyezd temir yo‘l iziga nisbatan, trolleybus, avtobuslar binolarga, daraxtlarga nisbatan harakat qiladi va hokazo. Ammo temir yo‘l relsi va binolar, daraxtlarning o‘zi ham Yer bilan birga harakatlanib turadi. Tabiatda mutlaqo harakatsiz jism yo‘q.

Tabiatdagi hamma jismlar harakatda bo‘lganligidan har qanday tinchlik nisbiydir.

Har qanday tinchlik nisbiy bo‘lgani kabi, har qanday harakat ham nisbiydir.

Mexanika uch kismga bo‘linadi: kinematika, dinamika va statika.

Mexanikaning mexanik harakatni uni yuzaga keltirgan sabablarga bog‘liq bo‘lmagan holda o‘rganadigan bo‘limi kinematika deyiladi.

Mexanikaning jismlarning harakat qonunlarini harakatlanayotgan jism massalariga va ta’sir etuvchi kuchlarga bog‘liq holda o‘rganadigan bo‘limi dinamika deyiladi.

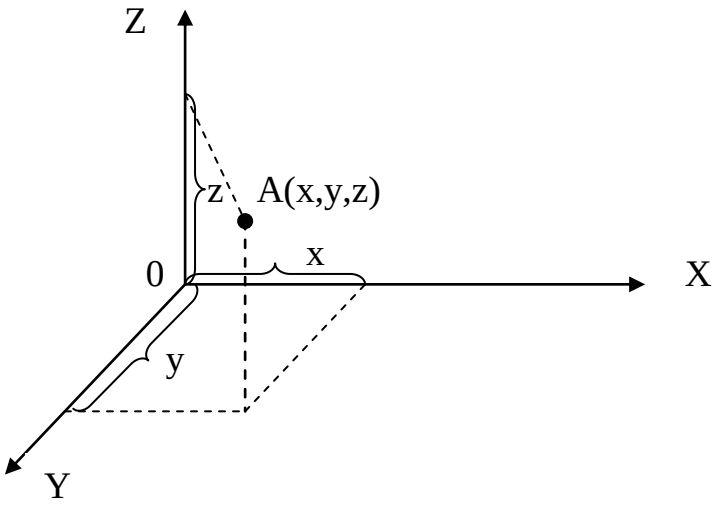
Kuch ta’sirida jismlarning muvozanat holatini saqlash shartlarini o‘rganadigan mexanikani bo‘limi statika deyiladi.

Kinematika o‘rin almashtirishning o‘zinigina vaqtga bog‘lab tekshiradi, dinamika esa jismlarning harakat holatlarini o‘zgartiradagan o‘zaro ta’sirlarni ham hisobga oladi.

Jismning harakatini tasvirlashda, ya’ni uni vaziyatining o‘zgarishini ko‘rsatishda, berilgan jismning harakati kaysi jismga yoki jismlar sistemasiga nisbatan qaralishini tanlab olish kerak. Mazkur jismning harakati qanday jism yoki

jismlar sistemasiga nisbatan qaralayotgan bo‘lsa, o‘sha jism yoki jismlar sistemasi sanoq boshi sistemasi yoki sanoq sistemasi deb ataladi. Misol uchun harakatdagi avtobus salonida o‘tirgan yo‘lovchi haqida konduktor «yo‘lovchi harakatsiz o‘tiribdi», - deb aytadi. O‘tib ketayotgan avtobusni kuzatuvchi esa «yo‘lovchi mendan uzoqlashib bormoqda», - deydi. Yo‘lovchi harakatsiz o‘tiribdi, deb aytayotgan konduktor yo‘lovchining vaziyatini salondagi jismlarga nisbatan qaraydi, kuzatuvchi esa yo‘lovchining vaziyatini o‘ziga nisbatan yoki yonida turgan jismlarga nisbatan kuzatadi. Ikkita kuzatuvchi yo‘lovchining vaziyatini boshqa-boshqa ikki jismga nisbatan kuzatayotgani uchun turlicha xulosaga keladilar, ularning ikkalasi ham haqdir.

Yerda jismlarning harakatini tekshirganda sanoq sistemasi qilib odatda Yer yoki Yerga nisbatan harakatsiz bo‘lgan turli jismlar olinadi. Sanoq sistemasi qilib olingan jismga biror koordinatalar sistemasi bog‘lanadi va bunga nisbatan jismlar harakati o‘rganiladi. Odatda to‘g‘ri burchakli Dekart koordinatalar sistemasi qo‘llanilari (1 – rasm).



1 – rasm

Bu holda jism turgan A nuqtaning vaqtning istalgan paytidagi vaziyati biror shartlashib olingan masshtabda OX o‘q bo‘yicha o‘lchangan x, OY o‘q bo‘yicha o‘lchangan u va OZ o‘q bo‘yicha o‘lchangan z masofalar bilan to‘liq aniqlanadi. x, y,z kesmalar A nuqtaning koordinatalari bo‘ladi.

Jismlarning harakati haqida ko‘pgina amaliy masalalarda berilgan jismlarning o‘lchami va shakli rol o‘ynamaydi va shuning uchun ko‘pincha, jismlarning harakatini bayon qilishda ularning o‘lchamlari nazarga olinmasligi mumkin. Bunday holda moddiy nuqta tushunchasi kiritiladi.

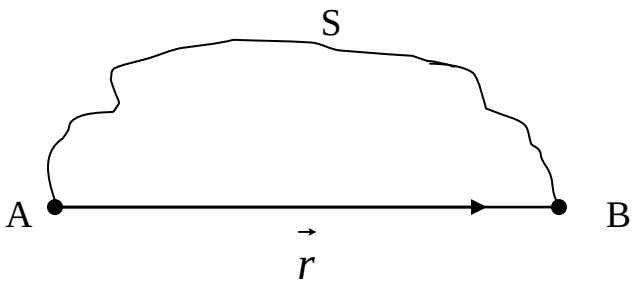
Moddiy nuqta deb, tekshirilayotgan masofaga nisbatan o‘lchamlari juda kichik va shakli nazarga olinmasa ham bo‘laveradigan jismlarga aytiladi. Masalan, Yerning Quyosh atrofidagi harakatini o‘rganishda Yer va Quyoshni moddiy nuqtalar deb olish mumkin. Yerning o‘z o‘qi atrofidagi harakatini o‘rganishda esa Yerni moddiy nuqta deb qarash mumkin emas chunki Yerning shakli va o‘lchamlari uning aylanma harakati harakteriga ancha ta’sir ko‘rsatadi.

Moddiy nuqta harakati fazoda ma’lum chiziq bo‘ylab sodir bo‘ladi, bu chiziqning shakli turli-tuman bo‘lishi mumkin.

Moddiy nuqtaning o‘z harakati davomidagi fazoda qoldirgan izi trayektoriya deyiladi. Agar trayektoriya to‘g‘ri chiziqdan iborat bo‘lsa, to‘g‘ri chiziqli harakat, yoki aksincha, trayektoriya egri chiziqdan iborat bo‘lsa, egri chiziqli harakat deb ataladi.

Moddiy nuqtaning biror vaqt oralig‘ida o‘tgan trayektoriyasining uzunligi o‘tilgan yo‘l deyiladi. Faraz qilaylik, moddiy nuqta biror trayektoriya bo‘ylab A nuqtasidan V nuqtasiga ko‘chgan bo‘lsa (2 – rasm). Bu vaqtda trayektoriya bo‘ylab hisoblangan A va V nuqtalar orasidagi masofa o‘tilgan yo‘lni ifodalaydi. Bu yulni S bilan belgilangan.

Harakat trayektoriyasining bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga yo‘nalgan kesmadan iborat bo‘lgan vektor kattalikka ko‘chish deyiladi (2 – rasm) va $\vec{r}$ bilan belgilanadi.



2 – rasm

To‘g‘ri chiziqli harakatda trayektoriya bilan ko‘chish ustma-ust tushadi. Bu holda moddiy nuqtaning bosib o‘tgan yo‘li ko‘chishning moduliga teng, ya’ni:

$$S = |\vec{r}| \qquad (1)$$

Moddiy nuqtaning barobar vaqtlar oralig‘ida o‘tgan masofasiga qarab harakatlar tekis va notekis harakatlarga ajraladi.

Agar jism to‘g‘ri chiziqli harakatda teng vaqt oraliqlarida teng masofalarni bosib o‘tsa, jismning bunday harakati to‘g‘ri chiziqli tekis harakat deyiladi. Bundan to‘g‘ri chiziqli tekis harakatda jismning tezligi kattalik va yo‘nalish jihatidan o‘zgarishsiz qoladi.

Agar t vaqt davomida jism S yo‘lni bosib o‘tgan bo‘lsa, u holda harakat tezligi:

$$\upsilon = \frac{s}{t} \quad \text{yoki} \quad \vec{\upsilon} = \frac{\vec{r}}{t} \qquad (2)$$

bo‘ladi, bunda $\vec{r}$ - jismning t vaqt ichidagi ko‘chishini bildiradi.

(2) formuladan bosib o‘tilgan yo‘lni formulasini hosil qilamiz, ya’ni:

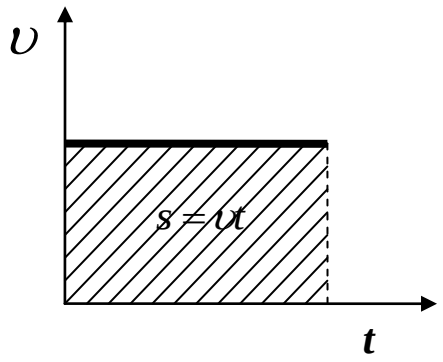
$$s = \upsilon t \qquad (3)$$

(3) formula tekis harakat tenglamasi deyiladi. Demak, jismning to‘g‘ri chiziqli tekis harakatida o‘tgan yo‘li bilan harakat vaqtiga to‘g‘ri proporsionaldir.

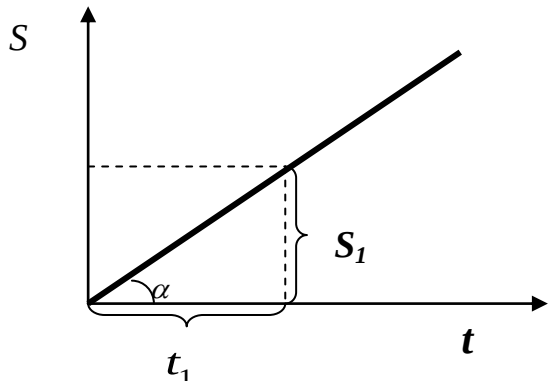
3 – rasmda to‘g‘ri chiziqli tekis harakati tezlik grafigi tasvirlangan. (3) formulani e’tiborga olib, to‘g‘ri chiziqli tekis harakatda jism bosib o‘tgan yo‘l 4–rasmdagi shtrixlangan to‘g‘ri to‘rtburchakning yuziga son jihatdan teng bo‘ladi.

Yo‘l grafigini yasashda abssissa o‘qini vaqt o‘qi, ordinata o‘qini yo‘l o‘qi qilib olamiz (4 – rasm). Natijada koordinatalar boshidan o‘tuvchi to‘g‘ri chiziqdn iborat bo‘lgan yo‘l grafigini hosil qilamiz. Bu to‘g‘ri chiziqning vaqt o‘qining musbat yo‘nalishi bilan hosil qilgan α burchagining tangensi υ tezlikka teng bo‘ladi, ya’ni:

$$\upsilon = tg\alpha = \frac{s_1}{t_1} \qquad (4)$$



3 – rasm



4- rasm

To‘g‘ri chiziqli tekis harakatning tezligi qancha katta bo‘lsa, yo‘l grafigi vaqt o‘qi bilan shuncha katta burchak tashkil qiladi.

Tabiatda vaqt o‘tishi bilan tezligi o‘zgarib turadigan harakat ko‘p uchraydi. Masalan, trolleybus va avtobuslarning harakatini kuzatar ekanmiz, yo‘lning ba’zi qismlarida sekinroq harakatlanishini to‘xtash joylarida esa tezlik nolga teng bo‘lishini ko‘ramiz. Bunday harakat notekis yoki o‘zgaruvchan harakat deyiladi.

Vaqt o‘tishi bilan tezligi o‘zgaradigan harakat o‘zgaruvchan harakat deyiladi.

Harakat trayektoriyasi to‘g‘ri chiziqdan iborat bo‘lgan o‘zgaruvchan harakat to‘g‘ri chiziqli o‘zgaruvchan harakat deb ataladi.

O‘zgaruvchan harakatining eng sodda turi tekis o‘zgaruvchan harakatdir. Bunday harakatda har qanday teng vaqt oraliqlari davomida tezlik ayni bir kattalika o‘zgaradi, binobarin tezlanish o‘zgarmas ($a = const$) bo‘ladi.

Tekis o‘zgaruvchan harakatni tekis tezlanuvchan va tekis sekinlanuvchan harakatlarga ajratiladi.

Har qanday teng vaqt oraliqlarida tezligi bir tekis ortib boradigan harakat tekis tezlanuvchan harakat deyiladi va bunday harakatda tezlanish musbat ($\vec{a} \rangle 0$) va yo‘nalishi tezlik yoki harakat yo‘nalishi bilan bir xil bo‘ladi.

Har qanday teng vaqt oraliqlarda tezligi bir tekis kamayib boradigan harakat tekis sekinlanuvchan harakat deb ataladi va bunday harakatda tezlanish manfiy bo‘lib ($\vec{a} \langle 0$), tezlik yo‘nalishiga qarama-qarshi yo‘nalgan bo‘ladi.

Agar jismning υ_0 tezligi t vaqt davomida υ qiymatgacha o‘zgargan bo‘lsa, tezlanish quyidagicha bo‘ladi:

$$a = \frac{\upsilon - \upsilon_0}{t} \qquad (5)$$

(5) formuladan υ ni topamiz:

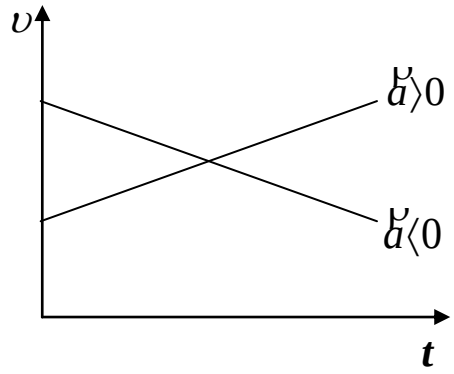
$$\upsilon = \upsilon_0 + at \qquad (6)$$

(6) formula tekis tezlanuvchan harakatining tezligini ifodalaydi.

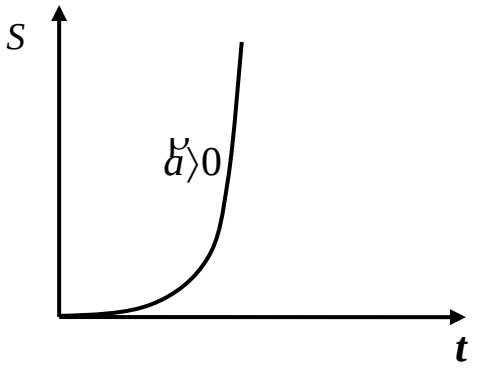
Tekis sekinlanuvchan harakatda $\vec{a} \langle 0$ ekanini nazarga olsak, u holda (6) formula quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\upsilon = \upsilon_0 - at \qquad (7)$$

Tekis o‘zgaruvchan harakatini tezligini grafigi 5 – rasmda berilgan.



5 – rasm



6 – rasm

(6) formulani ikkala tomonini dt ga ko‘paytiramiz, ya’ni:

$$\upsilon \cdot dt = \upsilon_0 dt + at \cdot dt \qquad (7')$$

yoki

$$dS = \upsilon_0 dt + at \cdot dt \qquad (8)$$

(8) formulani ikkala tomonidan integral olamiz:

$$\int_0^S dS = \int_0^t \upsilon_0 dt + \int_0^t at \cdot dt \qquad (9)$$

$$S = S_0 + \upsilon_0 t + \frac{at^2}{2} \qquad (10)$$

bunda S_0 - integrallashning doimiyligi.

(10) formula to‘g‘ri chiziqli o‘zgaruvchan harakatining yo‘l tenglamasi aytiladi va yo‘lni grafik tasviri 6 – rasm berilgan.

Yuqorida qayd qilib o‘tganimizdek, trayektoriyasi egri chiziqdan iborat bo‘lgan harakat egri chiziqli harakat deb ataladi. Tabiatda va texnikada egri chiziqli harakat ko‘p uchraydi. Masalan, sayyora va sun’iy yo‘ldoshlar, transport vositalari, mashinalarning qismlari, issiq va sovuq havo oqimlari va hokazolar egri chiziqli harakat qiladi.

Egri chiziqli turli-tuman harakatlar orasida eng oddiysi jism (moddiy nuqta) ning aylana bo‘ylab harakatidir.

Agar jism aylana bo‘yicha teng vaqtlar ichida teng yoylarni bosib o‘tsa, bunday harakat aylana bo‘ylab tekis harakat deyiladi, ya’ni:

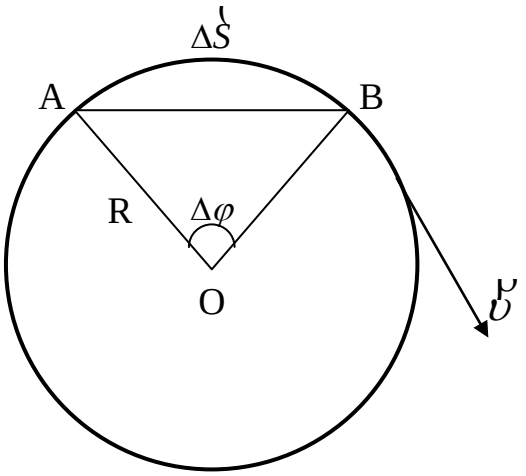
$$\upsilon = \frac{\Delta \overset{\smile}{S}}{\Delta t}\ ; \qquad \Delta \overset{\smile}{S} = R \cdot \Delta\varphi \qquad (11)$$

bu yerda: $\Delta \overset{\smile}{S}$ - jismning Δt vaqt davomida bosib o‘tgan yoyning uzunligi. Egri chiziqli harakatda jismning chiziqli tezligi hamma vaqt harakat trayektoriyasiga urinma bo‘lib yo‘nalgan bo‘ladi (7 – rasm).

Jism aylana bo‘ylab tekis harakat qilganda chiziqli tezlik vektori miqdor jihatdan o‘zgarmasdan, butun harakat davomida o‘z yo‘nalishini o‘zgartirib turadi. Shuning uchun aylana bo‘ylab harakatlanayotgan jismning harakati chiziqli tezlikdan tashqari burchak tezlik deb ataladigan kattalik bilan ham harakterlanadi.

Burchak tezlik haqida tushuncha hosil qilish uchun biror jismning aylana bo‘ylab tekis harakatini ko‘rib chiqaylik (7–rasm). Aylananing O markazidan

jismning biror A nuqtasiga R radius o‘tkazaylik va jism bilan birga unga o‘tkazilgan radiusning harakatini ham kuzataylik.



7 – rasm

Jism aylana bo‘ylab harakatlanganda radius ham buriladi. Masalan, jism biror Δt vaqt davomida A nuqtadan V nuqtaga ko‘chgan bo‘lsa, shu vaqt ichida radius $\Delta\varphi$ burchakka buriladi. Bu burchak jismning burilish burchagi (burchak yo‘li) deyiladi.

Jismning vaqt birligi ichida burilish burchagi aylana bo‘ylab tekis harakatning burchak tezligi deyiladi, ya’ni:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \qquad (12)$$

(12) formulani ikkala tomonini *R* ga ko‘paytirib va $\Delta S = R \cdot \Delta\varphi$ ekanini nazarga olib, chiziqli tezlikni burchak tezlik bilan bog‘lovchi munosabatni topamiz:

$$\upsilon = \omega R \qquad (13)$$

Tekis aylanma harakatining burchak tezligini ham davr va chastota orqali ifodalash mumkin. Agar (12) formulada Δt vaqt T davrga teng, ya’ni $t = T$ bo‘lsa, $\Delta\varphi = \varphi = 2\pi$ bo‘lib, (12) ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \qquad (14)$$

(14) formulada T davr chastotaning teskari ifodasi ($\frac{1}{\nu}$) bilan almashtirilsa:

$$\omega = 2\pi\nu \qquad (15)$$

(13) va (14) formulalardan quyidagi kelib chiqadi:

$$\upsilon = \frac{2\pi}{T} \cdot R = 2\pi\nu R \qquad (16)$$

Jism aylana bo‘ylab notekis harakatlanganda chiziqli tezlik bilan birga burchak tezlik ham o‘zgaradi. Shuning uchun chiziqli tezlikni vaqt o‘tishi bilan o‘zgarishini harakterlaydigan tezlanish chiziqli tezlanish yoki markazga intilma tezlanish deyiladi, ya’ni:

$$a = \frac{\upsilon^2}{R} \qquad (17)$$

Burchak tezligi o‘zgarishining shu o‘zgarish bo‘lgan vaqt oralig‘iga nisbati burchak tezlanishi deb aytiladi, ya’ni:

$$\beta = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \qquad (18)$$

$R = const$ bo‘lganda $\Delta\omega$ burchak tezlikning o‘zgarishi faqat $\Delta\upsilon$ chiziqli tezlikning o‘zgarishi tufayli bo‘ladi. Shuning uchun (13) formulaga muvofik:

$$\Delta\upsilon = R\Delta\omega \text{ va } \Delta\omega = \frac{\Delta\upsilon}{R} \qquad (19)$$

(19) ifodani (18) formulaga qo‘yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\beta = \frac{\Delta\upsilon}{R \cdot \Delta t} = \frac{1}{R} \cdot \frac{\Delta\upsilon}{\Delta t} = \frac{a}{R} \qquad (20)$$

bundan $a = \beta R$ (21)

Burchak tezlik va burchak tezlanish – vektor kattaliklar.

Jismning aylana bo‘ylab tekis o‘zgaruvchan harakatining tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$\left.\begin{aligned}\omega &= \omega_0 \pm \beta t \\ \omega &= \omega_0 \pm \frac{\beta t^2}{2}\end{aligned}\right\} \qquad (22)$$

bu yerda ω_0 - jism harakatining boshlang‘ich burchak tezligi.

Kinematikada harakatning ikki turi: tekis va notekis harakat qonunlari bilan tanishgan edik. Tekis harakatda jism o‘zgarmas tezlik bilan harakatlanishini, notekis harakatda esa tezlik vaqt o‘tishi bilan o‘zgarib turishini, ya’ni jism tezlanish bilan harakatlanishini ko‘rgan edik. Jismlarning harakatini kuzatib, ulardan istalgan birining harakat tezligining o‘zgarishi boshqa jism ta’sirida yuz beradi deb aytish mumkin.

Jism boshqa jismning ta’siri ostida harakatga keladi, to‘xtaydi yoki harakat yo‘nalishini o‘zgartiradi.

Bir jismning ikkinchi jismga ta’sirini harakterlovchi va jismning tezligini o‘zgartiruvchi kattalik kuch deb ataladi.

Jismlarning bir-biriga ko‘rsatadigan ta’sirining turlari juda ko‘p bo‘lganidan kuchlarning ham turlari juda ko‘pga o‘xshab ko‘rinadi, lekin haqiqatda esa tabiati turlicha bulga asosan ikkita kuch mavjud bo‘lib, bular elektromagnit kuchlar va butun olam tortishish kuchlaridir.

Jismlarning mexanik harakatini o‘rganishda elastiklik kuchi, ishqalanish kuchi va og‘irlik kuchlari bilan ish ko‘riladi.

Kuch ta’siridagi jismlarning harakatini o‘rganadigan mexanikaning bo‘limi dinamika deb aytiladi.

Dinamikaning asosiy qonunlari uchta bo‘lib, ularni 1687 yilda ingliz fizigi I.Nyuton kashf qilgan va uning sharafiga Nyuton qonunlari deb ataladi. Nyuton qonunlari insoniyatning ko‘p asrlik tajribasi natijalarini umumlashtirish yo‘li bilan maydonga kelgan. Bu qonunlarning to‘g‘riligi tajriba natijalariga mos kelishi bilan tasdiqlanadi.

Nyuton tajriba va kuzatishlarga asoslanib, jismlarning qanday holda nisbiy tinchlikda va qanday holda to‘g‘ri chiziqli tekis harakatda bo‘lishini aniqlab

birinchi qonunini kashf etdi. Nyutonning birinchi qonuni quyidagicha ta’riflanadi: har qanday jism unga boshqa jismlar ta’sir qilmaguncha o‘zining tinch holatini yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi.

Jismlar o‘zlarining tinch holatini yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakatini saqlash qobiliyati inersiya deyiladi. Inersiya materiyaning eng umumiy xususiyatlaridan biridir. Barcha jismlar, ular kayerda bo‘lishidan qat’i nazar, inersiyaga ega.

Nyutonning birinchi qonuni inersiya qonunini deb ham yuritiladi. Nyutonning birinchi qonunini matematik nuqtai nazardan quyidagicha yozish mumkin:

$$\left.\begin{array}{l} \vec{F} = 0 \text{ bo‘lsa,} \\ \Delta\vec{\upsilon} = 0 \quad \text{yoki} \quad \upsilon = const \end{array}\right\} \qquad (23)$$

Nyutonning inersiya qonunini bevosita tekshirish mumkin emas, chunki atrofdagi ta’sirlar (havoning qarshiligi, ishqalanish kuchi, og‘irlik kuchi va shu kabilar)ni bartaraf qilib bo‘lmaydi. Lekin shunga qaramasdan, ayrim hollarda inersiyaning namoyon bo‘lishini kuzatish mumkin. Masalan, harakatlanayotgan avtobusning tezligi miqdor yoki yo‘nalish bo‘yicha birdan o‘zgarganida avtobusdagi yo‘lovchilar o‘zlarining dastlabki holatini saqlagan holda, agar avtobusning tezligi kamaya borsa – oldinga, orta borsa – orqaga, avtobus o‘nga burilsa – chapga va nihoyat, chapga burilganda – o‘nga og‘adilar.

Nyutonning birinchi qonuni har qanday sanoq sistemasida ham bajarilavermaydi. Nyutonning birinchi qonuni bajariladigan sanoq sistemasiga inersial sanoq sistemasi deyilib, bajarilmaydigan sanoq sistemasiga esa noinersial sanoq sistemasi deb ataladi.

Markazi Quyosh bilan ustma-ust tushuvchi, o‘qlari esa mos ravishda yulduzlarga tomon yo‘nalgan sanoq sistemasining inersial sistema ekanligi tajribada aniqlangan. Bu sistema geliotsentrik sanoq sistemasi deyiladi. Geliotsentrik sistemaga nisbatan tekis va to‘g‘ri chiziqli harakatlanuvchi istalgan sanoq sitemasi inersial bo‘ladi.

Tajribalarning ko‘rsatishicha, bir xil kuchlar bilan ta’sir qilinganda turli jismlar o‘z tezliklarini turlicha o‘zgartirar ekan, ya’ni ayni bir xil kuch turli jismlarga turlicha tezlanish beradi.

Tajribalardan ma’lumki, kuch ta’sirida jismning olgan tezlanishi qo‘yilgan kuchga to‘g‘ri proporsional:

$$\frac{\vec{F}_1}{\vec{F}_2} = \frac{\vec{a}_1}{\vec{a}_2}; \frac{\vec{F}_2}{\vec{F}_3} = \frac{\vec{a}_2}{\vec{a}_3} \ldots \qquad (24)$$

Jismning olgan tezlanishining kattaligi faqat ta’sir etayotgan kuchning kattaligiga emas, shu bilan birga jismlarning ba’zi xususiy xossasiga ham bog‘liq bo‘lar ekan. Jismlarning bu xossasi massa deb ataladigan skalyar fizik kattalik bilan harakterlanadi va u m - harfi bilan belgilanadi.

(24) formuladan quyidagilarni yozish mumkin:

$$\frac{\vec{F}_1}{\vec{a}_1} = \frac{\vec{F}_2}{\vec{a}_2} = \frac{\vec{F}_3}{\vec{a}_3} = \ldots = \frac{\vec{F}_n}{\vec{a}_n} \qquad (25)$$

Bu ifodadan ko‘rinadiki, jismga ta’sir qilayotgan kuchning mos ravishda jismning olgan tezlanishiga bo‘lgan nisbati o‘zgarmas kattalikdir. (25) nisbat jismlarning biror aniq xossasini harakterlovchi va har xil jismlar uchun qiymati turlicha bo‘lgan o‘zgarmas kattaliklarga teng.

Aslida $\frac{\vec{F}}{\vec{a}}$ nisbat jismning inertlik o‘lchovi bo‘lib, massa deb ataluvchi fizik kattalikdir.

Jismning massasi kancha katta bo‘lsa, uning harakati o‘zgarishiga to‘sqinligi shuncha kuchli bo‘ladi va berilgan kuch ta’sirida olgan tezlanishi shuncha kichik bo‘ladi.

Nyutonning ikkinchi qonuni jismga qo‘yilgan kuch, shu kuch ta’sirida jismning olgan tezlanishi va massasi orasidagi bog‘lanishni aniqlaydi. Dinamikaning ikkinchi qonuni quyidagicha ta’riflanadi.

Kuch ta’sirida jismning olgan tezlanishi kuchga to‘g‘ri proporsional bo‘lib, massasiga teskari proporsionaldir, ya’ni:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \qquad (26)$$

(26) ifodaga ko‘ra jismga ta’sir qiluvchi kuch quyidagiga teng:

$$\vec{F} = m\vec{a} \qquad (27)$$

Massa SI sistemasida kilogrammlarda o‘lchanadi [m]=1 kg.

Amalda massaning bu birligidan tashqari quyidagi birliklari:

$$\left.\begin{array}{l} 1\ \text{g} = 10^{-3}\ \text{kg} \\ 1\ \text{mg} = 10^{-6}\ \text{kg} \\ 1\ \text{mkg} = 10^{-9}\ \text{kg} \end{array}\right\} \qquad (28)$$

$$1\ \text{t} = 10^{3}\ \text{kg}$$

SI sistemasida kuch birligi qilib Nyuton (N) qabul qilingan

$$[F]=1H; \qquad 1N = 1kg \cdot 1\frac{m}{s^2} = 1kg\frac{m}{s^2} \qquad (29)$$

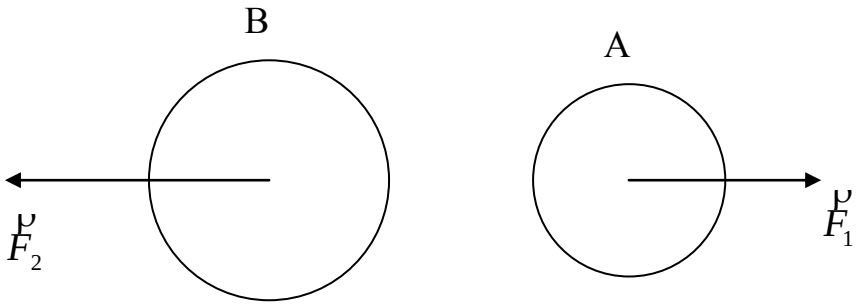
Amalda kuchning quyidagi birliklardan ham foydalaniladi:

$$\left.\begin{array}{l} 1\ \text{MN (meganyuton)} = 10^{6}\ \text{N} \\ 1\ \text{kN (kilonyuton)} = 10^{3}\ \text{N} \\ 1\ \text{mN (millinyuton)} = 10^{-3}\ \text{N} \\ 1\ \text{mkN (mikronyuton)} = 10^{-6}\ \text{N} \end{array}\right\} \qquad (30)$$

Tabiatda hech qachon bir jismning ikkinchi jismga ta’siri bir tomonlama bo‘lmay, har doim jismlar orasida o‘zaro ta’sir hosil bo‘ladi. Bu qonuning ta’rifi quyidagichadir:

Agar V jism (8 – rasm) A jismga F_1 kuch bilan ta’sir qilayotgan bo‘lsa, A jism V jismga F_2 kuch bilan ta’sir qilayotgan bo‘ladi va bu kuch son jihatdan F_1 kuchga teng bo‘lib, qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan bo‘ladi, ya’ni:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \qquad (31)$$



8 – rasm

Nyutoning uchinchi qonunida aytilgan F_1 va F_2 kuchlar ta’sir va aks ta’sir kuchlari bo‘lib boshqa-boshqa jismlarga qo‘yilgan.

Nyutonning uchinchi qonunidagi $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ kuchlarning o‘rniga dinamikaning ikkinchi qonunidan $\vec{F}_1 = m_1\vec{a}_1$ va $\vec{F}_2 = m_2\vec{a}_2$ larni qo‘yib, quyidagini olamiz:

$$m_1 a_1 = -m_2 a_2 \qquad (32)$$

bundan $\frac{m_1}{m_2} = -\frac{a_2}{a_1}$ (33)

(33) tenglamaning o‘ng tomonidagi surat va maxrajini t vaqtga ko‘paytirilsa, quyidagi hosil bo‘ladi:

$$\frac{m_1}{m_2} = -\frac{a_2 t}{a_1 t} \qquad (34)$$

bunda $a_1 t = \upsilon_1; a_2 t = \upsilon_2$ lar birinchi va ikkinchi jismlarning tezliklaridir. Binobarin,

$$\frac{m_1}{m_2} = -\frac{\upsilon_2}{\upsilon_1} \qquad (35)$$

Jismlarning o‘zaro ta’siri tufayli olgan tezliklari ularning massalariga teskari proporsional bo‘lib, qarama-qarshi yo‘nalgan. (35) tenglikdan quyidagini yozish mumkin:

$$m_1 \upsilon_1 = -m_2 \upsilon_2 \qquad (36)$$

Jismlarning o‘zaro ta’siridan olgan impulslari teng va qarama-qarshi yo‘nalgan.

Biror t vaqt oralig‘ida avval υ_0 tezlik bilan harakatlanayotgan m massali jismga o‘zgarmas F kuch ta’sir qilgan bo‘lsin. Bu kuch jismga doimimy a tezlanish beradi va buning natijasida jism vaqt oralig‘ining oxirida υ tezlik oladi. Bunda Nyutonning ikkinchi qonuniga ko‘ra shunday yozish mumkin:

$$F = ma = m\frac{\upsilon - \upsilon_0}{t} \qquad (36')$$

yoki $Ft = m\upsilon - m\upsilon_0$ (37)

Jism massasining uning tezligiga ko‘paytmasi jismning harakat miqdori (impulsi) deyiladi $(m\upsilon)$.

Harakatlantiruvchi kuchning uning ta’sir vaqtiga ko‘paytmasi kuch impulsi deyiladi (Ft). Bu kattaliklar vektor kattaliklar.

(37) formula harakat miqdorining o‘zgarish qonunini ifodalaydi.

(37) formula dinamikani asosiy tenglamasini ifodalaydi va uning ta’rifi quyidagicha bo‘ladi.

Jismga ta’sir qilayotgan o‘zgarmas kuchning impulsi jism harakat miqdorining o‘zgarishiga tengdir.

Bizni o‘rab turgan Olamning kattaligi va xilma-xilligiga qaramasdan faqat to‘rtta fundamental o‘zaro ta’sir turlari mavjud.

1. Kuchli o‘zaro ta’sir. Mavjud to‘rt xil o‘zaro ta’sirlar ichida eng kuchlisi bo‘lsa ham, uning ta’sir radiusi juda kichik $r = 10^{-10} m$, yadro o‘lchami bilan chegaralangan. Kuchli o‘zaro ta’sir yadrodagi protonlar va neytronlar orasidagi ta’sirni ta’minlaydi.

2. Elektromagnit o‘zaro ta’sir. Uning ta’sir doirasi cheklanmagan, yoki boshqacha aytganda, uning o‘zaro ta’sir radiusi cheksizlikka intiladi: $r \to \infty$. Agar kuchli o‘zaro ta’sirni bir birlik deb olsak, elektromagnit o‘zaro ta’sir undan 137 marta kichikdir.

3. Kuchsiz o‘zaro ta’sir. Bu ta’sir ham kuchli o‘zaro ta’sirga o‘xshab qisqa masofaga ta’sir ko‘rsatadi. Lekin, u kuchli o‘zaro ta’sirning 10^{-14} qismiga tengdir, ya’ni kuchsiz o‘zaro ta’sir kuchli o‘zaro ta’sirdan 10^{14} marta sustdir. Bu o‘zaro ta’sir yadrolar β- yemirilishining hamma turlariga, hamda neytrino deb ataladigan elementar zarra ta’sirining hamma jarayonlariga javobgardir. Neytrinoning moddalar bilan o‘zaro ta’siri shunchalik kuchsizki, u Yer sharidan birorta to‘qnashmasdan (ta’sirsiz) o‘tib ketadi.

4. Gravitatsion o‘zaro tasir. Uning ta’sir radiusi chegaralanmagan, ta’sir kuchi kuchli ta’sirining 10^{-39} qismini tashkil etadi, ya’ni gravitatsion o‘zaro ta’sir undan 10^{39} marta sustdir. Shuning uchun bu ta’sir mikrodunyo jarayonlarida ko‘rinarli rol o‘ynamasa ham, eng universal ta’sir hisoblanadi.

Agar faqat makroskopik masshtablarni qaraydigan bo‘lsak, biz ikki xil elektromagnit va gravitatsion o‘zaro ta’sir bilan ish ko‘ramiz.

Shunga diqqatni qaratish kerakki, kuch ta’sirida emas, balki faqat o‘zaro ta’sirto‘g‘risida gapirmoqdamiz, bu muhim farqdir. Kuch tushunchasini har doim qo‘llab bo‘lmaydi, o‘zaro ta’sir tushunchasini esa qo‘llasa bo‘ladi. Kvant mexanikasi qonunlariga amal qilinadigan mikrodunyoda kuch tushunchasini qo‘llash qiyinroqdir, chunki kuch – vektor kattalik bo‘lib, uning qo‘yilgan nuqtasini aniqlash kerak bo‘ladi. Bu esa Geyzenbergning noaniqlik prinsipi asosida mumkin emas. Shu sababga ko‘ra mikrodunyoda harakat trayektroiyasi tushunchasini qo‘llab bo‘lmaydi. Masalan, atomda elektron aylanadi deyiladi, lekin qanday trayektoriya bo‘yicha – noma’lum.

Zamonaviy tasavvurlar asosida Olamda kuzatiladigan hamma rang-baranglik hodisalar to‘rt xil fundamental o‘zaro ta’sirlar tufayli ro‘y bergan.

Barcha to‘rt turdagi kuchlarning namoyon bo‘lishini biz bepoyon koinotda, Yerdagi har qanday jismlarda (shu jumladan tirik organizmlarda ham), atomlarda va atom yadrolarida, elementar zarralarning barcha aylanishlarida uchratamiz.

Klassik mexanikaning qonunlari makroskopik jismlar, ya’ni ko‘p sonli atomlardan iborat jismlarni kuzatishlarga asoslangan, makroskopik jismlarning tezliklari uncha katta emas (yorug‘lik tezligiga nisbatan olingan).

Klassik mexanikada harakatdagi jismning hamma vaqt x koordinatasi va υ tezligini bir vaqtda va aniq aniqlash va demak, uning trayektoriyasini topish mumkin. Mikrozarralar uchun esa faqat taxminiygina aniqlash mumkin ekanligi ma'lum bo'ldi. Shu bilan birga koordinata va tezlikni bir vaqtda aniqlashda Δx va $\Delta\upsilon$ aniqsizliklari (noaniqliklari) ning ko'paytmasi $\frac{h}{2\pi m}$ kattalikdan kichik bo'la olmas ekan, ya'ni:

$$\Delta x \cdot \Delta\upsilon \geq \frac{h}{2\pi m} \qquad (38)$$

bu yerda: m - zarraning massasi;

$h = 6.625 * 10^{-34}$ Ж·с Plank doimiysi.

Bu qoida noaniqlar munosabati yoki Geyzenberg prinsipi deyiladi.

Noaniqliklar munosabatiga ko'ra, zarraning koordinatasini qancha aniq aniqlasak, ayni vaqtda uning tezligini aniqlash aniqligi shunchalik kam bo'ladi va aksincha, tezlikni aniqlash aniqligining ortishi ayni vaqtda koordinataning aniqligini kamaytiradi.

Zarraning koordinatasi va tezligini bir vaqtda aniqlab bo'lmaslik mikrozarralarning ob'ektiv xossalari, ularning ikkilamchi korpuskulyar-to'lqin tabiatining aks ettiruvchi prinsipial imkoniyatsizlikdir.

Massa va energiyaning o'zaro bog'liqligini ifodalovchi universal qonun Eynshteyn tomonidan kashf etilgan edi. Bu qonunga asosan: jism (yoki sistema) massasining o'zgarishi uning energiyasining proporsional o'zgarishi bilan birga bo'ladi, ya'ni:

$$W = mc^2 \qquad (39)$$

va $$W = m_0 c^2 \qquad (40)$$

bu yerda: m_0 - kuzatuvchiga nisbatan tinch turgan jismning massasi;

m - xudi shu jismning kuzatuvchiga nisbatan υ tezlik bilan harakatlanayotgandagi massa;

c - yorug'likning vakuumda tarqalish tezligi;

W - sistemaning to'liq energiyasi;

W_0 - jismga yoki sistemaga xos ichki energiya (tinch holatdagi energiya) dir.

Massa va energiyaning o‘zaro bog‘liqligi qonunidan shu narsa ayon bo‘ladiki, klassik mexanikada jismlarning inertlik va gravitatsiya xossalarini ifodalovchi massa ayni vaqtda jismlarning energiya tutuvchanligining ham harakteristikasi ekan. Shuningdek, massa materiya miqdori, energiya esa materiya harakatining o‘lchovidir.

Mikroolam sohasida massaning energiya bilan o‘zaro bog‘liqligini juda sezilarli bo‘ladi. Massa va energiyaning o‘zaro bog‘lanishi qonuniga butun yadro fizikasi va yadro energetikasi asoslangandir.

Klassik mexanika qonunlari uncha tez harakatlanmaydigan makroskopik jismlar sohasidagina qo‘llanilishi mumkin ekanligi munosabati bilan fizikaning ikki yangi bo‘limi: kvant mexanikasi va relyativistik mexanika (nisbiylik nazariyasi) maydonga keldi. Kvant mexanikasi mikrozarralarning harakatini va o‘zaro ta’sirini o‘rganadi. Nisbiylik nazariyasi yorug‘lik tezligi bilan taqqoslash mumkin bo‘lgan juda katta tezliklar bilan harakatlanadigan jismlarning harakatini o‘rganadi.

Kvant mexanikasi va relyativistik mexanika qonunlari klassik mexanika qonunlariga nisbatan yanada universalroqdir: ularni har qanday jismlar va har qanday tezliklar uchun qo‘llash mumkin.

Shunday qilib, nisbiylik nazariyasi va kvant mexanikasi klassik mexanikaning qonun va tasavvurlarini yo‘qqa chiqarmaydi, balki aniqlashtiradi, klassik mexanikaning qo‘llanish chegarasini belgilab beradi.

Nazorat uchun savollar:

1. Dinamika deb nimaga aytiladi?
2. Sanoq sistemasi deb nimaga aytiladi?
3. Trayektoriya, ko‘chish, yo‘l deb nimaga aytiladi?
4. Jismning inersiyasi deb nimaga aytiladi?
5. Tekis o‘zgaruvchan harakat deb qanday harakatga aytiladi? Uning qanday turlarini bilasiz?

6. Qanday harakat aylana bo‘ylab tekis harakat deyiladi?
7. Egri chiziqli harakatni harakterlovchi qanday kattaliklarni bilasiz? Ularni ta’riflang.
8. Jismning inersiyasi deb nimaga aytiladi?
9. Kuch deb nimaga aytiladi? Kuchning sistemalaridagi birliklari qanday?
10. Kvant mexanikasi nimani o‘rganadi?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlar:

1. Mexanika fani to‘g‘risida ma’lumotlar izlab topish.
2. Mexanik harakat turlarini, qonunlarni o‘rganib chiqish va ulardan servis sohasida foydalanish yo‘llarini ochib berish.
3. Fundamental o‘zaro ta’sirlarni o‘rganib xulosalar qilish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 2, 4, 5, 13

1.2 Мавзу: Mexanik ish. Quvvat. Energiya

Dars maqsadi: Amaliyotda kata ahamiyatga ega bo‘lgan fizik kattaliklar – mexanik ish, quvvat va eneriya haqida chuqur bilim berish.

Asosiy savollar:

1. Mexanik ish va uning amaliy ahamiyati
2. Doimiy va o‘zgaruvchan kuch ta’sirida bajargan ish
3. Quvvat va uning amaliy ahamiyati
4. Mexanik energiya
5. Qurilmalar, mashinalar, mexanizmlarni foydali ish koeffitsiyentlari

Tayanch so‘z va iboralar:

Mexanik ish – texnika va tabiat hodisalarida mexanik harakatni materiya harakatining boshqa ko‘rinishiga o‘tishini yoki uzatilishini miqdor jihatdan harakterlovchi fizik kattalik.

Mexanik energiya – jismlarning mexanik holatiga bog‘liq bo‘lgan energiya.

Quvvat – mashina, dvigatel va turli xil mexanizmlar ish bajara olish qobiliyatini taqqoslashuvchi fizik kattalik.

Quvvat – vaqt birligi ichida bajarilgan ishga son jihatdan teng bo‘lgan kattalik.

Foydali ish koeffitsiyent – biron-bir tizim (qurilma, mashina, dvigatel va b.) sarflangan energiyaning samaradorligini ifodalovchi tushuncha; qancha energiya foydali ishga aylanishini, qancha energiya yo‘qolishini ko‘rsatadigan son.

Energiya (yunoncha energeia – harakat, faoliyat) – har qanday ko‘rinishdagi materiya, xususan, jism yoki jismlar tizimini tashkil etuvchi zarralar harakatning hamda bu zarralarning o‘zaro va boshqa zarralar bilan ta’sirlarining miqdoriy o‘lchovi.

Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni – tabiatning eng asosiy qonuniyatlaridan biri.

Biz o‘zimizni o‘rab olgan sharoitda bir-biriga qandaydir kuchlar bilan ta’sir qilayotgan jismlarga duch kelamiz. Masalan, yurib ketayotgan aravachaga ishqalanish kuchi, yuqoriga ko‘tarilayotgan yukka og‘irlik kuchi, cho‘zilayotgan prujinaga elastiklik kuchi ta’sir etadi. Binobarin, kuch qo‘yib biz aravachani yurgizamiz, yukni ko‘taramiz, prujinani cho‘zib uchlarini siljitamiz. Bu misollardan ko‘rinadiki, jismlarning ko‘chishi kuchlarning ta’siri ostidagina sodir bo‘ladi. Bunday tabiiy ravishda kuchlarning jismlar ko‘chishi bilan bog‘liq bo‘lgan ta’sirini harakterlash zaruriyati kelib chiqadi. Mexanikada bunday harakteristika sifatida ish deb ataladigan fizik kattalik qabul qilingan.

Qo‘yilgan kuch ta’sirida jismning ko‘chishi natijasida mexanik ish bajariladi.

Turli hollarda kuchning bajargan ishi turlicha bo‘ladi. Tabiiyki, kuch qancha kata bo‘lsa vash u kuch qo‘yilgan nuqta qancha uzoq masofaga ko‘chsa, ish ham shuncha ko‘p bo‘ladi.

Bajarilgan ishning miqdori kuchning shu kuch yo‘nalishida bosib o‘tilgan yo‘lga ko‘paytmasi bilan o‘lchanadi.

Kuchning bosib o‘tilgan yo‘l davomidagi ta’siri mexanik ish deb ataluvchi fizik kattalik bilan harakterlanadi. Mexanik ish bajarilishi uchun birinchidan, jismga ta’sir qilish, ikkinchidan jism siljishi shart.

Mexanik ish bajarilishi protsessida materiya harakatining bir ko‘rinishi ikkinchi ko‘rinishga o‘tishi kuzatiladi. Masalan, trolleybus ish bajarishi protsessida materiya harakatining elektr ko‘rinishi mexanik ko‘rinishga aylanadi. Avtomobil dvigateli, bug‘ turbinalari va issiqlik mashinalarining ishlash protsessida esa materiya harakatining issiqlik shakli mexanik shaklga aylanadi.

Mexanik ishni quyidagicha ta’riflash mumkin:

Mexanik ish deb, texnika va tabiat hodisalarida mexanik harakatni materiya harakatining boshqa ko‘rinishiga o‘tishini yoki uzatilishini miqdor jihatdan harakterlovchi fizik kattalikka aytiladi.

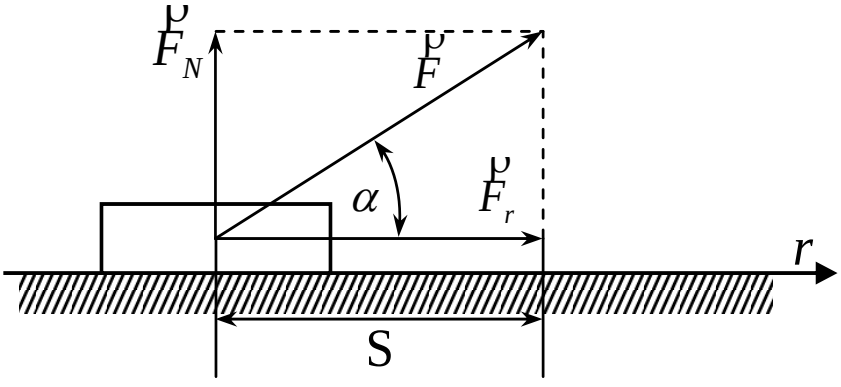
Mexanik ish skalyar kattalik bo‘lib, kuch bilan kuch ta’siri yo‘nalishida jism bosib o‘tgan yo‘lning ko‘paytmasiga teng, ya’ni

$$A = F \cdot S, \qquad (1)$$

bunda A - bajarilgan ish; F - jismga ta’sir qiluvchi o‘zgarmas kuch;

S - bosib o‘tilgan yo‘l.

Agar ta’sir qiluvchi kuch ko‘chish yo‘nalishi bilan α burchak tashkil qilsa (1-rasm), bu kuchni ikkita tashkil etuvchiga ajratish mumkin: bulardan biri ko‘chish bo‘yicha yo‘nalgan $\vec{F}_r$ va ikkinchisi ko‘chishga normal ravishda yo‘nalgan $\vec{F}_N$ kuchlardan iborat bo‘ladi.



1-rasm.

U vaqtda, ishning ta’rifiga binoan, kuchning faqat $\vec{F}_r$ tashkil etuvchisi ish bajaradi, ya’ni

$$A = F_r \cdot S . \qquad (2)$$

1-rasmdan $F_r = F \cdot \cos\alpha$ bo‘ladi va uni (2) formulaga qo‘yilsa, yo‘l va kuchning yo‘nalishi mos kelmagan holdagi ishni hisoblash formulasi kelib chiqadi:

$$A = F \cdot S \cos\alpha . \qquad (3)$$

O‘zgarmas kuchning bajargan ishi kuchni jism bosib o‘tgan yo‘liga va kuch bilan harakat yo‘nalishi orasidagi burchak kosinusi ko‘paytmasiga teng.

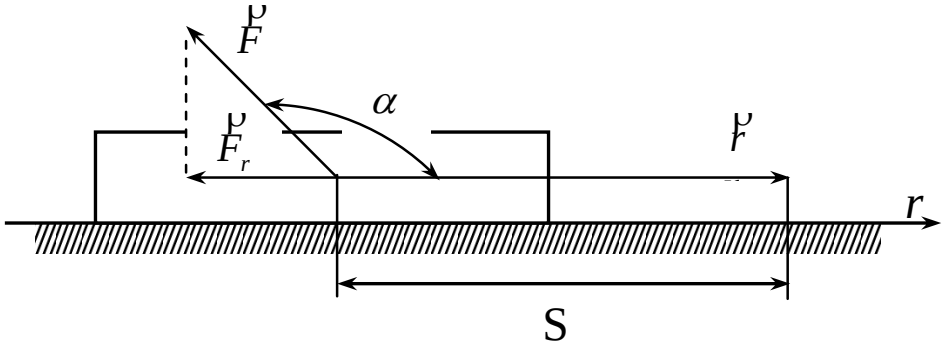
(3) formuladagi α burchakning har xil qiymatlariga mos kelgan xususiy hollarda bajarilgan ishlarni qarab chiqaylik:

a) Agar $\alpha = 0$ bo‘lsa, $\cos\alpha = 1$ bo‘lib, o‘zgarmas kuchning bajargan ishi maksimal va kuchning yo‘lga ko‘paytmasiga teng bo‘ladi, $A_{\max} = F \cdot S$;

b) Agar $\alpha < \frac{\pi}{2}$ bo‘lsa, $\cos\alpha > 0$ bo‘lib, o‘zgarmas kuchning bajargan ishi musbat bo‘ladi. Bu holda jismni harakatlantiruvchi kuch ish bajaradi; (1-rasm)

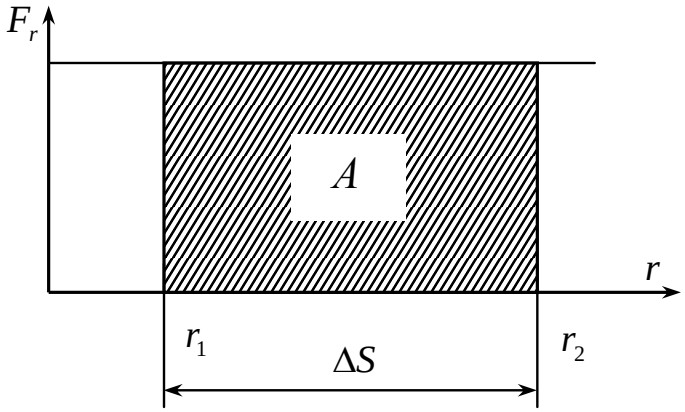
v) Agar $\alpha = \frac{\pi}{2}$ bo‘lsa, $\cos\alpha = 0$ bo‘lib, o‘zgarmas kuchning bajargan ishi nol bo‘ladi;

g) Agar $\alpha = \pi$ bo‘lsa, $\cos\alpha = -1$ bo‘lib, kuch siljishga qarama-qarshi yo‘nalgan va kuchning bajargan ishi manfiy bo‘ladi (2-rasm).



2-rasm.

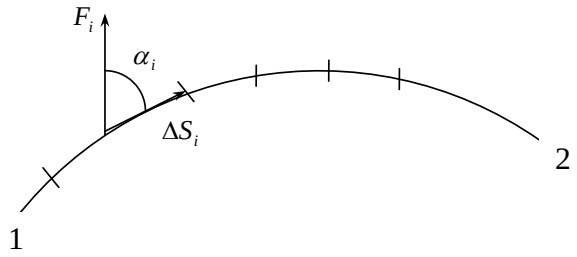
O‘zgarmas kuch ta’sirida bajarilgan ishni grafik tasviri 3-rasmda ko‘rsatilgan.



3-rasm.

Umumiy holda, ya’ni jism egri chiziqli trayektoriya bo‘ylab o‘zgaruvchan kuch ta’sirida harakatlanib, chekli uzunlikdagi yo‘lni bosib o‘tganda bu yo‘lni xayolan cheksiz kichik elementlarga bo‘lib chiqib, ularning har birida F kuchni o‘zgarmas deb (4-rasm), elementar ishni quyidagi formula bo‘yicha hisoblab topish mumkin:

$$\Delta A_i = F_i \Delta S_i \cdot \cos\alpha_i = F_{Si} \cdot \Delta S_i . \qquad (4)$$



4-rasm.

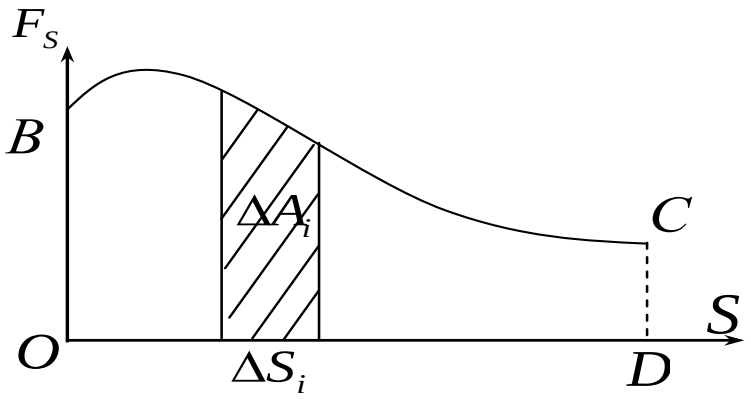
To‘la ish hamma elementar ishlarning yig‘indisiga teng, ya’ni

$$A = \sum_L \Delta A_i = \sum_L F_{Si} \cdot \Delta S_i . \qquad (5)$$

Agar elementar ishlarni qo‘shib, ularning sonini esa cheksizlikka intiltirib limitga o‘tilsa, u holda summa aniq integralga o‘tadi va to‘la ish quyidagiga teng bo‘ladi

$$A = \int_1^2 F_S dS \quad \text{yoki} \quad A = \int_1^2 F dS . \qquad (6)$$

O‘zgaruvchan kuch ta’sirida bajarilgan ishning grafik tasviri quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:



5-rasm.

Agar o‘zgaruvchan kuch BC egri chiziq bilan ifodalansa, yo‘lning i - kesmasida bajarilgan ΔA_i elementar ish grafikda shtrixlangan yuzadan iborat bo‘ladi, butun yo‘l davomidagi to‘la ish – $OBCD$ shakl maydoni bilan ifodalanadi (5-rasm).

(1) formuladan foydalanib, ishning o‘lchov birliklarini aniqlaymiz.

SI sistemasida ish joullarda o‘lchanadi, ya’ni

$$[A]=[F]\cdot[S]; \qquad 1J=1N\cdot 1m=1N\cdot m. \tag{7}$$

Amalda ishning MJ (megajoul), kJ (kilojoul), mJ (millijoul), mkJ (mikrojoul) va shu kabi birliklari ham ishlatiladi. Bu birliklar bilan joul orasida quyidagicha bog‘lanish mavjud:

$$\left.\begin{aligned} 1MJ &= 10^{6}\,J \\ 1kJ &= 10^{3}\,J \\ 1mJ &= 10^{-3}\,J \\ 1mkJ &= 10^{-6}\,J \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

Turmushda bizga ma’lumki, bir xil mexanik ishni turli mashinalar turlicha vaqtda bajaradi.

Amalda, ko‘pincha, kuchlar bajargan ishni bilishgina emas, balki shu ishni bajarish uchun sarflangan vaqtni ham hisobga olish juda muhimdir.

Mashina, dvigatel va turli xil mexanizmlar ish bajara olish qobiliyatini taqqoslash uchun quvvat deb ataladigan fizik kattalik kiritiladi. Ravshanki, bir xil ishni bajaruvchi mashinalardan qaysi biri shu ishni qisqaroq vaqt ichida bajarsa, shunisi quvvatliroq bo‘ladi. Mexanizmning quvvati uning vaqt birligi ichida bajargan ishi bilan harakterlanadi.

Vaqt birligi ichida bajarilgan ishga son jihatdan teng bo‘lgan kattalik quvvat deb ataladi.

Quvvatni N bilan belgilab, ta’rifga muvofiq

$$N = \frac{A}{t} \qquad (9)$$

deb yoza olamiz.

Bu yerda t - A ishni bajarish uchun sarflangan vaqt.

Agar bir xil vaqt oraliqlari ichida bajarilgan ishlar bir xil bo‘lmasa, u holda quvvat vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan bo‘ladi. Bunday hollarda o‘rtacha quvvat, shuningdek, oniy quvvat tushunchasi kiritiladi.

Δt vaqt davomida bajarilgan ish ΔA ga teng bo‘lsa, o‘rtacha quvvat quyidagicha bo‘ladi:

$$N_{ypm} = \frac{\Delta A}{\Delta t}. \qquad (10)$$

Oniy quvvat esa quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$N = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{dA}{dt}. \qquad (11)$$

Agar jism qo‘yilgan kuch ta’sirida to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilsa, u holda quvvatni ta’sir etuvchi kuch va tekis harakat tezligi orqali ifodalash mumkin. Buning uchun (1) formuladan ishning ifodasini (9) formulaga keltirib qo‘yaylik, u holda

$$N = \frac{A}{t} = F \cdot \frac{S}{t} = F \cdot \vartheta, \qquad (12)$$

bo‘ladi, bu yerda $\vartheta = \frac{S}{t}$ - tekis harakat tezligi.

Tekis o‘zgaruvchan harakatda o‘rtacha quvvatni o‘rtacha tezlik orqali aniqlash mumkin, ya’ni

$$N_{\text{ур}} = F \cdot \vartheta_{ур}. \qquad (13)$$

(12) formula dvigatelning quvvati o‘zgarmagan holda tezlikni o‘zgartirish bilan avtomobil, avtobus, poyezd, ko‘targich kran va shu kabi mashina va mexanizmlarning tortish kuchini o‘zgartirish mumkinligini ko‘rsatadi.

(9) formuladan ko‘rinadiki, mexanizmning t vaqt ichida bajargan ishini quyidagi formulaga muvofiq aniqlash mumkin, ya’ni

$$A = N \cdot t. \qquad (14)$$

Quvvatning birligini aniqlaymiz.

SI birliklar sistemasida quvvat vatt (Vt) deb ataladigan birlikda o‘lchanadi. Demak,

$$1\text{Vt} = \frac{1\text{J}}{1\text{s}} = 1\frac{J}{s}. \qquad (15)$$

Vatt – quvvatning uncha kata bo‘lmagan birligidir, shuning uchun amalda quvvatning qo‘shimcha birliklari: gektovatt (gVt), kilovatt (kVt), megavatt (MVt) dan foydalaniladi:

$$\left.\begin{aligned} 1gVt &= 10^2 Vt \\ 1kVt &= 10^3 Vt \\ 1MVt &= 10^6 Vt \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

(14) formuladan foydalanib, hozirgi vaqtda amalda ko‘p ishlatiladigan vatt-soat (Vt-soat), gektovatt-soat (gVt-soat), kilovatt-soat (kVt-soat) kabi ish birliklari orasidagi munosabatni aniqlaylik.

Vatt-soat ish deb quvvati o‘zgarmas bir vatt bo‘lgan mexanizmning bir soatda bajargan ishiga aytiladi:

$$\left.\begin{aligned} 1Vt \cdot soat &= 1Vt \cdot 3600s = 3{,}6 \cdot 10^3 J \\ 1gVt \cdot soat &= 100Vt \cdot 3600s = 3{,}6 \cdot 10^5 J \\ 1kVt \cdot soat &= 1000Vt \cdot 3600s = 3{,}6 \cdot 10^6 J \end{aligned}\right\} \qquad (17)$$

Biror ish bajara olish qobiliyatiga ega bo‘lgan har qanday jism yoki jismlar sistemasi energiyaga ega bo‘ladi. Masalan, dumalayotgan shar biror jism bilan to‘qnashib, uni siljitadi, ya’ni ish bajaradi. Demak, dumalayotgan sharning energiyasi bor. Yerdan biror balandlikda turgan jism ham energiyaga ega, chunki

jismni balandlikda ushlab turuvchi bog‘lanish yo‘qotilsa, bu jism tusha boshlaydi va ish bajaradi.

Bu misollardan ko‘rinadiki, jismlar ish bajarayotganida ularning holati o‘zgaradi: dumalayotgan sharni tezligi kamayadi va bora-bora to‘xtaydi, ko‘tarilgan jism tinch turgan holatidan harakatga kelib, Yer sirtiga yaqinlasha boradi.

Energiya jismning yoki jismlar sistemasining holatini, uning bir holatdan boshqa holatga o‘tishida ish bajarish qobiliyatini harakterlaydi.

Jismlarning mexanik holatiga bog‘liq bo‘lgan energiya mexanik energiya deyiladi.

Tashqi kuchlar berilgan jismlar sistemasi ustida ish bajarsa yoki jismlar sistemasining o‘zi tashqi kuchlarga qarshi ish bajarsa, sistemaning holati, binobarin, energiyasi o‘zgaradi. Energiyaning o‘zgarishi sistemaning ma’lum sharoitda bajarishi mumkin bo‘lgan ishi bilan o‘lchanadi, ya’ni energiya o‘zgarishining o‘lchovi ish hisoblanadi. Shuning uchun ish qanday birliklarda o‘lchansa, energiya ham shunday birliklarda o‘lchanadi. Agar sistemaning boshlang‘ich holati deb olish mumkin bo‘lgan qandaydir biror holatidagi energiyasini W_1 bilan, sistemaning keyingi oxirgi holatidagi energiyasini W_2 bilan va sistemaning shu boshlang‘ich holatidan oxirgi holatga o‘tganda bajargan ishini A bilan belgilasak, u holda

$$A = W_2 - W_1 \qquad (18)$$

deb yoza olamiz. Agar $W_1 > W_2$ bo‘lsa, u holda sistemaning energiya zapasi hisobiga sistemaning o‘zi tashqi kuchlarga qarshi ish bajaradi, uning energiyasi kamayadi. Agar $W_1 < W_2$ bo‘lsa, u holda tashqi kuchlar sistema ustida ish bajaradi, natijada bu bajarilgan ish hisobiga sistemaning energiyasi ortadi.

Mexanik energiya ikki turga – potensial va kinetik energiyalarga bo‘linadi.

Jismlarning o‘zaro joylashishiga yoki ayni bir jism qismlarining o‘zaro joylashishiga bog‘liq bo‘lgan ta’sir energiyasi potensial energiya deb ataladi.

Masalan, Yerga nisbatan yuqoriga ko‘tarilgan jismning, gidrostansiya to‘g‘onidagi suvning, deformatsiyalangan prujinaning, ko‘tarilgan bolg‘aning,

qisilgan gazning energiyalari potensial energiyaga misol bo‘la oladi. Jismlar orasida ularning bir-birlariga nisbatan vaziyatlari orqali bir qiymatli aniqlanadigan o‘zaro ta’sir etuvchi kuchlar ta’sir etgan vaqtdagina jismlar potensial energiyaga ega bo‘la oladi. Boshqacha qilib aytganda, o‘zaro ta’sir etuvchi jismlar yoki jism qismlari bo‘lgandagina potensial energiya haqida gapirish mumkin. Jism yoki jism qismlari orasidagi o‘zaro ta’sir qancha kuchli bo‘lsa, potensial energiya ham shuncha katta bo‘ladi.

Jismlarning harakat qilishi tufayli ega bo‘ladigan energiyasi kinetik energiya deb ataladi.

Masalan, ishqalanish kuchini yengib harakatlanayotgan avtomobilning energiyasi, elektr stansiyalar turbinalarini aylantiradigan suv energiyasi, shamol tegirmonlarini yoki shamol elektr stansiyalarini ishga tushiruvchi shamol energiyasi, tushayotgan bolg‘a energiyasi kinetik energiyaga misol bo‘la oladi.

Hamma hollarda, energiya kattaligi haqida bajarilgan ish kattaligiga qarab fikr yuritiladi. Bolg‘a qancha vaznli bo‘lsa va qancha katta tezlik bilan mixga urilsa, mixni taxtaga shuncha ko‘proq kiritishi mumkin va bunda shuncha ko‘p ish bajariladi. Binobarin, jism qancha massiv bo‘lsa va qancha tez harakatlansa, kinetik energiya kattaligi shuncha ko‘p bo‘ladi.

Jismning kinetik va potensial energiyalarining yig‘indisi jismning to‘la mexanik energiyasi deb ataladi.

O‘zgarmas F kuch ta’sirida m massali jism S masofada to‘g‘ri chiziqli harakat qilib, t vaqt ichida o‘zining tezligini ϑ_0 dan ϑ gacha o‘zgartirsin. U holda jismning ishqalanish kuchiga qarshi bajargan ishi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$A = F \cdot S = ma \cdot S . \qquad (19)$$

Jismning harakati tekis sekinlanuvchan bo‘lgani uchun tezlanish va o‘tilgan masofaning tezliklar bilan o‘zaro bog‘lanishi quyidagicha bo‘ladi:

$$a = \frac{\vartheta - \vartheta_0}{t} \qquad \text{va} \qquad S = \frac{\vartheta_0 + \vartheta}{2} \cdot t . \qquad (20)$$

Tezlanish va yo‘lning bu ifodalarini ish formulasiga qo‘yib, soda almashtirishlardan so‘ng, quyidagi formulani hosil qilamiz, ya’ni

$$A = \frac{m\vartheta^2}{2} - \frac{m\vartheta_0^2}{2}. \qquad (21)$$

(18) va (21) formulalarni taqqoslasak, u holda

$$\Delta W = \frac{m\vartheta^2}{2} - \frac{m\vartheta_0^2}{2}. \qquad (22)$$

Agar $\vartheta_0 = 0$, u paytda

$$W_k = \frac{m\vartheta^2}{2}. \qquad (23)$$

(23) formula jismning kinetik energiyasini ifodalaydi va bu formuladan ko‘rinadiki, jismning kinetik energiyasi jismning massasi bilan tezligi kvadrati ko‘paytmasining yarmiga teng.

(21) formula jismga qo‘yilgan kuchning bajargan ishi bilan jismning kinetik energiyasi o‘zgarishi orasidagi bog‘lanishni ifodalaydi.

Agar ko‘rilayotgan yo‘l oxirida jism tezligi $\vartheta < \vartheta_0$ bo‘lsa, u holda jismning bajargan ishi uning kinetik energiyasining kamayishiga teng bo‘ladi. Bunda tashqi kuchga qarshi ish bajaradi. Agar $\vartheta > \vartheta_0$ bo‘lsa, u holda bajarilgan ishning hisobiga jismning kinetik energiyasi ortadi. Bunda tashqi kuchlar jism ustida ish bajaradi.

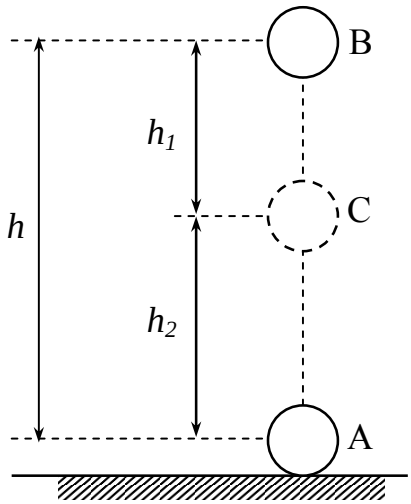
Shunday qilib, jismga qo‘yilgan kuchning bajargan ishi jism kinetik energiyasining o‘zgarishiga teng bo‘ladi.

Yerga nisbatan ko‘tarilgan jismning potensial energiyasi bo‘ladi, chunki jismning energiyasi jism bilan Yerning o‘zaro holatiga va o‘zaro ta’siriga bog‘liqdir.

Odatda Yer sirtida yotgan jismning potensial energiyasini nolga teng deb olinadi. Bu holda biror balandlikka ko‘tarilgan jismning potensial energiyasi bu jismning Yerga tushishida og‘irlik kuchining bajargan ishi bilan o‘lchanadi.

Jism vertikal bo‘ylab pastga harakatlanganda og‘irlik kuchining yo‘nalishi ko‘chish yo‘nalishi bilan bir xil bo‘ladi. Yer sirtidan h balandlikdagi B nuqtadan Yer sathidan hisoblangan h_2 balandlikdagi C nuqtada o‘tishda jismning ko‘chishi $h_1 = h - h_2$ teng (6-rasm). Bunda og‘irlik kuchining bajargan ishi quyidagi ifodadan aniqlanadi, ya’ni

$$A = Ph_1 = mg(h - h_2) = mgh - mgh_2 . \qquad (24)$$



6-rasm.

(24) formulani (18) formula bilan taqqoslasak, ya’ni

$$A = \Delta W_n , \qquad \Delta W_n = mgh - mgh_2 , \qquad (25)$$

u paytda

$$W_n = mgh . \qquad (26)$$

(26) formula Yer sirtidan h balandlikka ko‘tarilgan, ya’ni og‘irlik kuchi maydonidagi jismning potensial energiyasini ifodalaydi. Demak, biror balandlikka ko‘tarilgan jismning potensial energiyasi jism og‘irligining shu balandlikka ko‘paytmasiga teng ekan.

(24) formula og‘irlik kuchining bajargan ishi bilan jism potensial energiyasining o‘zgarishi orasidagi bog‘lanishni ifodalaydi.

Agar $h_1 > h_2$ bo‘lsa, u holda $mgh_1 > mgh_2$ va $A > 0$ bo‘ladi, binobarin, og‘irlik kuchi jismning potensial energiyasi kamayishi hisobiga ish bajaradi. Agar $h_1 < h_2$ bo‘lsa, u holda $mgh_1 < mgh_2$ va $A < 0$ bo‘ladi. Bunda og‘irlik kuchiga qarshi bajarilgan ish hisobiga potensial energiyasi ortadi.

Shunday qilib, og‘irlik kuchining bajargan ishi jism potensial energiyasining kamayishiga teng bo‘ladi.

(24) formuladan ko‘rinadiki, gravitatsion maydonda bajarilgan ishning kattaligi bosib o‘tilgan yo‘lning shakliga bog‘liq bo‘lmay, faqat yo‘lning oxirgi nuqtasi boshlang‘ich nuqtasiga nisbatan qanday balandlikda joylashganligiga bog‘liq bo‘ladi. Bajargan ishi yo‘l shakliga bog‘liq bo‘lmaydigan kuchlar potensial yoki konservativ kuchlar, bu kuchlar maydoni esa potensial maydon deyiladi. Binobarin, og‘irlik kuchi potensial yoki konservativ kuch, uning maydoni esa potensial maydon bo‘ladi.

Ma’lumki, har bir mashina yoki mexanizm ma’lum ishni bajaradi. Mashinalarning foydali qarshiliklarni, masalan, tokarlik stanogida detalarga ishlov berishda metallning qarshiligini, og‘ir yukni kran bilan ko‘tarishda og‘irlik kuchini, avtomobil harakatlanganda uning g‘ildiraklari va yo‘l orasida yuzaga keladigan ishqalanish kuchini va hakozo qarshiliklarni yengib bajaradigan ishi foydali ish hisoblanadi. Ammo mashina bu foydali ishni bajarishda bu ishdan tashqari zararli qarshiliklarga qarshi foydasiz, lekin bajarilishi shart bo‘lgan ishlarni ham bajaradi. Masalan, mashinalarning harakatlanuvchi qismlari orasidagi ishqalanish kuchiga, havoning qarshilik kuchiga qarshi bajarilgan ish foydasiz. Shuning uchun mashina yordamida bajarilgan to‘liq ish (u sarflangan umumiy ish deb ham ataladi) foydali ishdan hamma vaqt foydasiz ish miqdoricha ortiq bo‘ladi. Mexanizm ishlaganda foydasiz ishlardan butunlay xoli bo‘lish mumkin emas, ammo uni anchagina kamaytirish mumkin. Sarflangan ishning qancha ko‘p qismini foydali ish tashkil qilsa, mashina shuncha tejamli bo‘ladi. Mashinaning tejamliligi foydali ish koeffitsiyenti (qisqacha FIK) deb ataladigan kattalik bilan harakterlanadi.

Mashinaning foydali ish koeffitsiyenti deb, umumiy ishning qancha qismi foydali ishga aylanganligini ifodalovchi kattalikka aytiladi.

FIK η harfi bilan belgilanadi. Demak, ta’rifga muvofiq, mashinani foydali ish koeffitsiyenti quyidagicha bo‘ladi:

$$\eta = \frac{A_{\text{Ф}}}{A_{\text{ум}}}. \qquad (27)$$

FIK har doim birdan kichik bo‘ladi, ya’ni $\eta < 1$. FIK birga qancha yaqin bo‘lsa, mashina shuncha tejamli bo‘ladi.

FIK ko‘pincha foiz hisobida ifodalanadi. U vaqtda (27) formula quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\eta = \frac{A_{\Ф}}{A_{ум}} \cdot 100\%. \qquad (28)$$

Foydali va umumiy ishlar bir vaqtda bajarilgani uchun (28) formulaga $A_{\Ф}$ va $A_{ум}$ larning (27) formula orqali ifodalangan qiymatlarini keltirib qo‘yib, FIK ning $N_{\Ф}$ foydali va $N_{ум}$ sarflangan umumiy quvvatlar orqali hisoblash formulasini hosil qilamiz:

$$\eta = \frac{N_{\Ф} \cdot t}{N_{ум} \cdot t} \cdot 100\% = \frac{N_{\Ф}}{N_{ум}} \cdot 100\%. \qquad (29)$$

Nazorat uchun savollar:

1. Mexanik ish nima va u qanday birliklarda o‘lchanadi?
2. Og‘irlik kuchining bajargan ishi qanday?
3. Quvvat deb nimaga aytiladi?
4. $1 vat \cdot soat$ qancha joulga teng?
5. $1 MVt$ va Vt orasidagi bog‘lanish qanday bo‘ladi?
6. Kinetik energiya nima va uning formulasi qanday?
7. Mashinaning foydali ish koeffitsiyenti deb nimaga aytiladi?
8. Jismning to‘liq mexanik energiyasi deb nimaga aytiladi?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Texnika va tabiiy hodisalarda mexanik ishni muhimligi haqida ma’lumotlar izlab topish.
2. Energiyani saqlanish qonunini o‘rganib chiqish va ulardan servis sohasida foydalanish yo‘llarni ochib berish.
3. O‘zbekiston energetikasini o‘rganib xulosalar qilish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 1, 2, 3, 5, 12, 13

1.3 Мавзу: Qattiq jism механикаси

Dars maqsadi: Qattiq jism kinematikasi va dinamikasidan chuqur bilimlar beri shva ulardan amaliyotda foydalanishni o‘rganish.

Asosiy savollar:

1. Absolyut qattiq jism. Qattiq jism harakatining turlari
2. Ilgarilanma va aylanma harakatlar kinematikasi
3. Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi
4. Harakatlanayotgan qattiq jism energiyasi
5. Ilagirlanma va aylanma harakatlarning kattaliklarini va tenglamalarini o‘xshashligi

Tayanch so‘z va iboralar:

Absolyut qattiq jism – hech qanday holatda ham deformatsiyalanmaydigan jism.

Aylanma harakat – bu shunday harakatki, bunda qattiq jismning hamma nuqtalari markazlari bir to‘g‘ri chiziqda yotadigan aylanmalarni chizadi.

Juft kuchlar – bir to‘g‘ri chiziqda ta’sir qilmayotgan ikkita bir-biriga teng va parallel, qarama-qarshi yo‘nalgan kuchlar.

Ilgarilanma harakat – qattiq jismning eng sodda harakati; bunda jism sirtidan o‘tkazilgan istalgan to‘g‘ri chiziq shu jismning harakati vaqtida o‘ziga o‘zi parallel harakatlanadi.

Inersiya momenti – jismning aylanma harakatdagi inertlik xossasidir.

Kuch yelkasi – aylanish o‘qidan kuchning ta’sir chizig‘igacha bo‘lgan eng qisqa masofa.

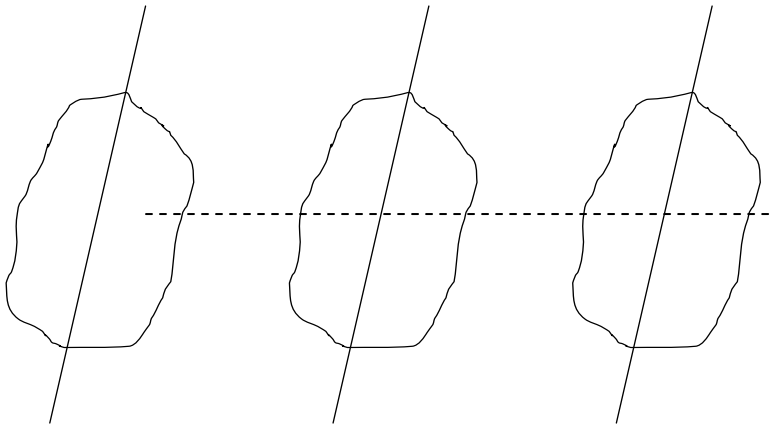
Kuch momenti – kuchning uning yelkasiga ko‘paytmasi bilan o‘lchanadigan kattalik.

Og‘irlik markazi – og‘irlik kuchi qo‘yilgan nuqta; jismlarning har bir ayrim qismiga ta’sir etuvchi og‘irlik kuchlarining teng ta’sir etuvchisi qo‘yilgan nuqta.

Mexanikada ko‘p foydalaniladigan modellardan yana biri absolyut qattiq jism tushunchasidir. Absolyut qattiq jism deb, hech qanday holatda ham deformatsiyalanmaydigan, boshqacha aytganda, har qanday kuch ta’sirida ham istalgan ikkita nuqtasi orasidagi masofa o‘zgarmay qoladigan jismga aytiladi. Shuni nazarda tutish kerakki, tabiatda absolyut qattiq, ya’ni mutlaqo deformatsiyalanmaydigan jismlar yo‘q.

Qattiq jismning har qanday harakatini ikkita asosiy harakat turiga – ilgarilanma va aylanma harakatlarga ajratish mumkin.

Ilgarilanma harakat – bu shunday harakatki, bunda harakatlanayotgan jism bilan bog‘langan istalgan to‘g‘ri chiziq harakat davomida o‘ziga parallelligicha qoladi (1-rasm).



1-rasm.

Boshqacha qilib aytganda, ilgarilanma harakatda jismning barcha nuqtalarining bir xil vaqt oraliqlarida ko‘chishi kattalik va yo‘nalish jihatidan bir xil bo‘ladi, shu sababli barcha nuqtalarning tezligi va tezlanishi vaqtning har bir momentida bir xil bo‘ladi. Shuning uchun ilgarilanma harakat jismning bitta nuqtasining – uning massa markazining harakati deb qarash mumkin. Bunda biz jismning butun massasi uning massa markazida to‘plangan deb hisoblashimiz kerak.

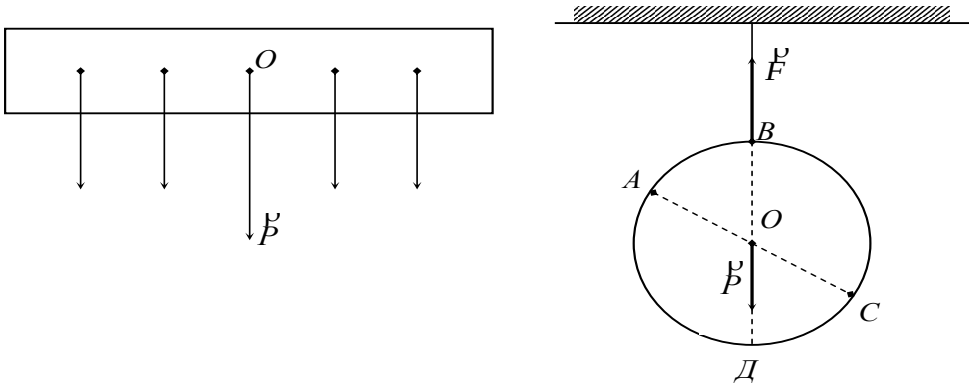
Barcha jismlarning massasi markazlari ularning og‘irlik markazlari bilan ustma-ust tushadi.

Jismlarning og‘irlik markazini quyidagicha usul bilan aniqlash mumkin. Ma’lumki, har qanday jism juda ko‘p mayda qismlardan iborat. Shunday qismlarning har biriga Yerning markaziga tomon yo‘nalgan og‘irlik kuchi ta’sir qiladi. Yerning o‘lchami katta bo‘lgani uchun bu kuchlarni bir-biriga parallel deb hisoblash mumkin. Binobarin, har qanday jismga juda ko‘p parallel kuchlar ta’sir qiladi. Bu kuchlarning teng ta’sir etuvchisi jismning butun og‘irligini ifodalaydi. Parallel kuchlarni qo‘shish qoidasidan foydalanib, kuchlarning teng ta’sir etuvchisini topish mumkin.

Jismning har bir ayrim qismiga ta’sir etuvchi og‘irlik kuchlarining teng ta’sir etuvchisi qo‘yilgan nuqta og‘irlik markazi bo‘ladi. Binobarin, og‘irlik kuchi qo‘yilgan nuqta jismning og‘irlik markazi deyiladi.

2-rasmda bir jinsli (ya’ni butun uzunligi bo‘yicha ko‘ndalang kesimi bir xil bo‘lgan va bir xil moddadan yasalgan) metall tayoqchaning ayrim qismlarida ta’sir etuvchi parallel kuchlar va ularning teng ta’sir etuvchisi bo‘lgan $\vec{P}$ og‘irlik kuchi qo‘yilgan O nuqta (og‘irlik markazi) ko‘rsatilgan.

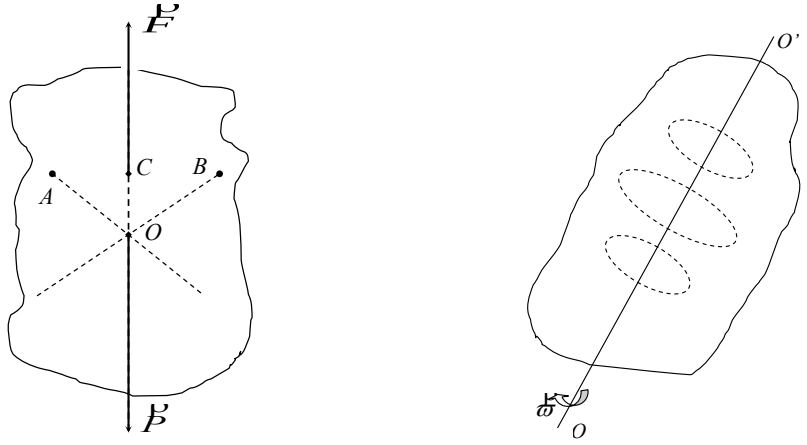
Agar jism bir jinslimas (yoki simmetriya markaziga ega bo‘lmasa) va yassi bo‘lsa, uning og‘irlik markazini tajriba yo‘li bilan aniqlash mumkin. Buning uchun jismning ikki nuqtasidan navbatma-navbat osiladi va bu nuqtalardan vertikallar o‘tkaziladi (2 b-rasm). Vertikallarning kesishish nuqtasi yassi jismning og‘irlik markazi bo‘ladi.



a) b)

2-rasm.

Osish usulidan foydalanib, istalgan shakldagi yassi jismning og‘irlik markazini amaliy ravishda topish mumkin. 3-a)-rasmda ixtiyoriy shakldagi jismning og‘irlik markazi A,B va C osish nuqtalaridan o‘tkazilgan vertikal chiziqlar kesishgan O nuqtasida yotishi tasvirlangan.



a) b)

3-rasm.

Aylanma harakat vaqtida jismning barcha nuqtalari markazlari OO' aylanish o‘qi deb ataluvchi birdan-bir chiziqda yotuvchi aylanalar bo‘ylab bir xil ω burchak tezlik bilan harakatlanadi (3 b)-rasm). Aylanma harakatni tavsiflash uchun aylanish o‘qining fazodagi vaziyatini, jismning vaqtning har bir paytidagi burchak tezligini bilish kerak bo‘ladi.

Aylanma harakat – bu shunday harakatki, bunda qattiq jismning hamma nuqtalari markazlari bir to‘g‘ri chiziqda yotadigan aylanalarni chizadi. Bu to‘g‘ri chiziq OO' aylanish o‘qi bo‘ladi (3 b-rasm).

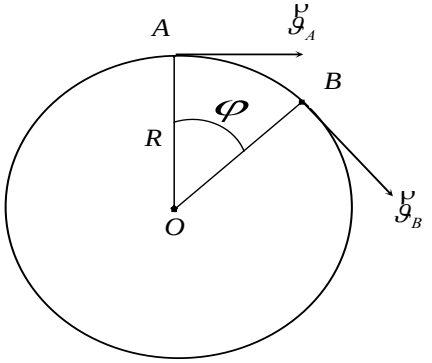
Umumiy holda qattiq jism ayni bir vaqtda ham ilgarilanma, ham aylanma harakatda bo‘lishi mumkin. Nihoyat, aylanish o‘qining o‘zi ham jismga nisbatan o‘z vaziyatini o‘zgartirib turishi mumkin. Bu holda jism vaqtning har bir muayyan momentida biror oniy aylanish o‘qi atrofida aylanayotgan bo‘ladi.

Qattiq jismni ilgarilanma harakati to‘g‘ri chiziqli va egri chiziqli, tekis va notekis bo‘lishi mumkin.

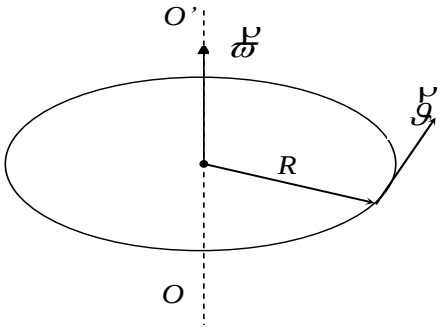
Ilgarilanma harakatning kinematik kattaliklarini quyidagi fizik kattaliklar tashkil etadilar: S yo‘l, r ko‘chish, ϑ tezlik, a chiziqli tezlanish.

Qattiq jismning aylanma harakati tekis va notekis bo‘ladi.

Biz bilamizki, moddiy nuqtaning aylana bo‘ylab harakat trayektoriyasiga urinma bo‘ylab yo‘nalgan tezligi chiziqli tezlik deb ataladi. Qattiq jismning tekis aylanma harakatida ixtiyoriy nuqtalarning chiziqli tezliklari hamma vaqt harakat trayektoriyasidan iborat bo‘lgan aylanalarga urinma ravishda yo‘nalgan bo‘ladi (4-rasm).



4-rasm.



5-rasm.

Tekis aylanma harakat qilayotgan jismning ixtiyoriy nuqtalari barobar vaqtlar ichida burilish burchaklari bir xil bo‘lganligidan, bu harakatni burchak orqali ifodalanuvchi $\vec{\omega}$ burchak tezlik bilan harakterlanadi.

Vaqt birligi ichida burilish burchagiga miqdor jihatdan teng bo‘lgan fizik kattalik tekis aylanma harakatning burchak tezligi deb aytiladi (4-rasm), ya’ni

$$\omega = \frac{\varphi}{t}. \qquad (1)$$

Hamma birliklar sistemasida burchak tezlikning o‘lchov birligi bir xil bo‘lib, u quyidagiga teng

$$[\omega] = \frac{[\varphi]}{[t]} = 1\frac{рад}{с} = \frac{1}{с}. \qquad (2)$$

(1) formuladan φ ni topamiz, ya’ni

$$\varphi = \omega \cdot t. \qquad (3)$$

(3) formula tekis aylanma harakatning tenglamasi deyiladi.

Burchak tezlik ham vektor kattalik bo‘lib, uning yo‘nalishi aylanish o‘qi bo‘ylab yo‘nalgan (5-rasm).

Har qanday tekis aylanma harakatining asosiy sharti: burchak tezlik vektorining miqdor va yo‘nalish jihatidan o‘zgarmas qolishidir, ya’ni

$$\vec{\omega} = const . \qquad (4)$$

Tekis aylanma harakatining burchak tezligini ham davr va chastota orqali ifodalash mumkin. Agar (1) formulada t vaqt T davrga teng, ya’ni $t = T$ bo‘lsa, φ burilish burchagi 2π ga, ya’ni $\varphi = 2\pi$ bo‘lib, (1) ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} . \qquad (5)$$

(5) formulada T davr chastotaning teskari ifodasi $\left(\frac{1}{\nu}\right)$ bilan almashtirilsa, u holda

$$\omega = 2\pi\nu . \qquad (6)$$

Shunday qilib, tekis aylanma harakatning davri va chastotasi orqali burchak tezligini aniqlash mumkin.

Aylanayotgan jismning har bir nuqtasi aylana bo‘ylab harakat qilib, normal tezlanishga ega bo‘ladi, ya’ni

$$a_n = \frac{\vartheta^2}{R}, \qquad (7)$$

bu yerda ϑ - nuqtaning chiziqli tezligi;

R - shu nuqtadan aylanish o‘qigacha bo‘lgan masofa.

(7) formuladagi chiziqli tezlik o‘rniga uning burchak tezlik orqali ifodasini $\vec{\vartheta} = \vec{\omega} \cdot R$ ga asosan qo‘ysak, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$a_n = \omega^2 R . \qquad (8)$$

Aylanayotgan jismdagi hamma nuqtalarning ω burchak tezligi bir xil bo‘lgani uchun, (8) formuladan ko‘rinadiki, jismning tekshirilayotgan nuqtasi aylanish o‘qidan qancha uzoqda bo‘lsa, u nuqtaning normal tezlanishi shuncha katta bo‘ladi.

(5) va (6) formulalardan foydalanib, (8) formulani yana quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin

$$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}, \qquad (9)$$

$$a_n = 4\pi^2 \nu^2 R. \qquad (10)$$

Notekis aylanma harakatda ϖ burchak tezlik vaqt o‘tishi bilan o‘zgaradi. Bu o‘zgarishni harakterlash uchun burchak tezlanish β tushunchasi kiritiladi. Tekis o‘zgaruvchan aylanma harakatning burchak tezlanishi deb, burchak tezligining $\Delta\varpi$ o‘zgarishiga to‘g‘ri proporsional va shu o‘zgarish hosil bo‘lishi uchun ketgan Δt vaqt oralig‘iga teskari proporsional bo‘lgan fizik kattalikka aytiladi. Notekis aylanma harakatning umumiy holda berilgan paytdagi burchak tezlanishi, quyidagicha bo‘ladi:

$$\vec{\beta} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \varpi}{\Delta t} = \frac{d\varpi}{dt}. \qquad (11)$$

Differensial hisob kursidan ma’lumki, burchak tezlik quyidagiga teng:

$$\vec{\varpi} = \frac{d\varphi}{dt}. \qquad (12)$$

Shuning uchun burchak tezlanishi, quyidagicha bo‘ladi:

$$\vec{\beta} = \frac{d\varpi}{dt}, \quad \text{yoki} \quad \vec{\beta} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}. \qquad (13)$$

Burchak tezlanishning o‘lchov birligini aniqlaymiz:

$$[\beta] = \frac{[d\varpi]}{[dt]} = \frac{1pa\partial}{1c^2} = 1\frac{pa\partial}{c^2} = \frac{1}{c^2}. \qquad (14)$$

Tekis o‘zgaruvchan aylanma harakatining tenglamalari quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\varpi = \varpi_0 \pm \beta t, \qquad (15)$$

$$\varphi = \varphi_0 + \varpi_0 t \pm \frac{\beta t^2}{2}. \qquad (16)$$

(15) va (16) formulalar tekis o‘zgaruvchan aylanma harakatining tenglamalari deb ataladi.

(16) formulada φ_0 - integrallash doimiysi.

Tekis tezlanuvchan aylanma harakatda $\vec{\beta} < 0$ bo‘ladi va (15), (16) formulalar faqat plyus orqali yoziladi.

Tekis sekinlanuvchan aylanma harakatda $\vec{\beta} < 0$ bo‘ladi, u holda (15) va (16) formulalar faqat minus orqali yoziladi.

Qattiq jism aylanma harakatini dinamika nuqtai nazaridan tekshirilganda kuch tushunchasi bilan bir qatorda kuch momenti tushunchasi massa tushunchasi bilan bir qatorda inersiya momenti tushunchasi kiritiladi.

Kuch ta’sirida jismlar faqat aylanma harakat qilayotgan bo‘lsin. Masalan, auditoriya eshigi, radiola plastinkasi, rul chambaraklari, charx toshi va shu kabilar kuch ta’sirida aylanma harakat qilishlarini biz kuzatishlardan bilamiz. Kuchning aylantiruvchi ta’siri qanday kattalik bilan ifodalanishini aniqlaymiz.

Tajribalardan ma’lumki, uy eshigini uning aylanish o‘qiga (oshiq-moshiqqa) yaqin joyidan itarib ochish uchun ancha kuch kerak. Aksincha, aylanish o‘qidan ancha nari joydan itarsak, eshik osongina ochiladi. Radiola plastinkasini qo‘l bilan aylantirib ko‘raylik. Bunda ham qo‘l barmog‘imizni plastinkaning aylanish o‘qiga yaqinroq joyiga bosib plastinkani aylantirish uchun ancha kuch qo‘yish kerakligini ko‘ramiz. Agar aylanish o‘qidan uzoqroqdan bosib aylantirsak, u oson aylanadi.

Shunga o‘xshash tajribalardan aylanish o‘qi bo‘lgan jismga kuchning ta’siri faqat kuchning kattaligiga emas, shuningdek, kuchning qo‘yilish nuqtasidan aylanish o‘qigacha bo‘lgan masofaga ham bog‘liq bo‘lishi ko‘rinib turibdi.

Aylanish o‘qidan kuchning ta’sir chizig‘igacha bo‘lgan eng qisqa masofa kuch yelkasi deb ataladi.

Kuchning uning yelkasiga ko‘paytmasi bilan o‘lchanadigan kattalik aylantiruvchi momenti yoki kuch momenti deb ataladi, ya’ni

$$\overset{\cup}{M} = F \cdot l . \qquad (17)$$

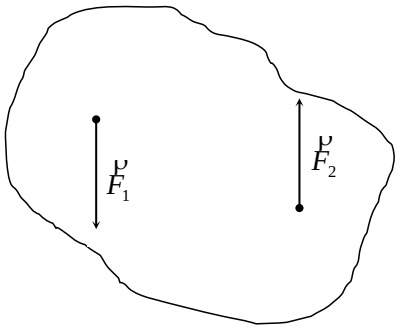
SI birliklar sistemasida kuch momenti nyuton-metr (N·m) deb atalgan birlikda o‘lchanadi, ya’ni

$$[M] = [F] \cdot [l] = 1H \cdot 1м = 1H \cdot м . \qquad (18)$$

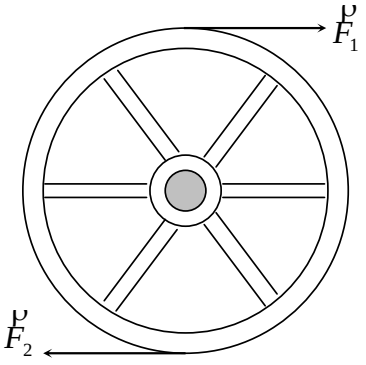
Amalda ko‘pincha jismga juft kuchlar deb ataladigan kuchlarning ta’siriga duch kelamiz. Masalan, shofyor qo‘llari yordamida juft kuchlar hosil qilib, rul chambaragini buradi, Yerning magnit maydoni magnit strelkasiga juft kuchlar bilan ta’sir etib, uning bir uchini shimolga, ikkinchi uchini janubga tomon buradi.

Juft kuchlar deb bir to‘g‘ri chiziqda ta’sir qilmayotgan ikkita bir-biriga teng va parallel, qarama-qarshi yo‘nalgan kuchlarga aytiladi.

6-rasmda $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ juft kuchlar tasvirlangan.



6-rasm.

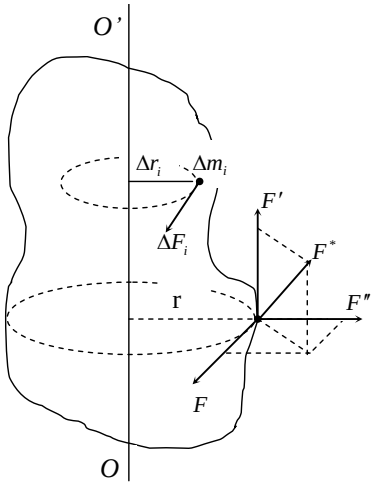


7-rasm.

Juft kuchlarni bir kuch bilan almashtirib bo‘lmaydi, ya’ni ularning teng ta’sir etuvchisi bo‘lmaydi. Shuning uchun juft kuchlar jismga ilgarilanma harakat bera olmaydi, juft kuchlar jismni aylantiradi. 7-rasmda aylanish o‘qidan chiqarib olingan g‘ildirak juft kuchlar ta’sirida aylanma harakat qilishi ko‘rsatilgan.

Juft kuchlarning jismni aylantiruvchi ta’siri ham kuch momenti bilan harakterlanadi. Kuchlardan birining kuch yelkasiga ko‘paytmasi juft kuchlarning momenti deb ataladi. Juft kuchlar momentining kattaligi aylanish o‘qining vaziyatiga bog‘liq emas.

Ixtiyoriy shakldagi qattiq jism qo‘zg‘almas OO' o‘q atrofida F^* kuch ta’sirida aylanayotgan bo‘lsin (8-rasm). Bunda jismning barcha nuqtalari markazi shu o‘qda yotgan aylanalar chizadi. Jism barcha nuqtalarining burchak tezliklari va burchak tezlanishlari bir xil bo‘ladi.



8-rasm.

Ta’sir qilayotgan F^* kuchni uchta o‘zaro perpendikulyar ta’sir etuvchilarga ajratamiz: o‘qqa parallel F', o‘qqa perpendikulyar F'', hamda F' va F'' larga perpendikulyar F kuchga. Jismni kuch qo‘yilgan nuqta chizgan aylanaga urinma bo‘lgan F tashkil etuvchisi aylantiradi. F' va F'' tashkil etuvchilar jismni aylantirmaydi. F kuch aylantiruvchi kuch deyiladi. F kuchning ta’siri faqat uning kattaligiga bog‘liq bo‘lmay, kuch momentiga ham bog‘liq, ya’ni

$$M = F \cdot r . \qquad (19)$$

(19) ifoda kuch momentining formulasi deyiladi. Bu yerda F - aylantiruvchi kuch, r - aylanish o‘qidan kuch qo‘yilgan nuqtagacha masofa.

Butun jismni juda kichik zarralar – elementar massalarga fikran bo‘lamiz. Har bir Δm_i elementar massaga elementar aylantiruvchi ΔF_i kuch qo‘yilgan bo‘ladi (8-rasm). Nyutonning ikkinchi qonuni asosida

$$\Delta F_i = \Delta m_i \cdot a_i , \qquad (20)$$

bu yerda a_i - elementar massaga berilayotgan chiziqli tezlanish. Bu tenglikning ikkala qismini elementar massa chizayotgan aylananing radiusi Δr_i ga ko‘paytirib va chiziqli tezlanish o‘rniga burchak tezlanishini kiritsak, quyidagini hosil qilamiz:

$$\Delta F_i \cdot \Delta r_i = \Delta m_i \Delta r_i^2 \beta . \qquad (21)$$

$\Delta F_i \cdot \Delta r_i = \Delta M_i$ kattalik elementar massaga qo‘yilgan aylantiruvchi moment ekanini nazarga olib

$$\Delta m_i \Delta r_i^2 = \Delta J_i \qquad (22)$$

deb belgilash kiritsak, (21) ni quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$\Delta M_i = \Delta J_i \cdot \beta . \qquad (23)$$

ΔJ_i kattalik moddiy nuqtaning inersiya momenti deyiladi. Moddiy nuqtaning biror aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momenti deb moddiy nuqta massasining shu o‘qqacha bo‘lgan masofa kvadrati ko‘paytmasiga aytiladi.

Jismni tashkil qilgan barcha moddiy nuqtalarga qo‘yilgan ΔM_i aylantiruvchi momentlarni jamlab quyidagicha yozish mumkin:

$$\sum_{i=1}^{n}\Delta M_i = \beta \cdot \sum_{i=1}^{n}\Delta J_i \,, \qquad (24)$$

bu yerda $\sum_{i=1}^{n}\Delta M_i = M$ jismga qo‘yilgan aylantiruvchi moment, ya’ni aylantiruvchi F kuchning momenti, $\sum_{i=1}^{n}\Delta J_i = J$ jismning inersiya momenti.

(24) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$M = \beta \cdot J \,. \qquad (25)$$

(24) formula aylanish dinamikasining asosiy qonuni, ya’ni aylanma harakat uchun Nyutonning ikkinchi qonunini ifodalaydi: jismga qo‘yilgan aylantiruvchi kuchning momenti jismning inersiya momentining burchak tezlanishga ko‘paytmasiga teng.

Inersiya momenti jismning aylanma harakatdagi inertlik xossalarini ifodalar ekan.

Agar aylantiruvchi moment $M = const$ va jismning inersiya momenti $J = const$ bo‘lsa, u holda (25) formulani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$M = J\frac{\varpi_0 - \varpi}{t}, \qquad (26)$$

yoki

$$Mt = J\varpi_0 - J\varpi \,, \qquad (27)$$

bu yerda t - jismning aylanish burchak tezligi ϖ_0 dan ϖ gacha o‘zgarish uchun ketgan vaqt oralig‘i;

Mt - kuch momentining impulsi;

$J\varpi$ - harakat miqdorining momenti.

(27) formula harakat miqdori momentining o‘zgarish qonunini ifodalaydi: biror vaqt oralig‘ida jismning harakat miqdori momentining o‘zgarishi xuddi shu vaqt oralig‘idagi kuch momenti impulsiga teng.

$M \neq const$ bo‘lgan holda ham harakat miqdori momentining o‘zgarish qonuni (27) formula to‘g‘riligicha qoladi.

Aylantiruvchi moment $\vec{M}$ moment impulsi $\vec{Mt}$ va harakat miqdorining momenti $J\vec{\varpi}$ vektor kattaliklardir.

Ba’zi jismlarning ma’lum o‘qlarga nisbatan inersiya momentlari bilan tanishamiz.

1. l uzunlikdagi ingichka sterjenning inersiya momenti (9-rasm. 1)

$$J = \frac{1}{12} ml^2. \qquad (28)$$

2. Bo‘yi a, eni b bo‘lgan brusokning inersiya momenti (9-rasm. 2)

$$J = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2). \qquad (29)$$

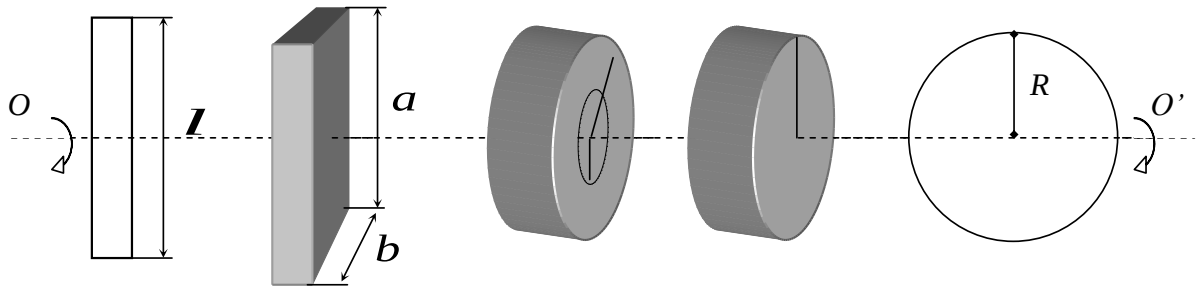
3. Tashqi radiusi R, ichki radiusi r bo‘lgan xalqaning inersiya momenti (9-rasm. 3)

$$J = \frac{1}{2} m(R^2 + r^2). \qquad (30)$$

4. R radiusli disk (silindr) ning inersiya momenti (9-rasm. 4)

$$J = \frac{1}{2} mR^2. \qquad (31)$$

5. R radiusli sharning inersiya momenti (9-rasm. 5)



1) 2) 3) 4) 5)

9-rasm.

Aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi ifodasini chiqaraylik. Aylanayotgan jismning r_i radiusli aylana bo‘ylab ϑ_i tezlik bilan aylanayotgan Δm_i massali bir zarrasining kinetik energiyasi quyidagiga teng:

$$\Delta W_i = \frac{\Delta m_i \vartheta_i^2}{2} = \frac{\Delta m_i r_i^2 \varpi^2}{2} = \frac{\Delta J_i \cdot \varpi^2}{2}, \qquad (32)$$

bu yerda ΔJ_i - zarraning inersiya momenti;

ϖ - jismning aylanish burchak tezligi.

Jismni tashkil qiluvchi barcha zarralarning ΔW_i energiyalarining yig‘indisidan aylanayotgan jismning kinetik energiyasini hosil qilamiz:

$$W_{к.айл.} = \sum_{i=1}^{n} \Delta W_i = \frac{\varpi^2}{2} \sum_{i=1}^{n} \Delta J_i = \frac{J\varpi^2}{2}. \qquad (33)$$

Aylanish kinetik energiyasi hisobiga jism ish bajarishi mumkin. Bu ish aylanish kinetik energiyasining o‘zgarishiga (kamayishiga) teng bo‘ladi, ya’ni

$$A = \frac{J\varpi_0^2}{2} - \frac{J\varpi^2}{2}, \qquad (34)$$

bu yerda ϖ_0 va ϖ - boshlang‘ich va oxirgi burchak tezliklari.

Texnikada mashinalar (traktorlar, kemalar va shunga o‘xshashlar) ning bir tekis yurishini ta’minlash uchun maxovikning kinetik energiyasidan foydalaniladi:

nagruzka (yuklanish) to‘satdan ortganida mashina to‘xtab qolmaydi, balki maxovikning aylanishi tufayli yig‘ilgan kinetik energiya hisobiga ish bajaradi.

Agar jism bir vaqtda ham ilgarilanma harakatda, ham aylanma harakatda bo‘lsa, uning to‘la kinetik energiyasi ilgarilanma harakatdagi kinetik energiyasi bilan aylanishdagi kinetik energiyasi yig‘indisiga teng bo‘ladi, ya’ni

$$W_к = \frac{m\vartheta^2}{2} + \frac{J\varpi^2}{2}, \qquad (35)$$

bu yerda m va J - qattiq jismning massasi va inersiya momenti;

ϑ va ϖ - uning chiziqli va burchak tezliklari.

Ko‘p amaliy masalalarni yechishda bu qoidani nazarga olish kerak.

Endi, ilgarilanma va aylanma harakatlarning kattaliklari va tenglamalarini o‘xshashligini ko‘rib chiqamiz.

Ilgarilanma harakatni harakterlovchi har bir fizik kattalikka aylanma harakatni harakterlovchi bir fizik kattalik mos keladi (jadval 1)

Jadval 1.

Ilgarilanma harakat		Aylanma harakat	
1. Vaqt	t	1. Vaqt	t
2. Chiziqli yo‘l	S	2. Burchak yo‘l	φ

3. Chiziqli tezlik	ϑ	3. Burchak tezlik	ϖ
4. Chiziqli tezlanish	a	4. Burchak tezlanish	β
5. Kuch	F	5. Kuch momenti	M
6. Massa	m	6. Inersiya momenti	J
7. Kuch impulsi	Ft	7. Kuch momentining impulsi	Mt
8. Harakat miqdori	$m\vartheta$	8. Harakat miqdorining momenti	$J\varpi$
9. $F = ma$		9. $M = J\beta$	
10. $S = \vartheta t$		10. $\varphi = \varpi t$	
11. $\vartheta = \vartheta_0 \pm at$		11. $\varpi = \varpi_0 \pm \beta t$	
12. $S = \vartheta_0 t \pm \frac{at^2}{2}$		12. $\varphi = \varpi_0 t \pm \frac{\beta t^2}{2}$	
13. $\sum_{i=1}^{n} m_i \vartheta_i = const$		13. $\sum_{i=1}^{n} J_i \varpi_i = const$	
14. $W_к = \frac{m\vartheta^2}{2}$		14. $W_к = \frac{J\varpi^2}{2}$	

Nazorat uchun savollar:

1. Qanday jism absolyut qattiq jism deyiladi?
2. Qattiq jism qanday harakatlarga ega?
3. Aylanma harakatda barcha moddiy nuqtalarning qaysi kattaliklari bir xil bo‘ladi?
4. Jismning og‘irlik markazi deb nimaga aytiladi va uni tajriba yo‘li bilan qanday aniqlash mumkin?
5. Kuch momenti nima va u qanday birliklarda o‘lchanadi?
6. Qanday kuchlar juft kuchlar deyiladi?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Ilagirlanma va aylanma harakatlarni o‘xshashliklari haqida ma’lumotlar izlab topish.
2. Harakatlanayotgan qattiq jismni energiyasini amaliy masalalarni yechishini o‘rganib chiqish.
3. Xizmat ko‘rsatish sohasida aylanma harakat va uning kattaliklarni foydalanish usullarni o‘rganish va xulosalar qilish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 1, 2, 3, 6

1.4 Мавзу: Mexanik tebranishlar

Dars maqsadi: Mexanik tebranishning turlari va fizik tabiati to‘g‘risida chuqur bilim berish.

Asosiy savollar:

1. Tebranma harakat to‘g‘risida ma’lumotlar
2. Mexanik tebranishlar va ularning turlari
3. Garmonik tebranma harakati
4. Rezonans hodisasi va uning amaliy ahamiyati

Tayanch so‘z va iboralar:

Tebranishlar – muayyan vaqt oraliqlarida takrorlanib turadigan harakatlar.

Garmonik tebranish – siljishga proporsional bo‘lgan va unga qarama-qarshi yo‘nalgan kuch hosil qilgan tebranish; garmonik tebranish sinus yoki kosinus funksiyasi bilan ifodalanadigan harakat.

Majburiy tebranishlar – davriy o‘zgaruvchan tashqi kuchlar ta’sirida sistema tebranishi.

Rezonans – tebranayotgan sistemaga ta’sir etuvchi davriy o‘zgaruvchi majburiy kuchning chastotasi sistemaning xususiy tebranish chastotasiga yaqin bo‘lganda majburiy tebranishlar amplitudasining tekis o‘sishi.

Tabiat va texnikada juda ko‘p tarqalgan takrorlanuvchi protsess asosida tebranishlar va ularni hosil qilgan to‘lqinlar yotadi. Bunday protsesslarga soat mayatnigining tebranishi, zanjirdagi o‘zgaruvchan tok, tovush va shu kabilarning harakati misol bo‘la oladi. Daraxt barglari tebranadilar, musiqa asboblarining torlari ham tebranadilar. Texnikada ichki yonish dvigatellarining porsheni tebranadi, samolyotning fyuzellaji, avtomobilning kuzovi ham tebranadilar.

Bizning planetamizning hayotida ham tebranma harakat ro‘y beradi. U esa okean va dengizlarda suvning qalqib ko‘tarilishi va suvning qaytishi, yer qimirlashi. Tirik organizmda ham tebranish ro‘y beradi. U esa yurak urishi, tovush bog‘ichlarining harakati va hokazo.

Fizikaviy tabiatiga qarab tebranishlarning ikki turi bor. Ular esa mexanik va elektromagnit tebranishlar. Tebranayotgan jism hamisha boshqa jismlar bilan bog‘liq va ular bilan birga sistemani tashkil qiladilar. Shu tufayli hosil bo‘lgan sistema tebranayotgan sistema deb ataladi.

Tebranma harakat yoki tebranish deb davriy ravishda takrorlanadigan harakatga aytiladi. Texnika va tabiatda uchraydigan turli ko‘rinishdagi tebranishlar bir xil qonuniyatlarga bo‘ysunadi.

Hozirgi zamon fizikasida tebranishlar fizikasi maxsus soha sifatida ajralib chiqqan bo‘lib, unda turli xil tebranish yagona nuqtai nazardan qaralib chiqiladi. Tebranishlar fizikasining xulosalari mexanik tebranishlar, o‘zgaruvchan tok, elektrotexnika va radiotexnikaning nazariy asosini tashkil qiladi.

Tebranma harakatning asosiy belgilaridan biri uning davriyligidir. Har qanday davriy ravishda takrorlanuvchi harakat quyidagi fizik kattaliklar bilan harakterlanadi: amplituda, davr, chastota, faza, doiraviy yoki siklik chastota.

Tebranish davri deb bir marta to‘la tebranish uchun ketgan vaqtga miqdor jihatdan teng bo‘lgan fizik kattalikka aytiladi. Tebranish davri ***T*** harfi bilan belgilanadi va quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$T = \frac{t}{N} \qquad (1)$$

bu yerda: t – tebranish vaqti;

N – tebranishlar soni.

SI sistemasida davr sekundda o‘lchanadi: [T] = 1 s.

Tebranish chastotasi ν harfi bilan belgilanadi va quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\nu = \frac{N}{t} \qquad (2)$$

$[\nu] = \frac{1}{c} = 1Гц$ (Gers).

Tebranish chastotasi SI sistemasida gersda o‘lchanadi.

Tebranish davri va chastota orasidagi bog‘lanish quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$T = \frac{1}{\nu} \qquad \text{yoki} \qquad \nu = \frac{1}{T} \tag{3}$$

Bu ifodadan ko‘rinadiki, davr bilan chastota bir-biriga nisbatan teskari munosabatdadir.

Tebranish amplitudasi deb tebranuvchi nuqta yoki sistemaning muvozanat vaziyatidan eng katta chetlanish masofasiga teng bo‘lgan kattalikka aytiladi.

Amplituda A harfi bilan belgilanadi va uning birligi qilib metr (m) qabul qilingan.

[A] = 1 m

Amplitudasi A ning vaqt bo‘yicha o‘zgarishiga qarab tebranishlar ikki xil, so‘nmas va so‘nuvchi tebranishlarga bo‘linadi.

Vaqt o‘tishi bilan amplitudasining moduli o‘zgarmas qoladigan tebranishga so‘nmas tebranish deyiladi. Vaqt o‘tishi bilan kamayib boruvchi tebranishga esa so‘nuvchi tebranish deyiladi.

Tebranayotgan nuqtaning holatini ham berilayotgan paytdagi harakatning yo‘nalishini ham harakterlaydigan kattalik tebranish fazasi deb ataladi.

Tebranish fazasi yoki fazaviy burchak φ harfi bilan belgilanadi va radianlarda hisoblanadi:

$[\varphi] = 1rad$.

2π sekund ichida ro‘y beradigan tebranishlar soniga son jihatdan teng bo‘ladigan kattalikka doiraviy yoki siklik chastota deyiladi. Siklik chastota ω harfi bilan belgilanadi.

Tebranma harakatning davri $\boldsymbol{T}$, chastotasi ν va siklik chastotasi ω quyidagi munosabat bilan bog‘lanishga ega:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \tag{4}$$

$$\omega = 2\pi\nu \tag{5}$$

Tebranish fazasini φ davr T va chastota ν orqali ifodalash mumkin:

$$\varphi = \omega t = \frac{2\pi}{T} \cdot t = 2\pi\nu t \qquad (6)$$

Tebranma harakatning eng sodda turi deb garmonik tebranishlar qabul qilingan va shu tebranishlar yordamida murakkab tebranishlarni tushuntira olish mumkin.

Garmonik tebranish deb sinus yoki kosinus funksiyalari bilan ifodalanadigan tebranma harakatga aytiladi.

Garmonik tebranma harakatning tenglamalari deb quyidagi formulalar qabul qilib olingan:

$$\mathrm{X} = \mathrm{A}\sin\varphi \qquad (7)$$

$$\mathrm{X} = \mathrm{A}\sin\omega t \qquad (8)$$

$$\mathrm{X} = \mathrm{A}\sin\frac{2\pi}{T}t \qquad (9)$$

$$\mathrm{X} = \mathrm{A}\sin 2\pi\nu t \qquad (10)$$

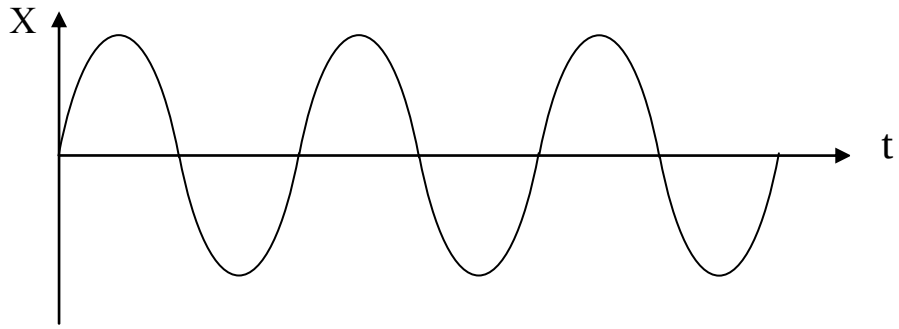
Garmonik tebranishning (7-10) tenglamalarida boshlang‘ich ($t = 0$) paytida tebranishning fazasi nolga teng, ya’ni tebranish muvozanat holatidan boshlangan edi. Ko‘pincha boshlang‘ich ($t = 0$) paytda tebranayotgan nuqtaning vaziyati boshlang‘ich faza deb ataluvchi φ_0 burchak bilan, siljish X esa tebranishning fazasini ifodalovchi φ burchak bilan aniqlanadi, ya’ni:

$$\varphi = \omega t + \varphi_0 = \frac{2\pi}{T}t + \varphi_0 = 2\pi\nu t + \varphi_0 \qquad (11)$$

Tebranish fazasining bu ifodasi (7-10) formulalarga qo‘yilsa, garmonik tebranishning umumiy ko‘rinishdagi quyidagi tenglamasi kelib chiqadi:

$$\mathrm{X} = \mathrm{A}\sin(\omega t + \varphi_0) = \mathrm{A}\sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right) = \mathrm{A}\sin(2\pi\nu t + \varphi_0) \qquad (12)$$

Garmonik tebranishni grafik ravishda tasvirlash mumkin. Buning uchun koordinata sistemasining ordinata o‘qiga X siljishni va abssissa o‘qiga t vaqtni qo‘yilsa, garmonik tebranishning grafigi sinusoida chizig‘ini hosil qiladi (1 – rasm).



1 – rasm

Garmonik tebranayotgan nuqtaning harakati X siljish bo‘yicha o‘zgaruvchan bo‘lganligi uchun, u oniy tezlik va oniy tezlanishga ega bo‘ladi.

Garmonik tebranayotgan nuqtaning υ oniy tezligi X siljishdan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilasidan iborat, ya’ni:

$$\upsilon = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}\cdot\left(\mathrm{A}\sin\omega t\right) = \mathrm{A}\omega\cos\omega t = \upsilon_m\cos\omega t \qquad (13)$$

bunda $\upsilon_m = \mathrm{A}\omega$ - tezlikning amplituda ifodasi.

Garmonik tebranayotgan nuqtaning a oniy tezlanishi tezlikdan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilasiga yoki X siljishdan olingan ikkinchi tartibli hosilaga teng, ya’ni:

$$a = \frac{d\upsilon}{dt} \qquad (14)$$

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} \qquad (15)$$

$$a = \frac{d}{dt}\cdot\left(\mathrm{A}\omega\cos\omega t\right) = -\mathrm{A}\omega^2\sin\omega t = -a_m\sin\omega t = -\omega^2 x \qquad (16)$$

bunda $a_m = \mathrm{A}\omega^2$ - tezlanishning amplituda ifodasi.

(13) va (16) dan ko‘rinadiki, garmonik tebranayotgan nuqtani tezlik va tezlanishi ham garmonik ravishda o‘zgarar ekan.

Garmonik tebranayotgan m massali nuqta υ tezlikka ega bo‘lganligidan va F kuch ta’sirida bo‘lganligi uchun W_k kinetik va W_n potensial energiyalarga ega bo‘ladi:

$$W_n = \int_0^x F dx \tag{17}$$

bunda $F = -kx$ - elastiklik kuchi.

Demak, $W_n = \int_0^x kx \cdot dx = \frac{kx^2}{2}$ (18)

bunda $k = m\omega^2$ - elastiklik koeffitsiyenti. Shuning uchun tebranayotgan nuqtaning potensial energiyasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$W_n = \frac{1}{2} m\omega^2 \mathrm{A}^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0) \tag{19}$$

chunki $\upsilon = \omega \mathrm{A} \cos(\omega t + \varphi_0)$ unda kinetik energiya quyidagiga teng bo‘ladi:

$$W_k = \frac{m\upsilon^2}{2} = \frac{1}{2} m\omega^2 \mathrm{A}^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0) \tag{20}$$

Garmonik tebranayotgan moddiy nuqtaning to‘liq energiyasi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$W_T = W_K + W_П = \frac{1}{2} m\omega^2 \mathrm{A}^2 \left[\sin^2(\omega t + \varphi_0) + \cos^2(\omega t + \varphi_0)\right]\ldots. \tag{21}$$

chunki $\sin^2(\omega t + \varphi_0) + \cos^2(\omega t + \varphi_0) = 1$

unda $W_T = \frac{1}{2} m\omega^2 \mathrm{A}^2$. (22)

Energiyaning saqlanish qonuniga binoan garmonik tebranayotgan moddiy nuqtaning to‘liq energiyasi o‘zgarmas bo‘lib, kinetik energiya potensial energiyaga va aksincha aylanib turadi, ya’ni:

$$W_T = W_K + W_П = const \tag{23}$$

Muvozanat holatidan chiqarilgan va tashqi kuchlar ta’sirida bo‘lmagan mayatniklarning tebranishlariga erkin tebranishlar yoki xususiy tebranishlar

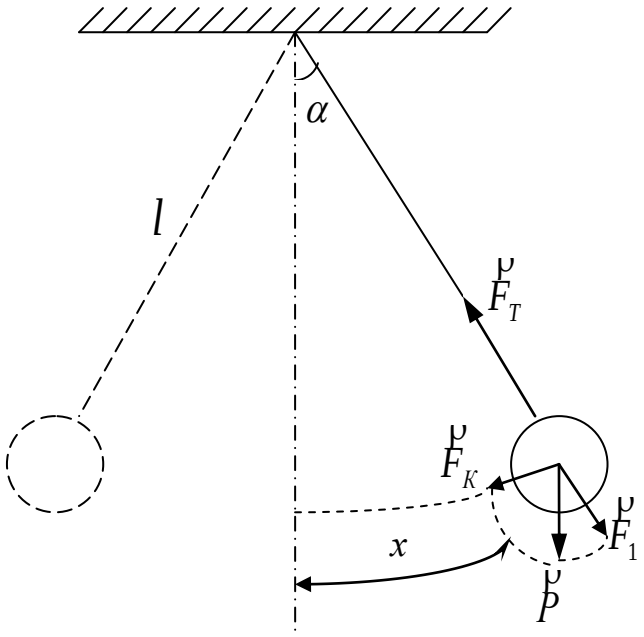
deyiladi. Mayatniklarning erkin tebranishlari faqat ishqalanish bo‘lmagan hollardagina garmonik tebranishlar bo‘la oladi.

Mayatnik deb og‘irlik markazdan o‘tmagan ixtiyoriy o‘q atrofida tebrana oladigan har qanday qattiq jismga aytiladi.

Mayatniklarning eng sodda turi matematik mayatnikdir.

Matematik mayatnik deb vaznsiz ingichka cho‘zilmaydigan ipga osilgan, ma’lum massali moddiy nuqtadan iborat sistemaga aytiladi.

Juda kichik shar osilgan ingichka ipdan tashkil topgan mayatnik amalda matematik mayatnik bo‘la oladi (2 - rasm).



2 – rasm

Matematik mayatnik muvozanat vaziyatidan juda kichik, ya’ni 5ºdan katta bo‘lmagan α burchak ostidagi tebranishi ham garmonik tebranishdan iborat bo‘ladi.

Matematik mayatnik tebranish davrini ifodalovchi formulani kelib chiqishini qarab chiqamiz.

Garmonik tebranayotgan matematik mayatnik chetki muvozanat holatda bo‘lganda (2 – rasm), uning og‘irlik kuchini $\vec{P} = m\vec{g}$ ikkita $\vec{F}_K$ va $\vec{F}_1$ tashkil

etuvchi kuchlarga bo‘lamiz. Og‘irligining $\vec{F}_1 = mg \cdot \cos\alpha$ tashkil etuvchisi ipning $\vec{F}_T$ - taranglik kuchi bilan muvozanatlashadi.

$\vec{F}_K = -mg \cdot \sin\alpha$ mayatnikni muvozanat holatiga qaytaruvchi tashkil etuvchi kuch esa tebranishni hosil qiladi. Bunda minus ishora F_K kuch X siljishga qarama-qarshi yo‘nalganligini ifodalaydi. Rasmda $\sin\alpha = \frac{x}{l}$ bo‘lgani uchun F_K kuch quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\vec{F}_K = -mg \cdot \sin\alpha = -mg\frac{x}{l} = -m\left(\frac{g}{l}\right)x \qquad (24)$$

Ikkinchi tomonidan, Nyuton ikkinchi qonuniga binoan matematik mayatnikning harakat tenglamasi quyidagiga tengdir:

$$F = ma \qquad (25)$$

(24) va (25) formulalarni tenglashtirib, matematik mayatnikning garmonik tebranishining a tezlanishini aniqlaymiz:

$$a = -\left(\frac{g}{l}\right)x \qquad (26)$$

Bu oniy tezlanish $a = -\omega^2 x$ bo‘lganligi uchun

$$-\omega^2 x = -\left(\frac{g}{l}\right)x \qquad (27)$$

(27) formuladan matematik mayatniknig siklik chastotasi ω - ni aniqlaymiz:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Shunday qilib, matematik mayatnikning tebranishi garmonik bo‘lganda uning tebranish davri (26) dan quyidagiga teng bo‘ladi:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad (28)$$

Matematik mayatnikning tebranish davri, uzunlikdan chiqarilgan kvadrat ildizga proporsional bo‘lib, erkin tushish tezlanishidan chiqarilgan ildizga teskari proporsional.

Mayatnikning tebranish davri uning massasiga va tebranish davri amplitudasiga bog‘liq bo‘lmaydi, ya’ni tebranishning boshidagi va oxiridagi davrlari bir xil bo‘ladi.

Mayatniklarning juda keng tarqalgan amaliy tadbiqi ulardan soatlarda vaqtni o‘lchash uchun foydalanishdir.

Laboratoriyada matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishi g ning qiymatini aniqlash mumkin.

Buning uchun o‘lchanayotgan mayatnik tebranishining yetarlicha katta tebranish soni asosida uning tebranish davri T topilib, esa (28) formuladan aniqlanadi:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T} \qquad (28')$$

Erkin tushish, ya’ni og‘irlik kuchining tezlanishi og‘irlik singari balandlik va chuqurlik hamda joyning geografik kengligiga bog‘liqdir. Hamda tebranayotgan real sistemalar so‘nuvchi tebranishlarga ega, chunki sistemaga ishqalanish kuchlari yoki qarshilik kuchlari ta’sir qiladi va bu kuch quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$F = -r\upsilon \qquad (29)$$

bunda: r - qarshilik koeffitsiyenti, υ - harakat tezligi.

So‘nuvchi tebranishlar uchun Nyutonning 2-qonunini yozamiz:

$$ma = -kx - r\upsilon \qquad (30)$$

Agar: $\upsilon = \frac{dx}{dt}$ va $a = \frac{d^2x}{dt^2}$ bo‘lsa, u paytda (25) formula quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + r\frac{dx}{dt} + kx = 0 \qquad (31)$$

Hosil bo‘lgan (26) formula so‘nuvchi tebranishlarning differensial tenglamasi deb aytiladi. Differensial tenglamani yechish natijasida siljishning vaqtga bog‘liqligi hosil bo‘ladi:

$$X = A_0 e^{-\frac{r}{2m}t} \sin(\omega t + \varphi_0) \tag{32}$$

bunda

$$A = A_0 e^{-\frac{r}{2m}t} \qquad (e \text{ - natural logarifm asosi}) \tag{33}$$

so‘nuvchi tebranishlar amplitudasi.

(28) formuladan ko‘rinib turibdiki, tebranish amplitudasi vaqt o‘tishi bilan kamaya boradi.

So‘nuvchi tebranishlarning siklik chastotasi esa:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \left(\frac{r}{2m}\right)^2} \tag{34}$$

bunda: $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ - erkin, so‘nmas tebranishlarning siklik chastotasi. So‘nuvchi tebranishlarning davri esa:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \left(\frac{r}{2m}\right)^2}} \tag{35}$$

So‘nuvchi tebranishlarning amplituda nisbatini t va $t+T$ vaqt paytida topamiz.

Bunda: $$\frac{A_n}{A_{n+1}} = \frac{A_0 e^{-\frac{r}{2m}t}}{A_0 e^{-\frac{r}{2m}(t+T)}} = e^{\frac{r}{2m}T} \tag{36}$$

yoki $$\frac{A_n}{A_{n+1}} = e^{\beta T} \tag{37}$$

$\beta = \frac{r}{2m}$ - so‘nish koeffitsiyenti

$$\delta = \ln \frac{A_n}{A_{n+1}} = \beta T \tag{38}$$

bu yerda δ - so‘nishning logarifm dekrementi.

Erkin tebranishlar vaqt o‘tgandan keyin bora-bora to‘xtaydi, shu sababli ulardan amalda kamdan kam foydalanadi. Istagancha uzoq vaqt davom eta oladigan so‘nmas tebranishlar esa katta amaliy ahamiyatga ega.

So‘nmaydigan tebranishlarni hosil qilishning eng oson usuli sistemaga tashqi davriy ravishda o‘zgarib turuvchi kuch bilan ta’sir etishdir.

Tebranuvchi sistemada davriy ravishda o‘zgaruvchi tashqi kuch majbur etuvchi kuch ta’sirida sodir bo‘ladigan so‘nmovchi tebranishga majburiy tebranish deyiladi.

Dinamikaning asosiy tenglamasini majburiy tebranishlar uchun quyidagicha bo‘ladi:

$$ma = -kx - r\upsilon + F \tag{39}$$

bu yerda: F - majburiy kuch, yoki (34) formulani quyidagi ko‘rinishda yozsak bo‘ladi:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + r\frac{dx}{dt} + kx = F \tag{40}$$

(40) formula, majburiy tebranishlarning differensial tenglamasi.

Agar $F = F_0 \cos \omega t$ (41)

bo‘lsa va shu kuch ta’sirida hosil bo‘lgan tebranishlar garmonik bo‘lsa va

$$\mathrm{X} = \mathrm{A}\sin(\omega t + \varphi_0) \tag{42}$$

u paytda majburiy tebranishlarning amplitudasini topish kerak. (42) formuladan biz bilamizki,

$$\left.\begin{aligned} \upsilon &= \frac{dx}{dt} = \mathrm{A}\omega\cos(\omega t + \varphi_0) \\ a &= \frac{d\upsilon}{dt} = -\mathrm{A}\omega^2\sin(\omega t + \varphi_0) \\ X &= \mathrm{A}\omega\cos\left(\omega t + \varphi_0 - \frac{\pi}{2}\right) \end{aligned}\right\} \tag{43}$$

Agar shu ifodalarni (40) tenglamaga qo‘ysak, u paytda quyidagini hosil qilamiz:

$$m\mathrm{A}\omega^2 \cos\left(\omega t+\varphi_0+\frac{\pi}{2}\right)+r\mathrm{A}\omega\cos\left(\omega t+\varphi_0\right)+k\mathrm{A}\cos\left(\omega t+\varphi_0+\frac{\pi}{2}\right)=F_0\cos\omega t \quad (44)$$

(44) tenglikning hama a’zolarini $m\mathrm{A}$ ga bo‘lib chiqamiz:

$$\omega^2\cos\left(\omega t+\varphi_0+\frac{\pi}{2}\right)+\frac{r}{m}\omega\cos\left(\omega t+\varphi_0\right)+\frac{k}{m}\cos\left(\omega t+\varphi_0+\frac{\pi}{2}\right)=\frac{F_0}{m\mathrm{A}}\cos\omega t \quad (45)$$

Demak, (45) tenglikni shunday yozishimiz mumkin:

$$\mathrm{A}_1\cos\left(\omega t+\varphi_0+\frac{\pi}{2}\right)+\mathrm{A}_2\cos\left(\omega t+\varphi_0\right)+\mathrm{A}_3\cos\left(\omega t+\varphi_0+\frac{\pi}{2}\right)=\mathrm{A}_4\cos\omega t$$ bunda:

$$\mathrm{A}_1=\omega^2;\quad \mathrm{A}_2=2\beta\omega;\quad \mathrm{A}_3=\omega_0{}^2;\quad \mathrm{A}_4=\frac{F_0}{m\mathrm{A}} \quad (46)$$

(46) ifoda asosida:

$$\mathrm{A}=\frac{F_0}{m\sqrt{\left(\omega_0^2-\omega^2\right)^2+4\beta^2\omega^2}} \quad (47)$$

(47) formula majburiy tebranishlar amplitudasining formulasi deyiladi.

Majburiy tebranishning amplitudasi tebranayotgan sistemaning xossalariga, majburiy kuchning amplitudasi va chastotasiga, hamda sistema xususiy chastotasining nisbatiga bog‘liq bo‘ladi. Sistemaga ta’sir qiluvchi majburiy kuchning chastotasi o‘zgarganda uning amplitudasi ham o‘zgaradi. Davriy ravishda o‘zgaruvchi majburiy kuchning chastotasi sistemaning xususiy chastotasiga yaqinlanishi bilan majburiy tebranishning amplitudasi ortadi va chastotalar teng bo‘lganda u maksimal qiymatga erishadi.

Tebranayotgan sistemaga ta’sir qiluvchi davriy o‘zgaruvchi majburiy kuchning chastotasi sistemaning xususiy tebranish chastotasiga tenglashganda majburiy tebranish amplitudasining keskin o‘sishiga rezonans deyiladi.

Rezonans hodisasi tabiat va texnikada katta amaliy ahamiyatga ega. Rezonans hodisasi faqat mexanik hodisalardagina emas, hatto elektrotexnikada, optikada va yadro fizikasida ham foydalaniladi. Radiopriyomnik, televizor va hokazolarning ishlashi rezonans hodisasiga asoslangandir.

Rezonans hodisasi ko‘pgina zarar ham keltiradi. Masalan, ma’lum tovush chastotalarida ba’zan radiopriyomnik korpusi titraydi, ritmik ravishda ishlaydigan mashinalar o‘rnatilgan fundamentlar parchalanishi va buzilishi mumkin. Aviatsiyada rezonans hodisasi samolyotlarni parchalab yuborishi mumkin. Shuning uchun ham rezonans hodisasi zarar keltiradigan joylarda nazariya va tajribalar yordamida rezonans hosil bo‘lishining oldini olish mumkin.

Endi biz qandaydir yaxlit elastik muhitga qisqa vaqtli kuch emas, davriy o‘zgaruvchan kuch ta’sir qilganda muhitda bo‘ladigan harakatni o‘rganamiz.

Nazorat uchun savolar:

1. Qanday harakatga tebranma harakat deyiladi?
2. Qanday tebranishlar garmonik tebranishlar deyiladi?
3. Garmonik tebranishlarni harakterlovchi asosiy kattaliklari deb nimaga aytiladi?
4. Texnikada rezonans hodisasining ahamiyati nimadan iborat?
5. Nima uchun tebranishlar so‘nuvchi bo‘ladi? So‘nmas tebranishlarni qanday hosil qilish mumkin?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Tebarnishlar to‘g‘risida ma’lumotlarni izlab topish.
2. Rezonans hodisasini o‘rganib, ularni amaliy ahamiyati va salbiy oqibatlari haqida ma’lumotlarga ega bo‘lish.
3. Avtotebranishlar va ularni amaliy ahamiyati.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 2, 3, 6, 7, 9

1.5 Mavzu: Mexanik to‘lqinlar. Tovush to‘lqinlari

Darsning maqsadi: Mexanik to‘lqinlar va ularning fizik tabiati to‘g‘risida bilimlar berish. Tovush tabiati, ultratovush va infratovushlarning amaliy ahamiyati va qo‘llanilishi.

Asosiy savollar:

1. Mexanik to‘lqinlar. Tebranishlarning elastik muhitda tarqalishi

2. To‘lqinning harakteristikalari. To‘lqin tenglamasi
3. Tovush tabiati. Tovush to‘lqinlarining tezligi
4. Akustik rezonans va uning qo‘llanilishi
5. Ultratovush va infratovushlarning servis sohalarida qo‘llanilishi

Tayanch so‘z va iboralar:

Bo‘ylama to‘lqin – muhit zarralarini nur bo‘ylab tebranishlari.

Inrfatovush (lotincha infra – quyi, past, ostida) – inson qulog‘iga eshitilmaydigan past chastotali (16 Gs dan past bo‘lgan) elastik to‘lqinlar.

Ko‘ndalang to‘lqin – muhit zarralarini nurga perpendikulyar tebranishlari.

Nur – to‘lqinning (tebranishlarning) tarqalish yo‘nalishi.

To‘lqin – to‘lqinlarning muhitda tarqalishi.

To‘lqin uzunligi – bir davrda to‘lqin bosib o‘tgan masofa.

To‘lqin uzunligi – muhitning bir xil fazoda tebranayotgan yonma-yon ikki nuqtasi orasidagi masofa.

Tovush – keng ma’noda gazsimon, suyuq yoki qattiq muhitda to‘lqin shaklida tarqaladigan elastik zarralarining tebranma harakati.

Tovush intensivligi – tovush to‘lqinning vaqt birligi ichida nurga perpendikulyar bo‘lgan yuza birligidan olib o‘tgan energiya.

Energiya nurlanishi – tebranayotgan sistemani o‘z energiyasini muhitga berishi.

Faraz qilaylikki, qandaydir sistema muhitda tebranma harakatda bo‘lsin. Muhit zarrachalari bir-biri bilan bog‘langan bo‘lsa; tebranish harakat energiyasi sistemani o‘rab turgan muhit zarrachalariga beriladi va ularni tebranma harakatga keltiradi. Ana shunday tebranishlarning muhitda tarqalishi to‘lqinlar deb ataladi.

Mexanik to‘lqin deb, mexanik tebranishlarning elastik muhitda tarqalish protsessiga aytiladi. To‘lqinlar tebranishlari va tarqalish yo‘nalishining o‘zaro munosabatiga qarab ikki turga bo‘linadi: bo‘ylama va ko‘ndalang to‘lqinlar.

Agar muhit zarralarining tebranishi to‘lqin tarqalayotgan yo‘nalish bo‘yicha bo‘lsa, bunday to‘lqinlar bo‘ylama to‘lqinlar deyiladi va ularning tezligi quyidagi formuladan topiladi:

$$\upsilon_{\delta} = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \tag{48}$$

bunda E – elastiklik yoki Yung moduli;

ρ - muhitning zichligi.

Agar muhit zarralarining tebranishi to‘lqin tarqalish yo‘nalishiga tik bo‘lsa, bunday to‘lqin ko‘ndalang to‘lqin deyiladi va uning tarqalish tezligi quyidagi formuladan topiladi:

$$\upsilon_{k} = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \tag{49}$$

bunda G – siljish moduli, ya’ni siljish deformatsiyasini harakterlovchi kattalik.

Bo‘ylama to‘lqinlar elastik xajmga ega bo‘lgan muhitda ya’ni qattiq, suyuq va gazsimon jismlardagina tarqala oladi. Ko‘ndalang to‘lqinlar esa siljish deformatsiyasiga ega bo‘lgan muhitda, ya’ni faqat qattiq jismlarda va ikki muhit chegarasida tarqala oladi.

Bo‘ylama to‘lqinlarga tovush to‘lqinlarini misol qilib olish mumkin. Ko‘ndalang to‘lqinlarga esa suyuqlik sirtida, rezina shnur, tor va shu kabilar bo‘ylab tarqalgan to‘lqinlar misol bo‘la oladi.

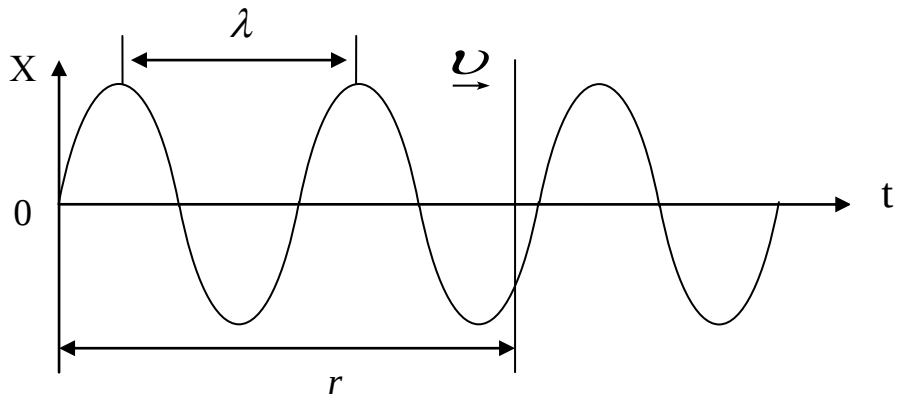
Sistema sinusoidal tebranganda:

$$X = A\sin \omega t \tag{50}$$

Tebranish manbaidan ***r*** uzoqlikda yotgan muhit nuqtasi tebranish boshlangandan keyin qandaydir vaqt o‘tgandan so‘ng tebrana boshlaydi (3 – rasm). Bu vaqt $t' = \frac{r}{\upsilon}$ ga teng (υ – to‘lqinning tarqalish tezligi). Ana shu ***r*** masofada yotgan nuqtaning siljishini to‘lqinni hosil qilayotgan tebranish siljishi qonuniyati bilan bog‘lasak,

$$X = A\sin\omega\left(t - \frac{r}{\upsilon}\right) \tag{51}$$

bo‘ladi.



3 – rasm

Bu tenglama yuguruvchi to‘lqin tenglamasi deb yuritiladi. Siklik (davriy) chastota $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ekanini hisobga olsak,

$$X = A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{r}{\upsilon T}\right) \tag{52}$$

bu yerda, $\upsilon T = \lambda$. (53)

Bir davrda to‘lqin bosib o‘tgan masofaga to‘lqin uzunligi λ deb yuritiladi. To‘lqin uzunligini boshqacha ta’riflash ham mumkin. To‘lqin tarqalayotgan muhitning bir-biriga eng yaqin birday yo‘nalish va siljishga ega bo‘lgan nuqtalar orasidagi masofa yoki muhitning bir xil fazada tebranayotgan yonma-yon ikki nuqtasi orasidagi masofa to‘lqin uzunligi deb aytiladi. (53) formulani hisobga olib, quyidagini yozamiz:

$$X = A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{r}{\lambda}\right) \tag{54}$$

$$\varphi = \frac{2\pi r}{\lambda} \tag{55}$$

(55) ifoda tebranish sistemasidagi masofada yotgan nuqtaning tebranish fazasini sistemaning tebranish fazasidan qancha orqada qolishini ko‘rsatadi. Agar istalgan ikki nuqta orasidagi faza siljishini topmoqchi bo‘lsak,

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi(r_2 - r_1)}{\lambda} \tag{56}$$

formuladan foydalanamiz. Bunda $\frac{2\pi}{\lambda} = k$ (57)

to‘lqin soni deb ataladi va 2π uzunlikka nechta to‘lqin uzunlik joylashishini ko‘rsatadi. To‘lqin soni orqali (54) formulani

$$X = A\sin(\omega t - kr) \tag{58}$$

ko‘rinishda yozish mumkin. (51), (52), (54), (58) tenglamalar bitta to‘lqin protsessini ifodalab hammasi ham yuguruvchi to‘lqin tenglamasi deb yuritiladi.

Elastik muhitda tarqalayotgan to‘lqinlar chastotasi 16 Gs dan 20000 Gs gacha bo‘lsa, bunday to‘lqinlarni inson eshitish organi – qulog‘i orqali sezadi. Shuning uchun chastotasi 16 Gs dan 20000 Gs gacha bo‘lgan bo‘ylama mexanik to‘lqinlar tovush to‘lqinlari yoki tovush deb aytiladi.

Agar to‘lqin chastotasi 16 Gs dan kichik bo‘lsa buni inson sezmaydi va bunday tovushlarni infratovushlar deyiladi. Chastotasi 20000 Gs dan katta tovushlarni ultratovushlar, chastotasi 10^9 dan 10^{13} Gs gacha bo‘lgan tovushlarni gipertovushlar deyiladi. Ularni ham inson tovush sifatida sezmaydi.

Tovush hodisalari o‘rganiladigan fizika bo‘limiga akustika deyiladi. Amalda tovushning ta’sirini baholash uchun tovushning kuchi yoki intensivligi degan tushunchalar kiritiladi.

Tovushning intensivligi deb, tovush to‘lqinlarining yo‘nalishiga perpendikulyar bo‘lgan bir birlik yuza orqali vaqt birligi ichida o‘tgan tovush energiyasiga miqdor jihatdan teng bo‘lgan fizik kattalikka aytiladi:

$$I = \frac{W}{St} \tag{59}$$

bunda, W – tovush to‘lqinining energiyasi; S – to‘lqin o‘tgan yuza; t – to‘lqinning o‘tish vaqti.

Insonning qulog‘i juda sezgir bo‘lganligi sababli, u ancha keng diapazonli tovush intensivligini qabul qila oladi. Insonning qulog‘i chastotasi $1000 \div 3000$ Gs

orasida bo‘lgan tebranishlarga nisbatan juda sezgir bo‘lib, bu chastota oralig‘ida eshitish bo‘sag‘asi intensivligi $I_0 = 10^{-12}$ Vt/m^2 ga tengdir.

Tovushning intensivligini haddan tashqari katta bo‘lganda ham quloq uning tebranishlarini tovush sifatida qabul qilmaydi. Bu tebranishlar quloqda og‘riq tuyg‘usini uyg‘otadi. Tovushning bu maksimal intensivligi I_m ga og‘riq sezish bo‘sag‘asi deb ataladi.

Tekshirishlardan ma’lum bo‘ldiki, og‘riq sezish bo‘sag‘asi hamma chastotalarda taxminan bir xil bo‘lib, u I_m =10 Vt/m^2 ga teng.

I_0 va I_m intensivliklar juda keng intervalda o‘zgarganligi uchun ularni taqqoslash o‘rniga logarifmlarni taqqoslash qulaydir. Tovushning bunday sub’ektiv taassurot bahosi qattiqlik bo‘lib, u eshitish sezgisi darajasini harakterlaydi.

Tovushning qattiqligi matematik nuqtai nazardan tovush intensivligining logarifmiga proporsional. Tovushning qattiqlik darajasi quyidagi qonun asosida aniqlanadi:

$$L = k \lg \frac{I}{I_0} \qquad (60)$$

bunda *k* – proporsionallik koeffitsiyenti. Agar *k=1* deb olinsa, tovushning qattiqligi bel (B) deb ataluvchi birlikda o‘lchanadi, ya’ni

$$L = \lg \frac{I}{I_0} \qquad (61)$$

[L]= 1B

Bel bilan bir qatorda undan 10 marta kichik bo‘lgan desibel (dB) larda ham o‘lchanadi. Bu holda:

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} \qquad [L] = 1\text{dB}.$$

Muhitdagi tovush tebranishlari garmonik bo‘lgandagina eshitish orqali baholangan tovushning balandligi ob’ektiv ravishda tebranish chastotasiga mos keladi. Agar muhitdagi tovush tebranishlari garmonik bo‘lmasa, ya’ni angarmonik bo‘lsa, bu tebranishni chastotasi karrali bo‘lgan garmonik tebranishlarning

yig‘indisi sifatida tasavvur qilish mumkin. Bu holda garmonik tebranishning eng kichik chastotasi ν_0 bilan harakterlanadigan tashkil etuvchisiga asosiy ton deyilib va qolgan tashkil etuvchilariga esa obertonlar deyiladi.

Tovush asosiy toniga mos keluvchi chastotaga ν_0 ni quloq tovushning balandligi sifatida qabul qilinadi.

Tovush asosiy tonining chastotasi kancha katta bo‘lsa, tovushning balandligi ham shuncha yuqori bo‘ladi.

Tovushning qattiqligi va balandligidan tashqari odam ajrata oladigan yana bir sifat belgisi uning tembridir.

Inson tovushning tembriga qarab tovush manbalarini bir-biridan ajrata oladi. Masalan, tovush tembriga qarab kim gapirayotganini, kim kuylayotganini yoki qanday cholg‘u asbobida chalinayotganligini aniqlash mumkin.

Tebranish chastotalari 20000 Gs dan katta bo‘lgan mexanik tebranishlarni inson qulog‘i tovush sifatida qabul qilmaydi. Ularga ultratovush tebranishlari yoki ultratovushlar deyiladi. Ultratovush chastotalarining yuqori chegaralari shartli ravishda 10^8 Gs deb qabul qilingan.

Ultratovushni hosil qilish (generatsiyalash) va qabul qilish uchun ultratovush nurlatgich va priyomnik deb ataluvchi asboblar ishlatiladi. Ultratovush nurlatgichlardan eng ko‘p tarqalgan elektrotexnik nurlatgichlar bo‘lib, ularning ishlash prinsipi teskari p’ezoelektrik hodisasiga asoslangan.

Texnika va amaliyotda ultratovushlar ko‘p qo‘llaniladilar. Ultratovush defektoskopi yordamida metall buyumlarning nuqsonlarini, jismlarning chiziqli o‘lchamlarini aniqlashda muvaffaqiyatli qo‘llanishi mumkin, bu ayniqsa, atrofdagi o‘lchov asboblari bilan o‘lchash mumkin bo‘lmagan joylarda, masalan, qozonlarning devorlarini tekshirishda va shu kabilarda juda qo‘l keladi.

Ultratovushlar biologik va fiziologik ta’sirga ega. Masalan, ba’zi o‘simliklarning, paxta, no‘xat, kartoshka va shunga o‘xshash urug‘lariga ultratovush ta’sir ettirilganda ular tez o‘nadi va hosildorligi ortadi, uning ta’sirida sut darrov achib qolmaydi, qizil qon tanachalari yemiriladi, ultratovush ta’sir

etganda itbaliq, baliqchalar bir minut davomida o‘ladi, ultratovushning mikroorganizmlarni o‘ldirishi ulardan sterilizatsiyada foydalanish imkonini beradi.

Tebranish chastotasi 20 Gs dan kichik bo‘lgan mexanik to‘lqinlarga infratovush to‘lqinlar yoki infratovush deb ataladi. Ular insonda tovush sezgisini uyg‘otmaydi. Infratovush to‘lqinlar dovul va zilzilalar vaqtida, dengiz va Yer qobig‘ida hosil bo‘ladi.

Inson yaratilgan quyidagi ob’ektlar infratovush manbalari sifatida xizmat ko‘rsatishlari mumkin: turbinalar, ichki yonish dvigatellari, po‘lat eritish o‘chog‘i va hokazolar.

Quritish, pasterizatsiya va boshqa texnologik jarayonlarida infraqizil nurlanishdan foydalanish mumkin.

Nazorat uchun savollar:

1. To‘lqin deb nimaga aytiladi?
2. To‘lqining tarqalish tezligining to‘lqin uzunligi, davri yoki chastota bilan bog‘lanish formulasini yozing?
3. Tovush to‘lqinlari deb nimaga aytiladi?
4. Tovushning intensivligi va qattiqligi deb nimaga aytiladi?
5. Ultratovush fan va texnikada qanday maqsadda qo‘llaniladi?
6. Infratovush to‘lqinlar deb nimaga aytiladi va ular kayerda hosil bo‘ladi?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Mexanik to‘lqinlar, texnika va tabiiy hodisalarda to‘lqinlarni muhimligi haqida ma’lumotlar izlab topish.
2. Tovush to‘lqinlarni tabiti harakteristikalari, intensivligi, amaliy muhimligini o‘rganib chiqish.
3. Ultratovush va infratovushlardan servis sohasida foydalanish usullarni, yo‘llarini o‘rganish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 2, 3, 6, 7, 9, 13

II БОБ: Molekulyar fizika va termodinamika asoslari

2.1 Mavzu: Gazlarning molekulyar – kinetik nazariyasining asoslari

Darsning maqsadi: Molekulyar fizika va uning vazifasi to‘g‘risida ma’lumotlar berish. Issiqlik hodisalarni qonunlarini, bu hodisalardan amalda, texnikada foydalanishni o‘rganish va chuqur bilimlarga ega bo‘lish.

Asosiy savollar:

1. Molekulyar fizika. Makroskopik holat va parametrlar.
2. Molekulyar – kinetik nazariyasini asosiy holatlari va tenglamasi.
3. Ideal gaz. Ideal gaz qonunlari. Ideal gaz holati tenglamasi.
4. Ehtimollik va funksya.
5. Maksvell taqsimoti.

Tayanch so‘z va iboralar:

Atmosfera – yer sharini o‘rab olgan va u bilan birga aylanadigan havo qobig‘i.

Atmosfera bosimi – atmosferaning yer sirtidagi barcha narsalarga va Yer sirtiga ko‘rsatadigan gidrostatik bosimi; atmosfera holatini bildiruvchi asosiy belgi.

Bosim – sirtning bir birlik yuziga perpendikulyar ravishda ta’sir qiluvchi kuchga miqdori jihatdan teng bo‘lgan fizik kattalik.

Diffuziya – bir-biri bilan chegaradosh ikki modda maolekulalarining xaotik natijasida asta-sekin o‘zaro aralashib ketish hodisasi.

Ideal gaz – molekulalari o‘zaro mutlaqo ta’sirlashmaydigan gaz, bunda gazni tashkil etuchi molekulalarning xususiy hajmlari e’tiborga olinmaydi.

Izoprotsesslar – gazni harakterlovchi holat parametrlardan biri o‘zgarmas qolgan protsesslar.

Taosdifiy voqea – sinish natijasida ro‘y berish mumkin bo‘lgan, shuningdek ro‘y berishi mumkin bo‘lmagan voqea.

Fluktuatsiya – kuzatilayotgan fizik kattaliklarning o‘rtacha qiymatlaridan tasodifiy og‘ishi.

Ehtimollar – biror muayyan aksiomalar sistemasiga bo‘ysinadigan ba’zi sonlar.

Molekulyar fizika va termodinamika ayni bir doiradagi hodisalarni, xususan, jismlardagi makroskopik protsesslarni, ya’ni jismlar tarkibidagi ulkan miqdordagi atomlar va molekulalar bilan bog‘liq bo‘lgan hodisalarni o‘rganadi.

Molekulyar fizika moddaning atom-molekulyar tuzilishi haqidagi tasavvurlardan kelib chiqadi va issiqlikni atom va molekulalarning tartibsiz harakati deb qaraydi. Molekulyar fizikani ko‘pincha modda tuzilishining molekulyar-kinetik nazariyasi deb ham yuritiladi.

Molekulyar fizika materiyaning issiqlik harakatini o‘rganadi.

Issiqlik harakati degan tushuncha bir nechagina molekulalardan iborat sistemalarga tatbiq etilmaydi. Nihoyatda ko‘p molekulalarning xaotik harakati ayrim jismlarning tartibli mexaniq ko‘chishidan sifat tomondan farq qiladi. Xuddi o‘sha sababdan ham xaotik harakat materiya harakatining o‘ziga xos xossalariga ega bo‘lgan maxsus turi hisoblanadi.

Jismlarning ichki xossalari issiqlik harakatiga bog‘liq, shuning uchun issiqlik harakatini o‘rganish jismlar ichida yuz beradigan ko‘p jarayonlarni tushunib olishga imkon beradi.

Atom yoki molekulalari juda ko‘p bo‘lgan jismlar fizikada makroskopik jismlar deb ataladi. Makroskopik jismlarning o‘lchamlari atomlarning o‘lchamlaridan juda ko‘p marta katta bo‘ladi. Ballon ichidagi gaz, idishdagi suv, qum, tosh, po‘lat sterjen, Yer shari makroskopik jism hisoblanadi. Makroskopik jismlarda yuz beradigan jarayonlarni (protsesslarni) molekulyar fizika o‘rganadi.

Atom va molekulalarning issiqlik harakatiga bog‘liq bo‘lgan va boshqa ko‘p hodisalar issiqlik hodisalari deb ataladi.

Issiqlik hodisalarining qonunlari kashf etilishi bu hodisalardan amalda, texnikada samarali foydalanishga imkon beradi. Hozirgi zamon issiqlik

dvigatellari, gazlarni suyuqlikka aylantiradigan qurilmalar, sovitgich apparatlar va boshqa qurilmalar ana shu qonunlarga asoslanib loyihalanadi.

Makroskopik jismlarning ichki holati makroskopik parametrlar deb ataladigan miqdorlar bilan aniqlanadi. Bular jumlasiga bosim, hajm va temperatura kiradi.

Bosim deb, sirtning bir birlik yuzasiiga perpendikulyar ravishda ta'sir qiluvchi kuchga miqdor jihatdan teng bo‘lgan fizik kattalikka aytiladi, ya'ni

$$P = \frac{F}{S}, \qquad (1)$$

bu yerda F - ta'sir qiluvchi kuch;

S - sirtning yuzasi.

SI sistemasida bosim Paskallarda o‘lchanadi, ya'ni

$$[P] = \frac{[F]}{[S]} = 1\frac{H}{м^2} = 1\ Па. \qquad (2)$$

Ko‘pincha bosimning amaliyotda foydalaniladigan birliklari: millimetr simob ustuni (mm sim. ust.), fizik atmosfera (atm.) va texnik atmosfera (at.)

$$\left.\begin{aligned} &1\ mm\ sim.ust. = 133\ Pa \\ &1\ atm = 760\ mm\ sim.ust. = 1{,}0132\cdot 10^5\ Pa \\ &1\ at. = 736{,}5\ mm\ sim.ust. = 9{,}8\cdot 10^4\ Pa \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

$1\ bar = 10^5\ Pa$.

Normal atmosfera bosimi deb, dengiz sathida $0^0 C$ temperaturada balandligi 760 mm simob ustuniga teng bo‘lgan atmosfera bosimiga aytiladi.

Atmosfera bosimi ob-havoni belgilaydigan boshqa ko‘p hodisalar bilan uzviy bog‘liqdir. Shuning uchun ob-havoni oldindan aytish va boshqa maqsadlar uchun atmosfera bosimini bir onda o‘lchashga to‘g‘ri keladi. Atmosfera bosimlarini o‘lchashda qo‘llaniladigan asboblar barometrlar deb ataladi.

Berk idishlardagi bosimni o‘lchashga mo‘ljallangan asboblarga manometrlar deyiladi. Manometrlar ikki turga: suyuqlikli va metall manometrlarga bo‘linadi. Suyuqlikli manometrlar kichik bosimlarni o‘lchashda, metall manometrlar esa katta bosimlarni o‘lchashda ishlatiladi.

Hajm quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$V = \frac{m}{\rho}, \qquad (4)$$

bu yerda V - moddaning hajmi;

m - moddaning massasi; ρ - moddaning zichligi.

$$[V] = \frac{[m]}{[\rho]} = 1м^3. \qquad (5)$$

Issiqlik hodisalari to‘g‘risidagi butun ta’limotda temperatura tushunchasi markaziy o‘rin egallaydi. Temperatura jismning isiganlik darajasini ifodalaydi.

Temperaturani o‘lchaydigan asbob – termometr deyiladi. Termometrning ishlash prinsipi jismlarning bir-biriga energiya berish yoki olishiga asoslangan. Ko‘pincha ishlatiladigan termometrlar suyuqlikli (simobli, spirtli) termometrlardir. Amaliyotda temperatura Selsiy shkalasi orkali o‘lchanadi va t^0C, bilan belgilanadi.

Kelvin boshqa temperaturalar shkalasini taklif kildi. Kelvinning taklif kilgan shkalasini termodinamik yoki absolyut temperatura shkalasi deyiladi. Bu shkala bilan ifodalangan temperatura T bilan belgilanadi va Kelvin (K) hisobida ifodalanadi. Temperatura birligi kelvin SI da asosiy birliklardan biri hisoblanadi. Kelvin shkalasida ifodalangan temperatura Selsiy shkalasida ifodalangan temperatura bilan quyidagicha bog‘lanishga ega bo‘ladi:

$$T = 273 + t^0. \qquad (6)$$

Holat parametrlari bir-biriga qonuniy ravishda bog‘langan bo‘lib, ulardan birining o‘zgarishi natijasida boshqalari ham o‘zgaradi. Bu kattaliklarning o‘zaro bog‘lanishi analitik usulda funksiya ko‘rinishida ifodalanishi mumkin, ya’ni

$$f(P,V,T) = 0. \qquad (7)$$

Biror jismning parametrlari orasidagi bog‘lanishni ifodalovchi munosabat shu jismning holat tenglamasi deb ataladi. Binobarin, yukoridagi (7) ifoda holat tenglamasidir.

Har qanday moddaning xossalari uni tashkil etuvchi zarralarning xossalari va harakatining harakteri bilan aniqlanadi.

Moddaning uzlukli (diskret) tuzilishi to‘g‘risidagi tasavvur uzoq o‘tmishdayoq paydo bo‘lgan edi. Hozirgi zamon fanining ma’lumotlariga ko‘ra, har qanday modda molekulalar deb ataluvchi zarrachalardan tuzilgan bo‘lib, molekulalar esa o‘z navbatida atomlardan tashkil topgandir.

Moddalar uzluksiz xaotik (tartibsiz) harakatda bo‘lgan atom va molekulalardan tuzilgan degan fikrga asoslangan modda tuzilishining nazariyasiga molekulyar-kinetik nazariya deyiladi.

Modda tuzilishining molekulyar-kinetik nazariyasi quyidagi uchta qoidaga asoslanadi:

1. Barcha moddalar molekulalardan tashkil topgan; molekulalar o‘z navbatida atomlardan tashkil topgan;
2. Molekulalar har doim uzluksiz tartibsiz (xaotik) harakatda bo‘ladi;
3. Hamma moddalar zarralari orasida tabiati elektromagnit ta’siridan iborat bo‘lgan tortishish va itarishish kuchlari mavjud.

Molekulyar-kinetik nazariya gazsimon, suyuq va qattiq holatdagi moddalarni o‘rganishda asosiy nazariya bo‘lib qoldi.

Molekulyar-kinetik nazariyaning to‘g‘riligini Broun harakati, diffuziya va boshqa hodisalar to‘la tasdiqlaydi.

Broun harakati deb, suyuqlik yoki gazlarda muallaq holatdagi qattiq va erimaydigan zarrachalarning uzluksiz xaotik harakatiga aytiladi.

Diffuziya deb, bir-biri bilan chegaradosh ikki modda molekulalarining xaotik harakati natijasida asta-sekin o‘zaro aralashib ketish hodisasiga aytiladi.

Diffuziya hodisasi gazlar, suyuqliklar va qattiq jismlarda har xil kuzatiladi, bu jismlar atom va molekulalarining bir xil harakatlanmasligini ko‘rsatadi.

Diffuziya hodisasi tabiatda va texnikada katta rol o‘ynaydi. O‘simliklarning ildizlari o‘simlik uchun zarur moddalarni tuproq osti suvlaridan ildizlar ichiga qarab yo‘nalgan diffuziya oqimi vositasida oladi. O‘simlik uchun zarrali bo‘lgan moddalar o‘simlik tomonidan o‘zlashtirilmaydi, ya’ni diffuziyalanmaydi.

Texnikada diffuziya har xil moddalarni, masalan, lavlagidan qandni, kimyo sanoatida xilma-xil moddalarni, tabiiy uran rudasidan yadro yoqilg‘isi uran izotopini ajratib olishda va shu kabilarda foydalaniladi.

Hozirgi zamon fanida jismlarning fizik xossalarini o‘rganishda ikki xil yondoshishdan – termodinamik va molekulyar-kinetik usuldan foydalaniladi. Termodinamik usul jismlarning ichki tuzilishdagi xususiyligini hisobga olmagan holda ularda energiya aylanishi va saqlanishi qonunlari asosida o‘rganishga asoslangan bo‘lib, termodinamik usul deyiladi.

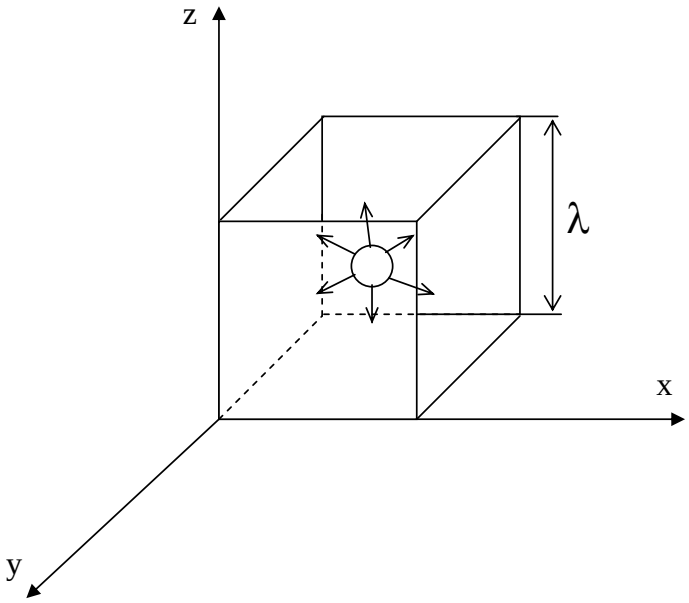
Molekulyar-kinetik usul moddalarning ichki tuzilishi asosida ularning xossalarini chuqurroq o‘rgatadi. Molekulyar-kinetik usul statistik usul deb, molekulyar-kinetik nazariya esa statistik fizika deb ham yuritiladi. Har ikkala termodinamik va statistik usullar bir-birini to‘ldiradi. Bu usullarning birlashishi gaz, suyuq va qattiq holatdagi moddalarning tuzilishi va ularda bo‘ladigan jarayonlarni o‘rganishga keng yo‘l ochib beradi.

Gazlarning kinetik nazariyasi gaz holatini harakterlovchi kattaliklari bilan molekulalar harakati o‘rtasidagi bog‘lanishni hosil qiladi.

Biror idishda olingan gaz xaotik harakatdagi molekulalar to‘plamidan iboratdir. Har bir molekula idish devoriga urilganda devorga biror kichik kuch bilan ta’sir qiladi, ammo molekulalar to‘plami esa kattagina kuch bilan ta’sir qiladi. Idish devorining yuza birligiga ta’sir etuvchi kuch gaz molekulalarining bosimiga teng. Demak, gazning bosimi gaz molekulalarini issiqlik harakati tufayli idish devoriga urilishidan kelib chiqadi.

Qirrasi λ bo‘lgan kub idishda n molekuladan iborat gaz joylashgan, har bir molekulaning massasi m ga teng. Molekulalar harakatining batamom xaotik bo‘lishi tufayli ularning idish devorlariga ta’sirlari natijasi xuddi barcha molekulalarning $\frac{1}{3}$ qismi idishning oldingi va orqa devorlari orasida, $\frac{1}{3}$ qismi o‘ng va chap devorlari orasida va $\frac{1}{3}$ qismi yuqori va pastki devorlari orasida to‘g‘ri chiziqli harakat qilgandagidek bo‘ladi (1-rasm). Shuning uchun ular uchala

o‘zaro perpendikulyar yo‘nalishlarning har biri bo‘ylab harakatlanuvchi molekulalar soni $n' = \frac{1}{3}n$ ga teng bo‘ladi.



1-rasm.

Idishning o‘ng devoriga tomon ϑ tezlik bilan perpendikulyar borib urilayotgan bitta molekulani kuzataylik.

Idish devoriga urilgandan so‘ng molekula - ϑ tezlik bilan undan qaytadi. Δt vaqtda molekulaning idish devoriga bergan kuch impulsi $F \cdot \Delta t$ bo‘ladi. Impulsning o‘zgarish qonuniga binoan

$$F \cdot \Delta t = m\vartheta - (-m\vartheta) = -2m\vartheta. \qquad (8)$$

Minus ishora zarb vaqtida tezlik o‘z yo‘nalishini qarama-qarshi tomonga o‘zgarishini bildiradi.

Molekula o‘ng devorga ΔF kuch bilan qisqa vaqt, faqat zarblar vaqtidagina ta’sir qiladi, zarbalar orasidagi qolgan kattagina vaqt oraliqlarida molekula bu devorga ta’sir qilmaydi. Shuning uchun molekulaning bir sekundda o‘ng devorga o‘rtacha ta’sir kuchi $\Delta\overline{F}$ aslida haqiqiy kuch ΔF dan ancha kichik bo‘ladi. Molekulaning 1 sekundda o‘tgan yo‘li son jihatdan ϑ tezlikka teng bo‘lgani uchun molekulalarni soni $k = \frac{\vartheta}{2\lambda}$.

U holda o‘rtacha kuch quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\Delta\overline{F} = F \cdot \Delta t \cdot \frac{\vartheta}{2\lambda} = 2m\vartheta \cdot \frac{\vartheta}{2\lambda} = \frac{m\vartheta^2}{\lambda}. \qquad (9)$$

Endi idishning o‘ng devoriga gazning barcha n' molekulalari ta’sir qilishini hisobga olamiz. U holda gazning o‘ng devoriga ta’sir qiluvchi to‘la kuch F barcha n' molekulalar $\Delta\overline{F}_i$ kuchlarining yig‘indisiga teng bo‘ladi:

$$F = \sum_{i=1}^{n'} \Delta F_i = \sum_{i=1}^{n'} \frac{m\vartheta_i^2}{\lambda} = \frac{m}{\lambda} \sum_{i=1}^{n'} \vartheta_i^2, \qquad (10)$$

bu yerda ϑ_i, $(i = 1,...,n')$ - molekulalarning tezliklari.

Tenglikning o‘ng qismini n' ga bo‘lamiz va ko‘paytiramiz:

$$F = \frac{mn'}{\lambda} \cdot \frac{1}{n'} \sum_{i=1}^{n'} \vartheta_i^2. \qquad (11)$$

$\frac{1}{n'} \sum_{i=1}^{n'} \vartheta_i^2$ - ifoda molekulalarning o‘rtacha kvadratik tezliklari kvadrati. U holda shunday yozish mumkin:

$$F = \frac{mn'\overline{\vartheta}^2}{\lambda}. \qquad (12)$$

Bu tenglikning ikkala qismini λ^2 ga bo‘lamiz va n' ni $\frac{1}{3}n$ bilan almashtiramiz, ya’ni

$$\frac{F}{\lambda^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{mn\overline{\vartheta}^2}{\lambda^3}. \qquad (13)$$

Biroq $\lambda^2 = S$ idishning o‘ng devori sirti, $\lambda^3 = V$ idishning hajmi, u holda

$$\frac{F}{S} = \frac{1}{3} \cdot \frac{mn\overline{\vartheta}^2}{V}, \qquad (14)$$

bu yerda $\frac{F}{S} = P$ - gazning o‘ng devorga bosimi, $\frac{n}{V} = n_0$ - gazning hajm birligidagi molekulalari soni.

Shuning uchun

$$P = \frac{1}{3} m n_0 \overline{\vartheta}^2. \qquad (15)$$

Bu tenglikning o‘ng qismini ikkiga bo‘lib va ko‘paytirib, quyidagini olamiz:

$$P = \frac{2}{3} n_0 \frac{m\overline{\vartheta}^2}{2}, \qquad (16)$$

bu yerda $\frac{m\overline{\vartheta}^2}{2} = \overline{W}$ bir molekulaning ilgarilanma harakatining o‘rtacha kinetik energiyasi. Binobarin,

$$P = \frac{2}{3} n_0 \overline{W} \qquad (17)$$

(15), (17) formulalar molekulyar-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi bo‘lib, gazning bosimi birlik hajmdagi molekulalarning ilgarilanma harakati o‘rtacha kinetik energiyasiga to‘g‘ri proporsional ekanligini ko‘rsatadi.

Molekulalar tartibsiz harakatining o‘rtacha kinetik energiyasini temperatura orqali quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin, ya’ni

$$\overline{W} = \frac{m\overline{\vartheta}^2}{2} = \frac{3}{2} kT, \qquad (18)$$

bu yerda $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{Ж}{K}$ - Bolsman doimiysi,

T - gazning absolyut temperaturasi.

(13) formulaga molekulalarning o‘rtacha kinetik energiyasi (18) ifodasini keltirib qo‘yib, gazning bosimi uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$P = \frac{2}{3} n \cdot \frac{3}{2} kT = nkT. \qquad (19)$$

Demak, gazning bosimi uning absolyut temperaturasiga va hajm birligidagi molekulalar soniga to‘g‘ri mutanosib ekan.

Molekulyar fizikada ideal gaz modeli olingan. Ideal gaz – molekulalari orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlari e’tiborga olinmaydigan gazga aytiladi.

Ideal gazga misol qilib, past bosim va yuqori temperatura ostidagi gazni, ya’ni siyraklashtirilgan gazni olish mumkin.

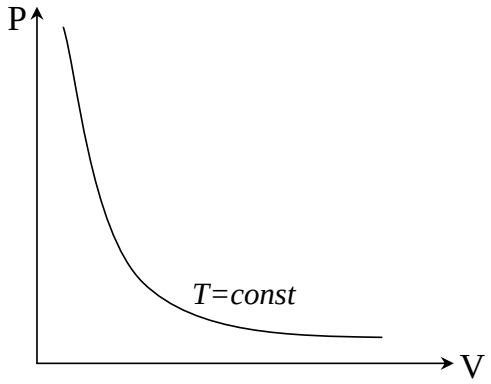
Gazni harakterlovchi P,V va T parametrlardan biri o‘zgarmas qolgan protsesslarga izoprotsesslar deyiladi.

Izotermik protsessda $T = const$ ideal gaz bosimining uning hajmiga bog‘lanish qonuni Boyl-Mariott qonuni deyiladi.

Izotermik protsessda berilgan ideal gaz massasi uchun hajmini bosimiga ko‘paytmasi o‘zgarmasdir, ya’ni

$$PV = const\,. \qquad (20)$$

Boyl-Mariott qonunining grafik tasviri 2-rasmda ko‘rsatilgan, bu grafik izoterma deb ataladi.



2-rasm.

Berilgan gaz massasi uchun o‘zgarmas temperaturada uning ikki holati uchun quyidagi munosabatni yozish mumkin:

$$P_1V_1 = P_2V_2 \quad \text{yoki} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}\,. \qquad (21)$$

O‘zgarmas temperatura berilgan massali gazning bosimi uning hajmiga teskari proporsional.

Ideal gazning bosimi o‘zgarmaganda $P = const$, ya’ni izobarik protsessda gaz hajmining temperaturaga qarab o‘zgarish qonuni Gey-Lyussak qonuni deb ataladi. Gey-Lyussak qonuni quyidagicha ta’riflanadi:

Berilgan gaz massasi uchun bosim o‘zgarmas bo‘lganda gazning hajmi temperatura o‘zgarishi bilan chiziqli o‘zgaradi, ya’ni

$$V = V_0(1 + \beta t^0), \qquad (22)$$

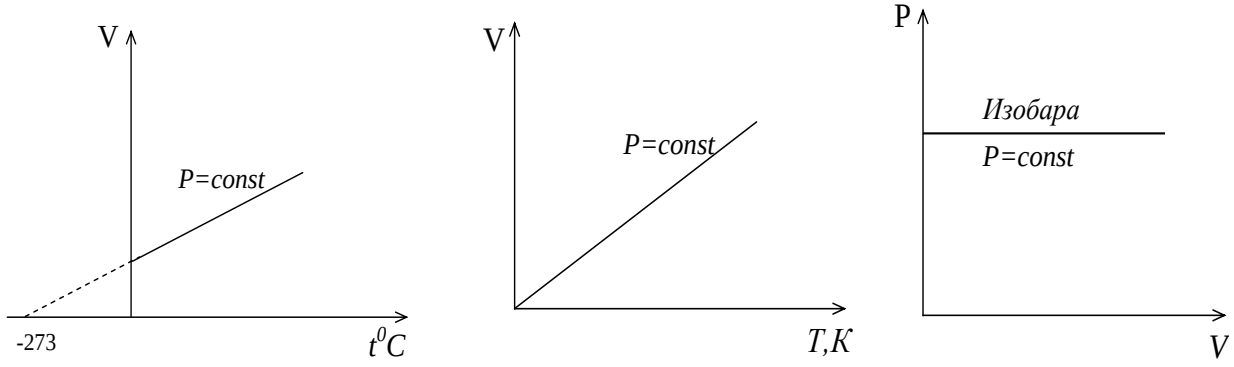
bunda V_0 - gazning 0^0C temperaturadagi hajmi;

V - gazning t^0C temperaturadagi hajmi;

β - gazning hajmiy kengayish termik koeffitsiyenti bo‘lib, u quyidagiga teng

$$\beta = \frac{V - V_0}{V_0 t^0}\,. \qquad (23)$$

O‘zgarmas bosim ($P = const$) da gaz hajmining temperaturaga bog‘lanish grafigi to‘g‘ri chiziqdan iborat bo‘lib (3-rasm), unga izobara deb ataladi.



3-rasm.

O‘zgarmas hajmda, ya’ni izoxorik protsessda $V = const$ gaz bosimining temperaturasiga qarab o‘zgarishini nazarga oladigan qonun Sharl qonuni deb ataladi va uning ta’rifi quyidagicha bo‘ladi:

Berilgan gaz massasi uchun o‘zgarmas hajmda gazning bosimi temperatura o‘zgarishi bilan chiziqli o‘zgaradi, ya’ni

$$P = P_0(1 + \gamma t^0), \qquad (24)$$

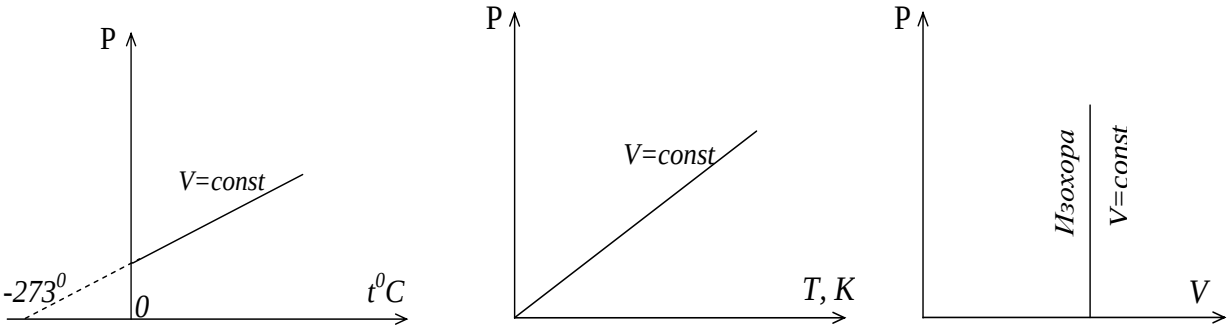
bu yerda P_0 - gazning 0^0C temperaturadagi bosimi;

P - gazning t^0C temperaturadagi bosimi;

γ - gaz bosimining termik koeffitsiyenti bo‘lib, u quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\gamma = \frac{P - P_0}{P_0 t^0}. \qquad (25)$$

Izoxorik protsessni grafik tasviri izoxora deb ataluvchi to‘g‘ri chiziqdan iboratdir (4-rasm).



4-rasm.

Dalton qonuni gaz aralashmasi bosimi bilan bu aralashmaga kiruvchi gazlar parsial bosimlari orasidagi munosabatini aniqlanadi. Dalton qonunining ta’rifi quyidagicha:

Gaz aralashmasining bosimi bu aralashma kiruvchi gazlarning parsial bosimlari yig‘indisiga teng, ya’ni

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + ... + P_n . \qquad (26)$$

Avogadro qonunini ta’rifi quyidagicha bo‘ladi:

Bir xil temperatura va bosimda har qanday gazning kilomoli birday hajmni egallaydi.

Tabiatda gaz holatini harakterlovchi parametrlar (P,V,T) ning uchalasi ham bir vaqtda o‘zgaradigan jarayonlar ko‘p uchraydi.

Biror m massali gazning boshlangich holati (P_1,V_1,T_1) parametrlar bilan harakterlansin, (P_2,V_2,T_2) lar bilan oxirgi holati harakterlansin (5-rasm). Gaz boshlangich holatdan oxirgi holatga ketma-ket o‘tadi. Dastlab izotermik ravishda gazning bosimini P_2 kiymatgacha o‘zgartiramiz, bunda uning hajmini V bilan ifodalaymiz, Boyl-Mariott qonuni asosida, ya’ni

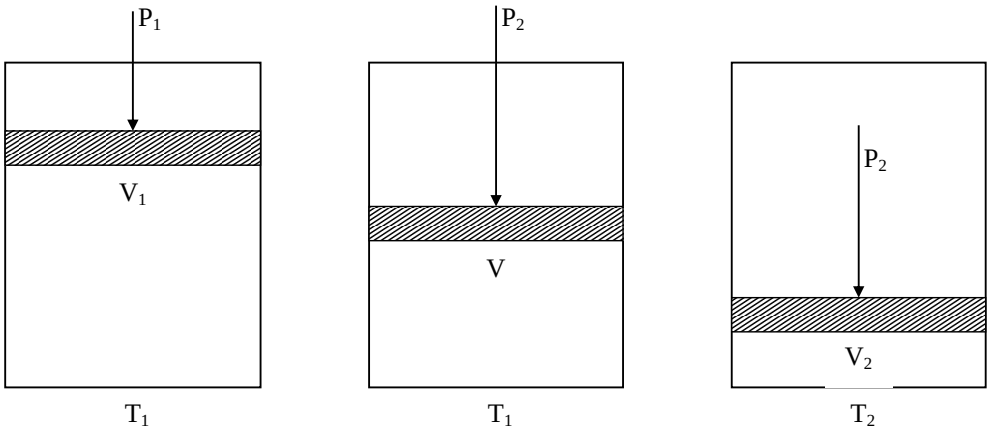
$$P_1V_1 = P_2V \quad \text{dan} \quad V = \frac{P_1V_1}{P_2} . \qquad (27)$$

So‘ngra o‘zgarmas bosimda P_2 da temperaturani T_1 dan T_2 gacha kamaytiramiz, u paytda gaz hajmi V dan V_2 gacha o‘zgaradi. Demak, Sharl qonuni asosida

$$\frac{V_2}{V}=\frac{T_2}{T_1}, \qquad \text{bundan} \qquad V=\frac{V_2T_1}{T_2}. \tag{28}$$

(27), (28) tenglamalarni chap tomonlari teng, demak, ularning o‘ng tomonlari ham teng bo‘ladi, u paytda:

$$\frac{P_1V_1}{P_2}=\frac{T_1V_2}{T_2}, \text{ yoki } \frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}. \tag{29}$$



5-rasm.

(29) formuluni quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$\frac{PV}{T}=const, \text{ yoki } PV=const\cdot T. \tag{30}$$

(30) ifoda Klapeyron tenglamasi deb ataladi.

Avogadro qonuniga asosan P va T ning bir xil qiymatlarida hamma gazlarning moli bir xil hajmni egallaydi, u paytda universal gaz doimiysi:

$$R=\frac{PV_0}{T}=\frac{1{,}013\cdot10^5\,Па\cdot22{,}4\cdot10^{-3}\,м^3/моль}{273K}=8{,}31\frac{Ж}{моль\cdot K}.$$

1 mol gaz uchun (30) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$PV_0=RT. \tag{31}$$

Bu ifodani 1 mol gaz uchun Mendeleev-Klapeyron tenglamasi deb ataladi. Ixtiyoriy massali gaz uchun Mendeleev-Klapeyron tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$PV=\nu RT, \tag{32}$$

$$PV=\frac{m}{\mu}RT, \tag{33}$$

bu yerda $\nu=\frac{m}{\mu}$ - mollar soni.

Universal gaz doimiysi R son qiymati jihatidan 1 mol gazning temperaturasini 1 Kelvinga oshirishda bajargan ishiga teng, ya'ni 1 mol gazning temperaturasi 1 K ga ortganda gaz kengayib $8{,}31\,Ж$ ish bajaradi.

Molekulyar nuqtai nazardan termodinamika, shuningdek, makroskopik fizikaning ixtiyoriy boshqa bo‘limida uchraydigan fizik kattaliklarning o‘rtacha qiymatlari tushunchasi ma'noga ega bo‘lib, ma'lum sharoitlarda sistema mikroholatining biror funksiyasi ana shunday o‘rtacha qiymatlarni beradi. Bunday xil kattaliklar haqida ular statistik harakterga ega yoki statistikdir deb gapiriladi. Bunday kattaliklarga misollar: bosim, zichlik, temperatura, Broun harakatidagi zarra siljishining o‘rtacha kvadrati. Bunday kattaliklarning alohida atom va molekulalarga xos bo‘lmagan muayyan qonuniyatlarga bo‘ysunishi makroskopik jismlarda bunday zarralar sonining nihoyatda ulkan bo‘lishi bilan bog‘liqdir. Bunday qonuniyatlar, xuddi shuningdek, ularning kelib chiqishida paydo bo‘ladigan ingradiyentlarning ommaviy qatnashishi bilan bog‘liq bo‘lgan har qanday qonuniyatlar statistik qonuniyatlar yoki ehtimollik qonuniyatlari deb ataladi. Makroskopik fizikaning deyarli hamma qonunlari statistik qonunlardir. Biroq makroskopik jismlarda molekulalar va atomlar sonining ulkan bo‘lishi fizikaning statistik qonunlari va ularga asoslanib avvaldan aytilgan fikrlarni amalda absolyut ishonchli qilib qo‘yadi.

Klassik fizika makroskopik sistemaning tabiatini boshqaruvchi statistik yoki ehtimollik qonunlari asosida aniq dinamik qonunlar yotadi, alohida atomlar, molekulalar va ularni tashkil qilgan zarralar ana shu qonunlarga bo‘ysunadi, deb hisoblar edi. Kvant fizikasi yana ilgari qadam qo‘ydi. U mikrodunyoning elementar qonunlari ham statistik qonunlardir, deb tasdiqlaydi. Uning nuqtai nazaricha, qat'iy dinamik qonunlar yo‘q – barcha qonunlar statistik qonunlardir.

Ko‘rilayotgan kattaliklarning konkret ma'nosidan uzoqlashgan holda sof matematik jihatdan statistik qonuniyatlarni ehtimollar nazariyasi o‘rganadi.

Hozirgi zamon matematik ehtimollar nazariyasi abstrakt aksiomatik fandir. Ehtimollar deganda biror muayyan aksiomalar sistemasiga bo‘ysunadigan ba'zi sonlarga aytiladi, boshqa qolganlari bu aksiomalar sistemasidan formal mantiqiy

ravishda keltirib chiqariladi. Abstrakt nazariyada ehtimollarning konkret ma’nosi masalasi qo‘yilmaydi. Bu masala nazariyadan uning qo‘llanishiga o‘tgan har bir konkret holda alohida hal qilinadi. Fizikada, qolgan barcha amaliy masalalardagidek, ehtimollar nazariyasiga boshqacha yondoshish afzalroq, bunda ehtimollik uning konkret interpretatsiyasi bilan organik bog‘liq bo‘ladi. Asrimizning 20-yillarigacha mavjud bo‘lgan butun ehtimollar nazariyasi uchun ana shunday yondoshish harakterlidir.

Ehtimollar nazariyasida amalga oshishi mumkinmi yoki yo‘qmi deb savol qo‘yish mumkin bo‘lgan har qanday hodisalar voqealar yoki hollar deb ataladi. U yoki bu voqea ro‘y berishiga sabab bo‘lgan tajriba yoki shart-sharoitlar majmui ehtimollar nazariyasida sinash deb ataladi.

Agar berilgan sharoitda voqea albatta ro‘y beradigan bo‘lsa, bu voqea ishonchli voqea deb ataladi. Agar u amalga oshmaydigan bo‘lsa, mumkin bo‘lmagan voqea deb yuritiladi.

Sinash natijasida ro‘y berish mumkin bo‘lgan, shuningdek, ro‘y berishi mumkin bo‘lmagan voqea tasodifiy voqea deb ataladi.

Tasodifiy voqeaning ehtimolligi uning ro‘y berish imkoniyatining miqdoriy o‘lchovidir.

Voqeaning ehtimolligi deb, bu voqeaga qulay bo‘lgan teng imkonli hollar sonining sinashda uchrashi mumkin bo‘lgan barcha teng imkonli hollar soniga nisbati tushuniladi.

Ishonchli va mumkin bo‘lmagan voqealarni tasodifiy voqealarning chegaraviy holi sifatida qarash mumkin. Ishonchli hodisaning ehtimolligi birga, mumkin bo‘lmagan hodisaning ehtimolligi nolga teng.

Kuzatilayotgan fizik kattaliklarning o‘rtacha qiymatlaridan tasodifiy og‘ishi fluktuatsiya deb ataladi.

Gaz molekulalarining ilgarilanma harakatining o‘rtacha kvadrat tezligi molekulalar harakatining faqat statistik, ya’ni ko‘p molekulalarning turli qiymatli tezliklarining o‘rtachasini olish yo‘li bilan hosil qilingan harakteristikasidir. Haqiqatda esa molekulalar biror berilgan T temperaturada ham turli ϑ tezliklar

bilan harakatlanadi. Tezliklarning butun diapazonini tezlikning juda kichik $\Delta\vartheta$ ga teng intervallarga bo‘lamiz. Bunda har bir tezliklar intervaliga biror Δn molekulalar soni (tezliklari shu interval orasida bo‘lgan) to‘g‘ri keladi. Ravshanki, $\frac{\Delta n}{\Delta\vartheta}$ nisbat tezlikning har bir birlik intervaliga qancha molekula to‘g‘ri kelishini, boshqacha aytganda, molekulalarning tezliklar bo‘yicha taqsimotini bildiradi; $\frac{\Delta n}{\Delta\vartheta}$ nisbat tezlikka bog‘liq va molekulalar sonining tezliklar bo‘yicha taqsimot funksiyasi deyiladi. Bu taqsimot funksiyasini birinchi bo‘lib ingliz fizigi Maksvell nazariy yo‘l bilan, ya’ni ehtimolliklar nazariyasi asosida aniqlangan edi. Maksvellcha taqsimot funksiyasi Maksvell qonuni deb atalgan quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$dn = \frac{4}{\sqrt{\pi}} n u_0^2 e^{-u_0^2} du_0, \qquad (34)$$

bu yerda n - gaz molekulalarining umumiy soni;

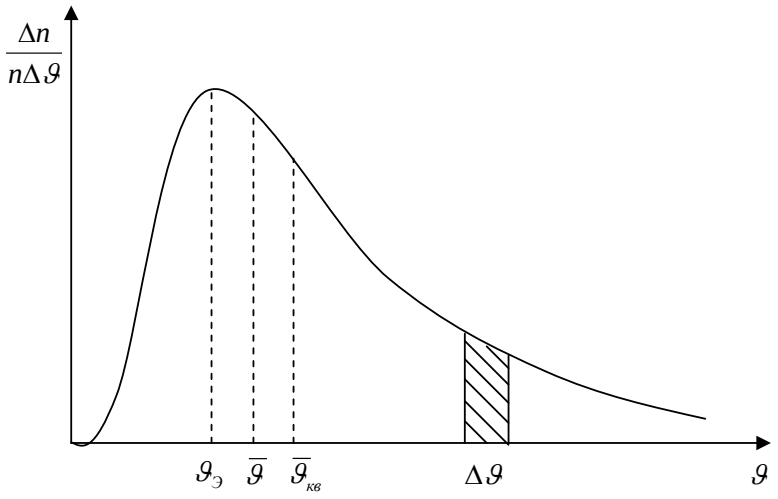
u_0 - molekulalarni nisbiy tezligi;

e - natural logarifmlar asosi.

Maksvell taqsimoti asosida eng ehtimollik telik deb shunday tezlikka aytiladiki, uning yaqinida birlik intervalga eng ko‘p molekulalar soni to‘g‘ri keladi. Bu tezlik quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\vartheta_э = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}. \qquad (35)$$

Maksvell qonunini (34) tahlil qilishdan ko‘rinib turibdiki, bu qonun grafik ravishda koordinatalar boshidan chiqib, $\vartheta = \vartheta_э$ da maksimumga erishuvchi va so‘ng absissalar o‘qiga asimptotik yaqinlashuvchi egri chiziq ekan (6-rasm).



6-rasm.

Grafikdan kichik tezlikli va katta tezlikli molekulalar soni kam ekanligi hamda ko‘pchilik molekulalarning tezligi eng ehtimol tezlikka yaqin ekanligi ayon ko‘rinib turibdi.

Maksvell qonunidan o‘rtacha arifmetik tezlik quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\overline{\vartheta} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}. \qquad (36)$$

Molekulalarni o‘rtacha kvadratik tezligi quyidagi formula asosida hisoblanadi:

$$\overline{\vartheta}_{кв} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}. \qquad (37)$$

Demak, gaz holatini uchta tezliklar, ya’ni $\vartheta_э, \overline{\vartheta}, \overline{\vartheta}_{кв}$ Lar harakterlaydilar:

$$\vartheta_э = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} \approx 1{,}41\sqrt{\frac{RT}{\mu}}, \qquad (38)$$

$$\overline{\vartheta} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \approx 1{,}60\sqrt{\frac{RT}{\mu}}, \qquad (39)$$

$$\overline{\vartheta}_{кв} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \approx 1{,}73\sqrt{\frac{RT}{\mu}}. \qquad (40)$$

(38), (39), (40) formulalarda: R - universal gaz doimiysi;

T - gazning absolyut temperaturasi; μ - gazning molyar massasi.

Shunday qilib, ko‘rib o‘tilgan uch tezlikni o‘zaro taqqoslasak, eng kichigi ehtimolli tezlik ekanligi va eng kattasi o‘rtacha kvadratik tezlik ekanini ko‘ramiz, ya’ni

$$\overline{\vartheta}_{кв} > \overline{\vartheta} > \vartheta_{э}. \qquad (41)$$

6-rasmda shtrixlangan ustunchaning yuzi berilgan $\Delta\vartheta$ intervaldagi tezliklarga ega bo‘lgan molekulalarning nisbiy sonini tasvirlaydi.

Gaz molekulasining ilgarilanma harakati o‘rtacha kinetik energiyasini quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\overline{W} = \frac{m\overline{\vartheta}^2}{2}. \qquad (42)$$

Molekulaning tezligi gaz temperaturasiga bog‘liq bo‘lgani uchun molekulaning o‘rtacha energiyasi ham temperaturaga bog‘liq bo‘lishi kerak. Energiyaning temperatura orqali ifodalangan ifodasini topish juda muhim, chunki gazning temperaturasini o‘lchash juda oson, o‘rtacha kvadratik tezligini esa hech o‘lchab bo‘lmaydi. Shuning uchun asosiy tenglama (17) ning ikkala qismini gazning bir mol hajmi V_μ ga ko‘paytiramiz:

$$PV_\mu = \frac{2}{3} n_0 \overline{W} V_\mu, \qquad (43)$$

$n_0 V_\mu = N$ bo‘lgani uchun (43) formula quyidagicha bo‘ladi:

$$PV_\mu = \frac{2}{3} N\overline{W}, \qquad (44)$$

bunda N - Avogadro soni.

Birok Mendeleev-Klapeyron tenglamasiga muvofiq,

$$PV_\mu = RT. \qquad (45)$$

(44) va (45) formulalardan quyidagini olish mumkin:

$$\frac{2}{3} N\overline{W} = RT. \qquad (46)$$

(46) dan $\overline{W}$ ni topamiz:

$$\overline{W} = \frac{3}{2}\frac{R}{N}T. \qquad (47)$$

$\frac{R}{N} = k$ deb belgilaymiz, u holda

$$\overline{W} = \frac{3}{2}kT, \qquad (48)$$

k - Bolsman doimiysi.

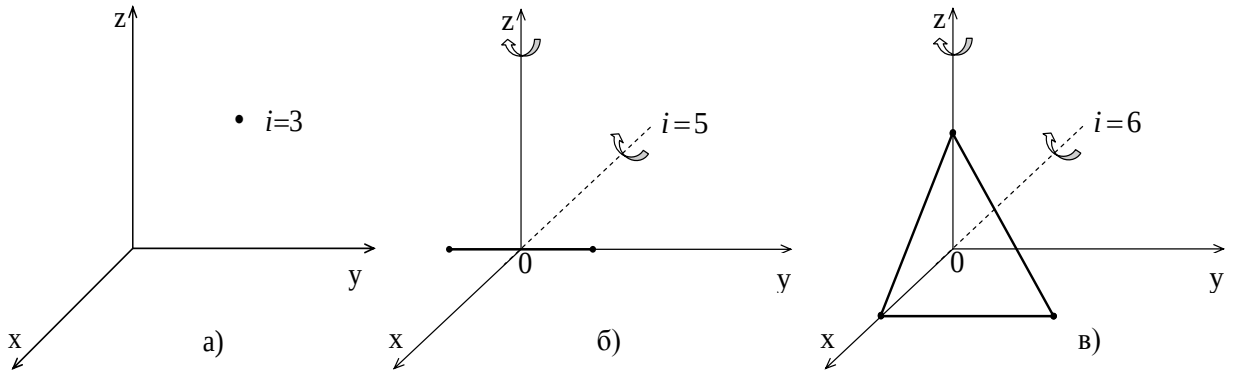
(48) formuladan ideal gaz molekulasi ilgarilanma harakatining o‘rtacha kinetik energiyasi absolyut temperaturaga proporsional va faqat shu temperaturaga bog‘liq degan xulosa chiqadi.

Shu tariqa, temperaturalarning absolyut shkalasi, ya’ni Kelvin shkalasi bevosita fizik ma’noga ega bo‘lib qoladi. Absolyut nol temperaturada, (48) formulaga ko‘ra, molekulalarning ilgarilanma harakati butunlay to‘xtab qoladi. Biroq absolyut nol temperaturada ham molekulalar va atomlarning ichidagi ba’zi tur harakatlar saqlanadi. Shunday qilib, absolyut nol temperatura ham materiyaning ichki harakati umuman to‘xtamaydi.

Molekulalarning barcha tur harakatlariga to‘g‘ri keladigan energiyani hisoblash uchun erkinlik darajasi soni degan tushunchani kiritish kerak bo‘ladi.

Jismning fazodagi vaziyatini aniqlash uchun zarur bo‘lgan erkin koordinatalarning soniga jismning erkinlik darajasi soni deyiladi. Chunonchi, moddiy nuqtaning erkinlik darajasi uchga teng, chunki uning fazodagi vaziyati, uchta koordinata bilan, ya’ni x, y, z koordinatalar bilan aniqlanadi.

Bir atomli gazning (masalan, He) molekulasini o‘z o‘qi atrofida aylanishi uning fazodagi vaziyatini o‘zgartirmaydigan moddiy nuqta deb qarash mumkin. Demak, bir atomli molekulaning vaziyatini aniqlash uchun uning chiziqli koordinatalarining bo‘lishi kifoya (7-rasm).



7-rasm.

Shuning uchun bir atomli molekulaning erkinlik darajalari sonini uchta (ilgarilanma) deyish mumkin, ya’ni $i=3$.

Ikki atomli gaz (masalan, O_2) ikki moddiy nuqta – atomlarning yig‘indisi deb qarash mumkin, ular bir-biri bilan qattiq bog‘langan (7-b-rasm). Bunday molekulaning ikkala atom orqali o‘tuvchi o‘q atrofida aylanishi molekulaning fazodagi vaziyatini o‘zgartirmaydi, chunki bu o‘q atrofida aylanishi uchun to‘g‘ri keladigan energiya nolga yaqin. Shuning uchun ikki atomli molekulaning erkinlik darajalari soni beshta bo‘ladi, ya’ni $i=5$ (uchta ilgarilanma va ikkita aylanma).

Uch atomli molekulaga kelsak, uning oltita erkinlik darajasi (uchta ilgarilanma va uchta aylanma), ya’ni $i=6$ bo‘lishi ravshan (7-rasm). Boshqa ko‘p atomli molekulalar (to‘rt atomli, besh atomli va hakozo) ham oltita erkinlik darajasiga ega.

Gazlar molekulyar-kinetik nazariyasining asosida molekulalar harakatining butunlay tartibsizligi to‘g‘risidagi asosiy faraz yotadi. Molekulalar harakatidagi bunday tartibsizlik faqat ilgarilanma harakatgagina emas, balki qolgan barcha turdagi harakatlarga (aylanishga, tebranishga) ham xosdir. Harakat turlarining barchasi teng qiymatlidir, shu sababli molekulaning har bir erkinlik darajasiga o‘rtacha birday miqdorda $\overline{W}$ o‘rtacha kinetik energiya to‘g‘ri keladi, deb hisoblash tabiiydir. Bu holat energiyaning erkinlik darajalari bo‘yicha birday taqsimlanish qonuni nomi bilan yuritiladi. Shu qoidaga asoslanib, bir erkinlik darajasiga to‘g‘ri keladigan o‘rtacha energiya $\overline{W_0}$ ni hisoblash oson. (48)

formulaga muvofiq, molekulaning uchta erkinlik darajasiga ega bo‘lgan ilgarilanma harakatiga quyidagi energiya to‘g‘ri keladi:

$$\overline{W} = \frac{3}{2}kT,$$

bundan bita erkinlik darajasiga to‘g‘ri keladigan o‘rtacha energiya:

$$\overline{W_0} = \frac{1}{2}kT = \frac{1}{2}\left(\frac{R}{N}\right)T. \qquad (49)$$

Gazni har birining erkinlik darajasi i ga teng bo‘lgan bir xil molekulalar tashkil etadi, deb faraz qilamiz. U holda har bir molekulaga (uning barcha tur harakatlariga) o‘rtacha

$$\overline{W} = \frac{i}{2}kT = \frac{i}{2}\left(\frac{R}{N}\right)T \qquad (50)$$

energiya to‘g‘ri keladi.

$\overline{W}$ ning bu qiymatini gazni tashkil qilgan molekulalarning soniga ko‘paytirsak, gazning to‘la ichki energiyasini topamiz, ya’ni

$$W_T = nW = n \cdot \frac{i}{2}kT. \qquad (51)$$

Gazning bir moli uchun $n = N$ (N - Avogadro soni) bo‘lgani uchun bir mol gazning ichki energiyasi W_μ uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$W_\mu = N \cdot \frac{i}{2} \cdot kT = N \cdot \frac{i}{2} \cdot \frac{R}{N} \cdot T,$$

ya’ni

$$W_\mu = \frac{i}{2} \cdot RT. \qquad (52)$$

(52) formuladan ixtiyoriy m massali gazning ichki energiyasi uchun amaliy hisoblashlarda qo‘llash qulay bo‘lgan ifodani hosil qilish oson, bunda gazning mollari soni $\nu = \frac{m}{\mu}$ ekanligini nazarga olsak, u holda

$$W_T = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{i}{2} \cdot RT. \qquad (53)$$

Demak, har qanday gaz massasini ichki energiyasi uning molekulasi erkinlik darajalari soniga, uning absolyut temperaturasiga va massasiga proporsional ekan.

Gazdagi molekulalarning tartibsiz harakati ularning uzluksiz ravishda aralashib turishiga sabab bo‘ladi. Gazlarda bo‘ladigan quyidagi muhim hodisalar shunga bog‘liqdir.

Agar gaz hajmining turli qismlarida dastlab zichlik bir xil bo‘lmasa, vaqt o‘tishi bilan zichlik baravarlashadi. Xuddi shuningdek, bir-biriga tegib turgan ikki turli gaz o‘zaro tekis aralashadi. Bu hodisa diffuziya deyiladi.

Turli qismlarining dastlabki temperaturasi turlicha bo‘lsa, gaz hajmida vaqt o‘tishi bilan temperatura baravarlashadi, temperaturaning bunday baravarlashishi molekulalarning o‘z energiyalarini olib ko‘chish hisobiga bo‘ladi. Bu hodisa issiqlik o‘tkazuvchanlik deyiladi.

Gaz qatlamlari orasidagi ishqalanish molekulalarning bir qatlamdan ikkinchi qatlamga o‘zlarining harakat miqdorlarini olib ko‘chishlari bilan bog‘liqdir. Bu hodisa ichki ishqalanish yoki yopishqoqlik deyiladi.

Aytib o‘tilgan barcha hodisalarning yagona sababi gaz molekulalarining xaotik harakat jarayonida o‘z fizik harakteristikalarini: massa (diffuziya) yoki energiya (issiqlik o‘tkazuvchanlik) yoki harakat miqdori (ichki ishqalanish) ni ko‘chirish xususiyatidir. Shuning uchun bu hodisalarning mexanizmi bir xil va ular ko‘chish hodisalari deb ataladi.

Diffuziya hodisasida massani ko‘chirishi ro‘y beradi, ya’ni

$$\Delta M = -D\frac{\Delta\rho}{\Delta x}\cdot\Delta S\cdot\Delta t\,. \qquad (54)$$

(54) formula diffuziya tenglamasi yoki Fik qonuni deyiladi. Fik qonuni asosida: zichlik kamayayotgan yo‘nalishga perpendikulyar ΔS yuz orqali diffuziya tufayli ko‘chib o‘tgan ΔM gaz massasi shu yuz o‘lchamiga, Δt ko‘chish vaqti oralig‘igiga va zichlik gradiyenti $\frac{\Delta\rho}{\Delta x}$ ga proporsionaldir.

Gazning turiga va gazning qanday sharoitda ekanligiga bog‘liq bo‘lgan D kattalik diffuziya koeffitsiyenti deyiladi. Minus ishorasi esa massaning zichlik kamayadigan tomonga qarab ko‘chirilishini ko‘rsatadi.

Diffuziya jarayonlari tabiatda juda muhim rol o‘ynaydi. Nafas olish ham diffuziya ekanini, bunda kislorod diffuziya yo‘li bilan tashqi muhitdan odam organizmiga, uning terisi orqali o‘tishini ko‘rsatib o‘tishning o‘zi kifoya.

Diffuziya yer havosi bilan atmosfera havosi orasida gaz almashinib, ya’ni karbonot angidrid gazining tuproqdan atmosferaga o‘tishi va kislorodning teskari yo‘nalishda ko‘chishini ta’minlab turuvchi asosiy mexanizmdir.

Issiqlik o‘tkazuvchanlik hodisasi makroskopik nuqtai nazardan, biror ΔQ issiqlik miqdorining issiqlik qatlamidan sovuqroq qatlamga o‘tishidan iborat.

Issiqlik o‘tkazuvchanlik qonunini birinchi bo‘lib fransuz matematigi Fur’e chiqargan edi, ya’ni

$$\Delta Q = -\chi \frac{\Delta T}{\Delta x} \cdot \Delta S \cdot \Delta t . \qquad (55)$$

(55) formula issiqlik o‘tkazuvchanlik yoki Fure qonuni deyiladi. Qonunning ta’rifi quyidagicha bo‘ladi: temperatura kamayayotgan yo‘nalishiga perpendikulyar ΔS yuza orqali ko‘chayotgan ΔQ issiqlik miqdori bu yuzaning o‘lchamiga ko‘chish vaqti oralig‘i Δt ga va temperatura gradiyenti $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ ga proporsionaldir.

Ichki ishqalanish hodisasi molekulyar-kinetik nazariyasi nuqtai nazaridan molekulalar tartibsiz harakat qilganliklari tufayli harakat miqdorini ko‘chirilishiga asoslangan. Ichki ishg‘alanish qonunini Nyuton chiqargan edi, ya’ni

$$F = -\eta \frac{\Delta \vartheta}{\Delta x} \cdot \Delta S . \qquad (56)$$

(56) formula ichki ishqalanish tenglamasi yoki Nyuton qonuni deyiladi. Qonunning ta’rifi quyidagicha: gazlarning bir-biriga nisbatan sirpanuvchi ikki qatlamning urinish tekisligidagi yuzaga to‘g‘ri keladigan ichki ishqalanish kuchi bu qatlamlarning urinuvchi yuzalari ΔS ga va tezlik gradiyenti $\frac{\Delta \vartheta}{\Delta x}$ ga proporsional bo‘ladi.

Hozirgi zamon texnikasida ko‘pgina protsesslarda ko‘chish hodisasi kuzatiladi. Masalan, qandni ishlab chiqarishda – lavlagidan qandni hosil qilishni

(ekstraksiya) diffuziya hodisasi ta’minlaydi. Yarim o‘tkazgichlarni tozalashda ham, izotoplarni ajratishda ham diffuziya qo‘llaniladi.

Har xil mashinalar va qurilmalarning issiqlik protsesslari issiqlik o‘tkazuvchanlik hodisasiga asoslangan.

Nazorat uchun savollar:

1. Molekulyar-kinetik nazariyasining asosiy qonun-qoidalari nimalardan iborat?
2. Hozirgi zamon fanida jismlarning fizik xossalarini o‘rganishda qanday usullardan foydalanish mumkin?
3. Holat tenglamasi deb nimaga aytiladi?
4. Universal gaz doimiysining fizik mazmunini energetik nuqtai-nazaridan qanday tushuntira olish mumkin?
5. Fluatatsiya nima?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Molekulyar-kinetik nazariya ta’limoti haqida ma’lumotlarni izlab topish.
2. Diffuziya hodisasini tabiatda va texnikada ahamiyatini va foydalanishini o‘rganib chiqish.
3. Statistik qonunlarni o‘rganib chiqish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 3, 6, 7, 9, 13

2.2 Mavzu: Termodinamika asoslari

Darsning maqsadi: Issiqlik protsesslarini fizik ma’nosi va turlari. Sikllar va ularning amaliy ahamiyati haqida chuqur bilim berish.

Asosiy savollar:

1. Sistemaning to‘la va ichki energiyasi.
2. Termldinamikani birinchi qonuni va uning tatbiqi.
3. Aylanma jarayonlar. Issiqlik mashinasi.
4. Entropiya. Termodinamikani ikkinchi qonuni.

5. Nernst teoremasi. Termodinamikaning uchinchi qonuni.

Tayanch so‘z va iboralar:

Aylanma jarayon – sistema qator holatlarni o‘tish natijasida o‘zining dastlabki holatiga qaytadigan jarayon.

Issiqlik – materiya harakatini shakli; jismlar o‘rtasidagi issiqlik almashinish jarayonining energetik ifodasi.

Ichki energiya – jismning faqat ichki holatiga bog‘liq bo‘lgan energiya.

Karno sikli – navbatma-navbat o‘zaro almashinib turuvchi ikki izotermik jarayon va ikki adiabatik jarayondan iborat qaytar aylanma issiqlik jarayoni.

Termodinamika (yunoncha terno – issiqlik, dynamics - kuch) – termodinamik muvozanat holatida turgan makroskopik tizimlarning umumiy xossalari va b holatlar orasidagi o‘tish jarayonlari to‘g‘risidagi fan.

Entropiya – (yunoncha entropia – aylanish, o‘zgarish) – har qanday termodinamik tizimning holat funksiyalaridan biri.

XIX asrning birinchi yarimlarida issiqlik mashinalarining samaradorligini oshirish haqidagi masala qo‘yilgan edi. Bu masalani hal qilish uchun energiyaning aylanish va saqlanish qonunlarini, issiqlikning mexanik ishga aylanishini bilish lozim edi. Issiqlik texnikasining ana shu talabi munosabati bilan termodinamika yuzaga keldi.

Termodinamika turli issiqlik, mexanik, elektr va hokazo jarayonlarda molekulalarning issiqlik (tartibsiz) harakati tufayli energiyaning o‘zgarishi va bir turdan ikkinchi turga aylanish qonuniyatlarini o‘rganadi.

Termodinamika asosida insoniyatning ko‘p asrlik tajribasi natijasida tasdiklangan ikkita fundamental qonun yotadi. Birinchi qonun energiyaning aylanish protsessining miqdoriy va sifat tomonlarini tavsiflaydi. Ikkinchi qonun bu protsesslarning yo‘nalishlari haqida fikr yuritishga imkon beradi. Jismning holatini harakterlaydigan kattaliklarning birortasi o‘zgarsa, jism holati o‘zgaradi, natijada jism bir holatdan boshqa holatga o‘tadi. Bunga termodinamik jarayon deyiladi. Termodinamik jarayon ro‘y berayotgan jism yoki jismlar to‘plami termodinamik

sistema deyiladi. Silindr porsheni ostidagi gazni termodinamik sistema deyish mumkin.

Molekulyar-kinetik nazariyasidan ma’lumki, molekulalar doimo harakatda bo‘lganligi uchun ular kinetik energiyaga ega. Shu bilan birga modda molekulalari orasida o‘zaro ta’sir kuchi bo‘lganligi sababli molekulalar o‘zaro potensial energiyaga ham ega bo‘ladi. Moddani tashkil qilgan barcha molekulalar va atomlar harakatining kinetik energiyasi hamda ularning o‘zaro ta’sir potensial energiyasining yig‘indisi jismning ichki energiyasi deyiladi.

Har qanday jismning ichki energiyasi issiqlik holatiga bog‘liq bo‘lganligi uchun, jism issiqlik holatining o‘zgarishi bilan ichki energiyasi o‘zgaradi. Modda issiqlik holatining o‘zgarishi, ya’ni uni tashkil qilgan molekulalar issiqlik harakati tezliklarining o‘zgarishi natijasida modda yoki isiydi yoki soviydi. Demak, jismning issiqlik holati o‘zgarganda molekulalarning faqat kinetik energiyasigina o‘zgaradi, buning natijasida uning ichki energiyasi ham o‘zgaradi.

Moddaning agregat holati o‘zgarganda, ya’ni modda bir agregat holatdan ikkinchisiga o‘tganda, qattiq holatdan suyuq holatga, suyuq holatdan gazsimon holatga, yoki aksincha o‘tishlarda, molekulalarining kinetik va potensial energiyalari o‘zgarib, modda ichki energiyasining o‘zgarishiga sabab bo‘ladi.

Jismning issiqlik holatini uning temperaturasi belgilaydi. Shunday qilib, jismning ichki energiyasi uning holatiga bog‘liq bo‘ladi. Shuning uchun bu energiyani sistema holatining funksiyasi deyiladi.

Sistema ichki energiyasining o‘zgarishiga olib keladigan ikki turli usul mavjud. Bulardan biri – ish bajarishdir. Masalan, porshenli silindr ichiga biror gaz qamalgan bo‘lsin. Porshenni yuqoriga yoki pastga harakatlantirish bilan silindr ichidagi gazning hajmi, bosimi va temperaturasini o‘zgartirish mumkin. Shuningdek, harakatdagi porshen gazga ma’lum kuch bilan ta’sir etib ish bajaradi va shu tufayli gazning ichki energiyasi o‘zgaradi.

Sistemaning ichki energiyasini o‘zgartirishining ikkinchi usuli unga issiqlik uzatishdir. Ish bajarmasdan turib jism ichki energiyasining o‘zgarish jarayoni issiqlik uzatish deyiladi. Issiqlik uzatish jismlar bir-biriga bevosita tegib to‘rganda

(plitka ustidagi choynakning isishi), bir-biridan ma’lum uzoqlikda bo‘lganda (buyumlarning pechka yoki quyoshdan isishi) ham ro‘y berib jismning ichki energiyasini o‘zgartiradi.

Demak, ish bajarish yoki issiqlik uzatish yuli bilan jismning ichki energiyasini o‘zgartirish mumkin ekan. Jismning ichki energiyasi ortsa, u atrofdan ma’lum miqdorda energiya olgan bo‘ladi, aksincha, ichki energiyasi kamaysa, jism o‘z energiyasining bir qismini atrofga bergan bo‘ladi. Jismning issiqlik uzatish jarayonida bergan yoki olgan energiyasi issiqlik miqdori deb ataladi. Issiqlik miqdori, odatda Q harfi bilan belgilanadi.

Jismga berilgan yoki undan olingan issiqlik miqdori jism temperaturasining o‘zgarishiga va uning massasiga proporsional bo‘ladi, ya’ni:

$$Q = cm \cdot \Delta T, \qquad (1)$$

bu yerda c - solishtirma issiqlik sig‘imi;

m - jism massasi;

ΔT - temperaturaning o‘zgarishi.

SI sistemasida issiqlik miqdori joullarda o‘lchanadi, ya’ni

$[Q] = 1J$.

Amaliyotda ko‘pincha kaloriya va kilokaloriyalarda o‘lchanadi, ya’ni

$[Q] = 1kal$, $[Q] = 1kkal$.

Kaloriya, kilokaloriyalar bilan joul orasidagi bog‘lanish quyidagicha bo‘ladi:

$1kal = 4{,}19\,J$, $1\,kkal = 10^3\,kal = 4{,}19 \cdot 10^3\,J$.

(1) formulada c - moddaning solishtirma issiqlik sig‘imi bo‘lib, uning ta’rifi quyidagicha bo‘ladi. Moddaning solishtirma issiqlik sig‘imi deb, moddaning bir birlik massasini $1K$ ga isitish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdoriga teng bo‘lgan fizik kattalikka aytiladi, ya’ni:

$$c = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)}, \qquad (2)$$

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}, \qquad [c] = 1\frac{Ж}{кг \cdot K}. \qquad (3)$$

Amaliyotda $[c] = 1\dfrac{kal}{g \cdot grad}$; $[c] = 1\dfrac{kkal}{g \cdot grad}$.

Energiyaning saqlanishi va aylanishining issiqlik xodisalariga taalluqli bo‘lgan qonuni termodinamikaning birinchi qonuni deb ataladi va fizikaning muhim qonunlaridan birining asosi hisoblanadi. Termodinamika birinchi qonuniga quyidagicha ta’rif berish mumkin:

Sistemaga berilgan issiqlik miqdori sistema ichki energiyasining o‘zgarishiga va sistema tashqi kuchni yengishi uchun bajargan ishga sarflanadi, ya’ni

$$Q = \Delta U + A, \tag{4}$$

$$dQ = dU + dA. \tag{5}$$

Gaz hajmining o‘zgarishida bajargan ish termodinamik ish deb ataladi va u quyidagi formula orqali ifodalanadi, ya’ni

$$dA = P \cdot dV. \tag{6}$$

(6) formula faqat gazlar uchungina emas, balki boshqa moddalar uchun ham o‘rinlidir.

Termodinamikaning birinchi qonunini gaz jarayonlariga tatbiq etib, bu jarayonlarning harakteri haqida muhim xulosalar chikarish mumkin.

(6) formulaga binoan, termodinamikaning birinchi qonunini quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$dQ = dU + P \cdot dV. \tag{7}$$

Bu ifodani ideal gaz jarayonlariga tatbiq etaylik.

1. Izotermik jarayon ($T = const$). Bu jarayonda gazning ichki energiyasi o‘zgarmaydi. Xaqiqatan ham, ichki energiya formulasiga asosan

$$dU = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{3}{2} R \cdot dT \tag{8}$$

deb yozish mumkin, bunda dT - temperaturaning o‘zgarishi. $T = const$ bo‘lganda $dT = 0$, demak, $dU = 0$ bo‘ladi. Binobarin, termodinamikaning birinchi qonuni quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi, ya’ni:

$$dQ = dA. \tag{9}$$

Izotermik jarayonda sistemaga berilgan issiqlik miqdorining hammasi ish bajarishga sarf bo‘ladi.

Izotermik jarayonda bajarilgan ish, ya’ni

$$A = RT \ln \frac{V_2}{V_1}, \qquad (10)$$

$$A = RT \ln \frac{P_1}{P_2}. \qquad (11)$$

2. Izoxorik jarayon ($V = const$). Izoxorik jarayonda $dV = 0$ bo‘lgani uchun, gaz tashqi jismlar ustida (yoki tashqi kuchlar gaz ustida) hech qanday ish bajarilmaydi, ya’ni

$dA = P \cdot dV = 0$ bo‘ladi.

U holda (7) tenglik quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$dQ = dU. \qquad (12)$$

Demak, izoxorik jarayonlarda sistemaga tashqaridan berilgan issiqlik miqdori uning faqat ichki energiyasini oshirishga sarflanar ekan.

3. Izobarik jarayon ($P = const$). Gazning izobarik jarayonda bajargan ish (6) formuladan aniqlanadi. Binobarin, izobarik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni (5) formula ko‘rinishda ifodalanadi, ya’ni

$$dQ = dU + dA. \qquad (13)$$

Izobarik jarayonda sistemaga uzatilgan issiqlik miqdori sistemaning ichki energiyasining o‘zgarishiga va ish bajarishiga sarf bo‘ladi.

Sistema holatining o‘zgarishi mobaynida atrofidagi jismlar bilan sistema orasida issiqlik almashinishi ro‘y bermasa, bunday jarayon adiabatik jarayon deb ataladi.

Adiabatik jarayonda $dQ = 0$ bo‘ladi, shuning uchun termodinamikaning birinchi qonuni quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$dA = -dU. \qquad (14)$$

Ichki energiya ish bajarish hisobiga o‘zgaradi. (14) formuladagi minus ishora adiabatik kengayishda sistemaning ichki energiyasining kamayishini ($dU < 0$) ko‘rsatadi – sistema o‘zining ichki energiyasi hisobiga ish bajaradi ($dA > 0$). Adiabatik siqilishda esa sistemaning ichki energiyasi tashqi kuchlar bajargan ish ($dA < 0$) hisobiga ortadi.

Adiabatik jarayonni amalga oshirish uchun jarayon ro‘y berayotgan sistemani issiqlikni mutlaqo o‘tkazmaydigan g‘ilof bilan o‘rash kerak. Tabiatda issiqlikni mutlaqo o‘tkazmaydigan moddalar mavjud emasligi sababli, sistemani atrof jismlardan adiabatik izolyatsiyalab bo‘lmaydi. Biroq adiabatik izolyatsiyalangan sistemalarga kundalik turmushda ishlatiladigan Dyuar idish – termos misol bo‘ladi. Idishning tuzilishi qo‘sh qavatli yupqa shisha devordan iborat bo‘lib, devorlar orasida vakuum hosil qilingan bo‘ladi, shu sababli devorlar bir-biri bilan issiqlik almashinmaydi.

Gaz siqilganda ichki energiya ortadi. Bu esa gazning temperaturasi ko‘tarilganligini bildiradi. Tez siqilganda havoning isishidan dizel dvigatellarida foydalaniladi.

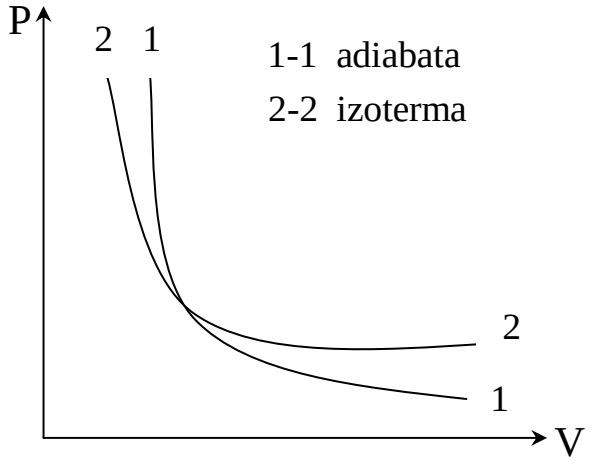
Adiabatik jarayon uchun gaz bosimi bilan hajmi orasida quyidagicha bog‘lanish mavjudligi aniqlangan:

$$PV^{\gamma} = const, \qquad (15)$$

bu yerda γ - doimiy kattalik bo‘lib, u adiabata ko‘rsatkichi deb ataladi.

(15) ifoda fransuz fizigi Puasson tomonidan aniqlangani uchun uning nomi bilan Puasson tenglamasi deb ataladi.

$P-V$ diagrammada adiabatik jarayonining grafik tasviri 1-rasmda ko‘rsatilgan.



1-rasm.

Tabiatda adiabatik kengayishi natijasida gazning sovishi Yer atmosferasida keng miqyosda yuz beradi. Isigan havo yuqori ko‘tarilib kengayadi, chunki yuqori ko‘tarilgan sari atmosfera bosimi kamayib boradi. Havo bunday kengayganda ko‘p soviydi. Natijada ko‘tarilgan suv bug‘lari kondensatsiyalanib, bulut hosil bo‘ladi.

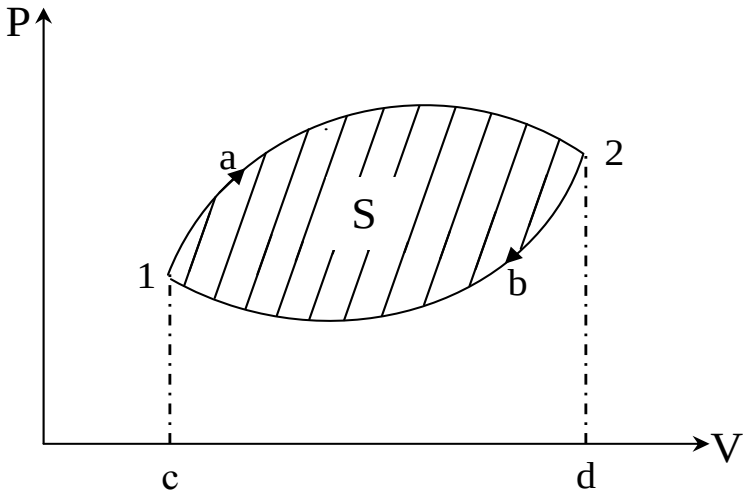
Yoqilg‘ining ichki energiyasinig mexanik energiyaga aylantiruvchi mashinalar issiqlik mashinalari yoki issiqlik dvigatellari deb ataladi.

Zamonaviy texnikada issiqlik dvigatellari asosiy o‘rinlardan birida turadi.

Issiqlik dvigatellari tuzilish va ishlash prinsiplariga qarab bug‘ mashinasi, ichki yonuv dvigateli, bug‘ va gaz turbinalari, reaktiv dvigatellarga bo‘linadi. Bu dvigatellarning hammasida yoqilg‘i energiyasi gaz (yoki bug‘) energiyasiga aylanadi, bu energiya esa mexanik energiyaga aylanib ish bajariladi. Issiqlik mashinalarida aylanma jarayon deb ataladigan jarayonlarda ichki energiyaning mexanik energiyaga aylanishi amalga oshadi.

Sistema qator holatlarni o‘tish natijasida o‘zining dastlabki holatiga qaytadigan jarayon aylanma jarayon deyiladi.

Aylanma jarayon sifatida quyidagi jarayonni ko‘rib chiqaylik. Faraz qilaylik, biror massali gaz $1 \to a \to 2$ egri chiziq bilan ifodalanuvchi qator holatlardan o‘tib kengaygan bo‘lsin (2-rasm). So‘ng $2 \to b \to 1$ egri chiziq bilan ifodalanuvchi holatdan o‘tib siqilgan va boshlang‘ich holatiga qaytgan bo‘lsin.



2-rasm.

Aylanma jarayon grafikda berk egri chiziq bilan ifodalanishini ko‘ramiz. Kengayishda bajarilgan A_1 ish musbat, $A_1 > 0$ uni gaz bajaradi va son jihatdan $1a2dc1$ shaklning yuziga teng, ya’ni

$$A_1 = S_{1a2dc1}. \quad (16)$$

Gazning siqilishida bajarilgan A_2 ish manfiy bo‘ladi $A_2 < 0$, chunki uni tashqi kuchlar bajaradi va son jihatdan $2b1cd2$ shaklning yuziga teng, ya’ni

$$-A_2 = S_{2b1cd2}. \quad (17)$$

Aylanma jarayonda gaz bajargan ish kengayishda bajarilgan A_1 ish bilan siqilishda bajarilgan A_2 ish ayirmasiga teng bo‘ladi:

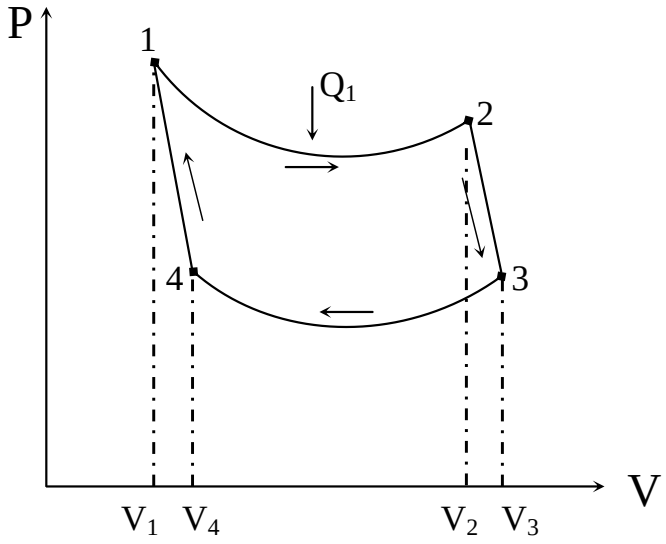
$$A = A_1 - A_2. \quad (18)$$

Aylanma jarayonda bajarilgan A ish $P-V$ diagrammada berk $1a2b1$ egri chiziq bilan chegaralangan shaklning yuzi (2-rasmda shtrixlangan) bilan ifodalanadi:

$$A = S_{1a2b1}. \quad (19)$$

Issiqlik mashinalarida bunday aylanma jarayon davriy ravishda takrorlanib turadi va har bir aylanma jarayonda biror A ish bajariladi.

1824 yilda fransuz injeneri va olimi Sadi Karno issiqlik mashinasining ishlash prinsipini va samaradorligini nazariy o‘rganib, har qanday issiqlik mashinasining ishlashi uchun ishchi jism, isitkich va sovitkich bo‘lishi zarurligini ko‘rsatdi. Karno tomonidan tavsiya etilgan ideal mashinada ishchi jism sifatida silindr porsheni ostidagi ideal gaz olingan. Mashina davriy ravishda Karno aylanma jarayoni deb ataladigan ikkita izotermik va ikkita adiabatik jarayonlardan iborat aylanma jarayonlarni bajaradi (3-rasm). Sistema holatining o‘zgarishi quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi.



3-rasm.

1. Kengayishning birinchi izotermik ($T_1 = const$) bosqichida (1-2 egri chiziq) gaz isitkichdan Q_1 issiqlik miqdorini olib, hajmi V_1 dan V_2 gacha kengayib ish bajaradi va kattaliklari P_1, V_1, T_1 dan P_2, V_2, T_1 gacha o‘zgaradi.

2. Kengayishning ikkinchi adiabatik bosqichida (2-3 egri chiziq) hajm V_2 dan V_3 gacha kengayadi. Ammo ish gazning ichki energiyasining kamayishi hisobiga bajariladi. Bunda gaz tashqaridan issiqlik olmaydi ham, bermaydi ham. Gazning kattaliklari P_2, V_2, T_1 dan P_3, V_3, T_2 gacha o‘zgaradi.

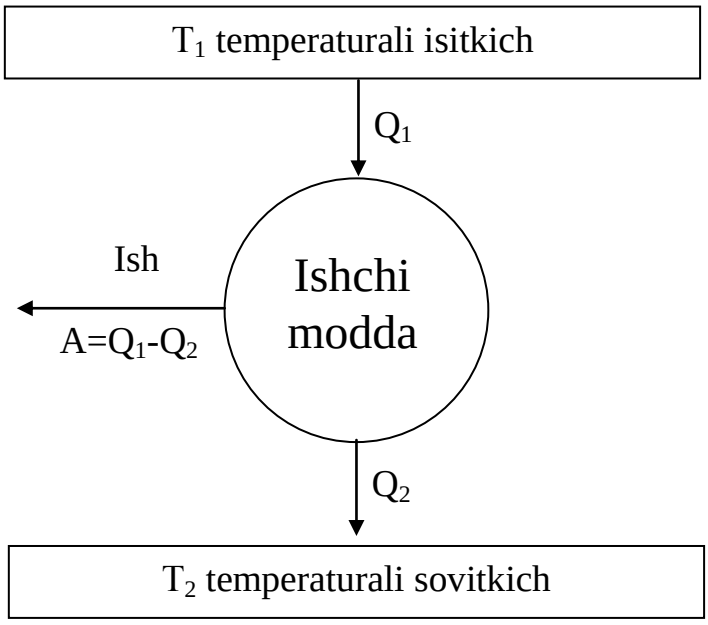
4. Aylanma jarayonning oxirgi qismida gaz adiabatik siqilib, gaz hajmi V_4 dan V_1 gacha kamayadi (4-1 egri chiziq). Bunda bajarilgan ish gaz temperaturasini boshlang‘ich darajasiga ko‘tarish uchun sarflanadi, sistemaning ichki energiyasi ortadi. Sistemaning kattaliklari P_4, V_4, T_2 dan P_1, V_1, T_1 gacha o‘zgaradi, ya’ni boshlang‘ich holatdagi qiymatni egallaydi.

Shunday qilib, aylanma jarayon davomida gazning bajargan ishi isitkichdan olingan Q_1 va sovitkichga berilgan Q_2 issiqlik miqdorlarining ayirmasiga teng, ya’ni

$$A_{\Phi} = Q_1 - Q_2 . \qquad (20)$$

Har qanday issiqlik dvigateli (mashina) Q_1 issiqlik miqdorini oladigan T_1 temperaturali isitkichdan, Q_2 issiqlik miqdorini beradigan T_2 temperaturali

sovutgichdan va mexanik ishni bajaradigan ishchi moddadan tashkil topgan bo‘ladi (4-rasm).



4-rasm.

Issiqlik dvigatellarining ish bajarishdagi energiya tejamkorligini harakterlash uchun issiqlik dvigatellarining foydali ish koeffitsiyenti tushunchasi kiritiladi.

Issiqlik dvigatelining foydali ish koeffitsiyenti FIK deb, dvigatel bajargan A ishining isitkichdan olgan Q_1 issiqlik miqdoriga bo‘lgan nisbatiga aytiladi, ya’ni

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}, \qquad (21)$$

yoki

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}. \qquad (22)$$

Agar isitkichning temperaturasi T_1, sovitkichnikini T_2 desak, Karno aylanma jarayoni bo‘yicha ishlaydigan ideal issiqlik mashinasining nazariy mumkin bo‘lgan eng katta FIK quyidagicha ifodalanishini Karno isbot qilgan:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \qquad (23)$$

yoki

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\% . \qquad (24)$$

Demak, ideal issiqlik mashinasining FIK ni oshirish uchun isitkichning temperaturasi yuqori, sovitkichniki esa past bo‘lishi kerak. Faqat sovitkich temperaturasi absolyut nol, ya’ni $T_2 = 0\,K$ bo‘lganda FIK birga teng ($\eta = 1$) bo‘lib qolgan hamma real sharoitdagi temperaturalarda birdan kichik, ya’ni $\eta < 1$ bo‘ladi.

Issiqlik dvigatellari xalq xo‘jaligida turli-tuman maqsadlarda foydalaniladi. Ular samolyot, teploxod, avtomobil, traktor, teplovoz-larni, shuningdek, daryo va dengiz kemalarini harakatga keltiradi. Umuman, hozirgi vaqtda hayotni dvigatellarsiz tasavvur etib bo‘lmaydi.

Hozirgi kunda dunyo olimlari, injener-konstruktorlari oldidagi eng asosiy vazifalar quyidagilardan iborat:

1. Issiqlik dvigatellarini takomillashtirish va FIK ni oshirish;
2. Yonilg‘i tanqisligini nazarda tutgan holda neft va neft mahsulotlarini boshqa turdagi yonilg‘i bilan almashtirish;
3. Neft va neft mahsulotlarini vodorod va quyosh energiyasi bilan almashtirish. Vodorod yonganda atmosferaga zararli gazlar chiqmaydi.

O‘zbekiston sharoitida yilning taxminan 300 kuni bulutsiz – quyoshli bo‘lar ekan. Demak, quyosh energiyasidan to‘liq foydalanish mumkin.

Hozirgi kunda mutaxassislar oldida turgan asosiy muammolardan biri vodorod va quyosh energiyasidan to‘liq foydalanishni ishlab chiqarish.

Ideal issiqlik mashinasining FIK ning qiymatini ifodalovchi (21) va (23) formulalardan shunday munosabat kelib chiqadi:

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \qquad (25)$$

bundan

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}, \qquad (26)$$

demak,

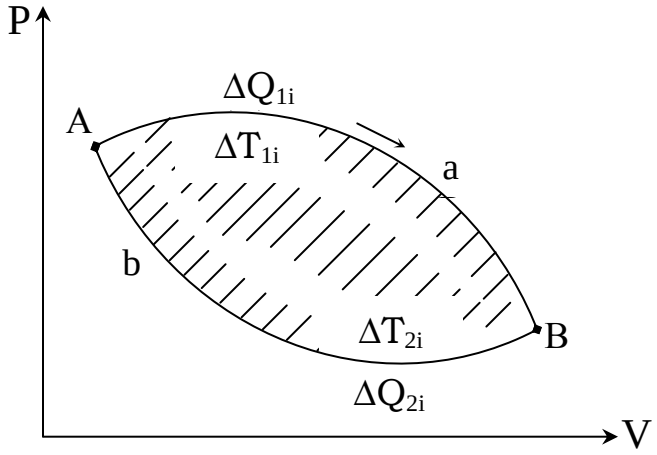
$$\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = 0 . \qquad (27)$$

Endi Q_2 ning ishchi moddadan sovitkichga berilgan issiqlik miqdori sifatida manfiy bo‘lishini nazarga olamiz. Bu holda oxirgi formulaning chap qismidagi algebraik yig‘indi ko‘rinishida yozish mumkin:

$$\frac{Q_1}{T_1}+\frac{Q_2}{T_2}=0. \qquad (28)$$

Ishchi moddaga berilgan issiqlikning shu issiqlik miqdori berilayotgan absolyut temperaturaga nisbati ($\frac{Q}{T}$) keltirilgan issiqlik deyiladi. (28) formuladan Karno sikli uchun keltirilgan issiqliklarning algebraik yig‘indisi nolga teng.

Bu qoidaning har qanday teskari aylanma jarayon $A\to a\to B\to b\to A$ uchun to‘g‘ri ekanini ko‘rsatamiz (5-rasm). Bu jarayonni 5-rasmda ko‘rsatilganidek, izotermalar va adiabatalar yordamida juda ko‘p sonli n juda tor Karno sikllariga ajratamiz.



5-rasm.

Har bir elementar Karno sikli uchun (28) formula o‘rinli:

$$\frac{\Delta Q_{11}}{T_{11}}+\frac{\Delta Q_{21}}{T_{21}}=0,$$

$$\frac{\Delta Q_{12}}{T_{12}}+\frac{\Delta Q_{22}}{T_{22}}=0,$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \qquad (29)$$

$$\frac{\Delta Q_{1i}}{T_{1i}}+\frac{\Delta Q_{2i}}{T_{2i}}=0,$$

$$\frac{\Delta Q_{1n}}{T_{1n}} + \frac{\Delta Q_{2n}}{T_{2n}} = 0,$$

bu yerda ΔQ_{1i} - ishchi jismning T_{1i} temperaturada kengayishining i - uchastkasida olgan issiqligi, ΔQ_{2i} - ishchi jismning T_{2i} temperaturada siqilishining i - uchastkasida bergan issiqligi. Bu tengliklarni qo‘shib, shunday yig‘indini hosil qilamiz:

$$\left(\sum_{i=1}^{n}\frac{\Delta Q_{1i}}{T_{1i}}\right)_{AaB} + \left(\sum_{i=1}^{n}\frac{\Delta Q_{2i}}{T_{2i}}\right)_{BbA} = 0, \qquad (30)$$

yoki

$$\int_{(AaB)}\frac{dQ}{T} + \int_{(BbA)}\frac{dQ}{T} = 0 \qquad \text{yoki} \qquad \int_{(AaBbA)}\frac{dQ}{T} = 0. \qquad (31)$$

$AaBbA$ berk kontur bo‘yicha olingan (31) integralning nolga tengligidan integral ostidagi $\frac{dQ}{T}$ ifoda biror S funksiyaning to‘liq differensiali ekanligi kelib chiqadi. Bu funksiya faqat sistemaning holatiga bog‘liq bo‘lib, sistemaning bu holatga qanday yo‘l bilan kelishiga bog‘liq bo‘lmaydi. Shunday qilib,

$$\frac{dQ}{T} = dS. \qquad (32)$$

S funksiyani birinchi bo‘lib Klauzius kiritgan va uni entropiya deb atagan edi. Energiya bilan bir qatorda entropiya ham sistemaning muhim harakteristikalaridan biridir.

Agar qaytar jarayon vositasida sistema A holatdan B holatga o‘tsa, u holda sistema entropiyasining o‘zgarishi (32) tenglikni integrallash yo‘li bilan topiladi:

$$\int_A^B dS = S\,\Big|_A^B = S_B - S_A = \Delta S = \int_A^B \frac{dQ}{T}, \qquad (33)$$

bu yerda S_A - sistemaning boshlang‘ich A holatdagi entropiyasi, S_B - sistema-ning oxirgi B holatdagi entropiyasi, $\Delta S = S_B - S_A$ - entropiyaning o‘zgarishi.

Agar izolyatsiyalangan sistemada qaytar jarayonlar bo‘layotgan bo‘lsa, bu sistemaning entropiyasi o‘zgarishsiz qoladi. Agar izolyatsiyalangan sistemada qaytmas jarayonlar bo‘layotgan bo‘lsa, bu sistemaning entropiyasi ortadi. Matematikada bu qoidani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$\Delta S \geq 0 . \qquad (34)$$

Bu tengsizlik Klauzius tengsizligi deyiladi.

Tabiatdagi jarayonlar qaytmaydigan jarayonlardir. Issiq jismdan sovuq jismga issiqlik o‘tishi va mexanik energiyaning ichki energiyaga o‘tishi qaytmas jarayonlarning misollaridir. Bu misollarning hammasi tabiatda jarayonlar termodinamikaning birinchi qonunida hech aks ettirilmagan ma’lum bir yo‘nalishda yuz berishini ko‘rsatadi. Tabiatda hamma makroskopik jarayonlar faqat tayinli bir yo‘nalishda yuz beradi. Teskari yo‘nalishda ular o‘z-o‘zidan yuz berolmaydi. Tabiatdagi hamma protsesslar qaytmaydigan bo‘lib, ularning eng mudhishi organizmlarning qarishi va o‘lishidir.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni real jarayonlarning yo‘nalishlarini ko‘rsatadi. Bu qonun tajribadan olingan.

1906 yilda termodinamika Nernst tomonidan empirik yo‘l bilan kashf qilingan yangi fundamental qonun bilan boyidi. Bu qonun Nernstning issiqlik teoremasi deb ataladi. Nernst teoremasi ko‘pincha termodinamikaning uchinchi qonuni deb yuritiladi. Nernst teoremasining ta’rifi quyidagicha bo‘ladi:

Absolyut nolga yaqinlashishda sistemaning absolyut entropiyasi ham bunda sistemaning holatini harakterlovchi barcha parametrlarning qanday qiymatlar qabul qilishidan qat’i nazar, absolyut nolga intiladi, ya’ni

$$T = 0 \quad \text{bo‘lganda,} \quad S = 0 . \qquad (35)$$

Haqiqatan ham, absolyut nolda termodinamik sistemaning holatiga eng kam tartibsizlik (ya’ni eng ko‘p tartiblilik) to‘g‘ri keladi. Hamma atomlar ma’lum joylarda, ya’ni qattiq jism kristall panjarasining tugunlariga, barcha elektronlar esa eng past energetik sathlarga joylashadi. Bu holat absolyut nolda mumkin bo‘lgan yagona (haqiqiy) holat bo‘lib, uning ehtimolligi birga teng. Shuni qayd etish kerakki, nemis fizigi Nernst (35) munosabatga boshqa yo‘l bilan, ya’ni past temperaturalarda jismning issiqlik sig‘imlarining o‘zgarishining natijasida keldi.

Xulosa qilib aytish kerakki, termodinamikaning ikkita asosiy qonuni va Nernstning issiqlik teoremasi issiqlik texnikasining asosi hisoblanadi. Bu uchta

qonun barcha termodinamik jarayonlarni tahlil qilish va turli issiqlik mashinalarini hisoblashga imkon beradi.

Nazorat uchun savollar:

1. Jismning issiqlik holatini qaysi kattalik belgilaydi?
2. Moddaning ichki energiyasini qaysi usullar bilan o‘zgartirish mumkin?
3. Issiqlik mashinasi FIKti nimaga bog‘liq?
4. Entropiya nima?
5. Tabiatni muhofaza qilish deganda nimani tushunasiz?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Termodinamik sistemani ichki energiyasi ichki energiyani o‘zgartirish usullarni o‘rganish.
2. Issiqlik mashinalar. Issiqlik mashinalarni qo‘llash sohalari haqida ma’lumotlarni izlab topish.
3. Tabiatni muhofaza qilish masalasini o‘rganish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 3, 6, 7, 9, 13, 14

2.3 Mavzu: Suyuqliklar. Qattiq jism

Darsning maqsadi: Suyuqliklar to‘g‘risida chuqur bilimlar berish. Qattiq jismlarni tzilishi, turi, jarayonlari va amaliy ahamiyati haqida bilimlar berish.

Asosiy savollar:

1. Suyuqliklar. Suyuqliklarning tuzilishi va asosiy xossalari
2. Suyuqlik va qattiq jism cherasida ro‘ beradigan hodisa
3. Ho‘llash va ho‘llamaslik. Kapillyarlik hodisasi
4. Kristall va amorf jismlar
5. Suyuq kritallar va ularni amaliy ahamiyati

Tayanch so‘z va iboralar:

Kapillyar hodisasi – suyuqliklarning ingichka naychalarida ko‘tarilish yoki pastga tushish xususiyatlari.

Menisk – suyuqlikning egrilangan sirti.

Suyuqlik – moddaning qattiq va gazsimon holatlari o‘rtasidagi agregat holat.

Suyuq kritallar – moddalarning suyuqlik (oquvchanlik) xossalari hamda qattiq kristallarning ba’zi xossalari (anizotropiya)ga ega bo‘lgan oraliq holati.

Kristallar – atomlari, ionlari va molekulalari ma’lum tartibda joylashib, fazoviy kristall panjarani tashkil etgan qattiq jismlar.

Sublimatsiya (lotincha Sublimo – yuqoriga ko‘taraman) – moddaning kristall (yoki qattiq) holatdan suyuq holatga o‘tmay turib, bevosita gaz holatiga o‘tish jarayoni; issiqlikni yutilishi bilan sodir bo‘ladi.

Erish – moddalarning issiqlik ta’sirida qattiq (kristall) holatdan suyuq holatga o‘tish jarayoni.

Moddalar uch agregat (gaz, suyuq, qattiq) holatda bo‘lib, ularning fizik xususiyatlari holat parametrlari o‘zgarishi bilan bir-biriga o‘xshash bo‘lishi ham yoki tubdan farq qilishi ham mumkin.

Moddaning suyuq holati uning gazsimon hamda qattiq holatlari orasidagi oraliq holat bo‘lib, u ikkala holat bilan ma’lum o‘xshashliklarga ega bo‘ladi.

Suyuqliklarning boshqa agregat holatlardan farq qiluvchi eng muhim xususiyatlari quyidagilardir:

1. Normal sharoitda gaz molekulalari orasidagi masofa ularning o‘lchamlariga nisbatan juda kata bo‘lib, zichligi kichik va siqiluvchan bo‘ladi, ya’ni gaz molekulalari orasidagi o‘zaro tortishish kuchi juda kichik bo‘lganligidan u o‘zi solingan idish hajmini to‘la egallaydi va idish shaklini oladi.

Suyuqlik molekulalari esa bir-biriga juda yaqin joylashgan bo‘lib, ular orasidagi o‘zaro ta’sir kuchi gaz molekulalari orasidagi o‘zaro ta’sir kuchidan bir necha yuz marta katta bo‘ladi. Suyuqliklarning zichligi gazlar zichligidan ancha katta, binobarin, ular juda kam siqiluvchandir. Shuning uchun suyuqlik gaz kabi o‘zi quyilgan idish shaklini olsa-da, lekin qattiq jism kabi o‘z hajmiga ega bo‘ladi.

Suyuqlik molekulalari qattiq jism molekulalari kabi zich joylashgan bo‘lsa-da, uning ixtiyoriy idish shaklini egallashi, ya’ni oquvchanligi suyuqlik molekulalarining ozmi-ko‘pmi bir-biriga nisbatan erkin harakat qilishini

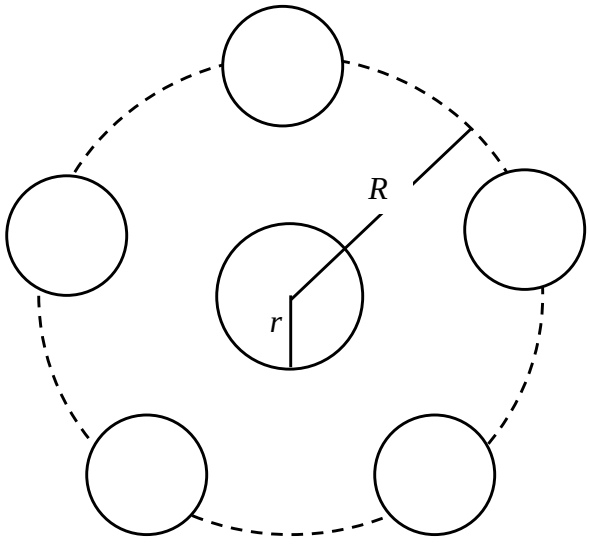
ko‘rsatadi. Shunday qilib, gaz holati bilan qattiq holat oralig‘idagi moda holati suyuq holatdir.

2. Tajribalar ko‘rsatadiki, suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsiyenti gazlarnikiga nisbatan juda kichik bo‘lib, harakterli tomoni shundaki, bosim ortishi bilan hamma suyuqliklar uchun bu koeffitsiyent deyarli bir xil bo‘ladi.

3. Suyuqliklarning yopishqoqligi gazlarnikiga nisbatan juda katta bo‘ladi va temperatura ortishi bilan kamayadi. Har xil suyuqliklar uchun yopishqoqlik koeffitsiyenti bir-biridan katta farq qiladi.

4. Suyuqliklarning o‘zi solingan idish devori bilan chegaralanmagan erkin sirtga ega bo‘lishi muhim xususiyatlardan biridir.

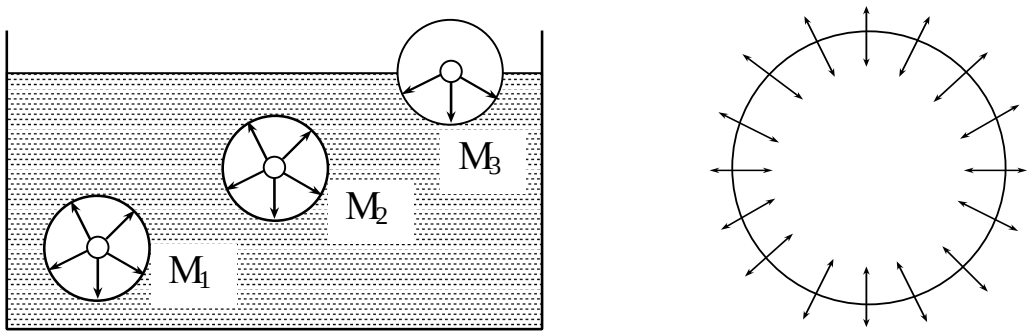
Suyuqlik ichidagi har bir molekula o‘zini o‘rab olgan boshqa molekulalar bilan o‘zaro ta’sirda bo‘ladi. Suyuqlik molekulalari bir-biriga shunchalik yaqin joylashganki, ular orasidagi ta’sir kuchlari, ancha miqdorda bo‘ladi. Biroq molekulalar orasidagi masofa ortib borishi bilan ta’sir kuchlari kamayib boradi va ma’lum masofadan keyin nolga teng bo‘lib qoladi. Suyuqlik ichida biror molekulani tanlab, uning atrofida markazi shu molekulada yotgan shunday R radiusli sfera o‘tkazaylik (1-rasm). Biz tanlagan molekula shu sfera ichida yotgan hamma molekulalar bilan ta’sirlashadi.



1-rasm.

Agar molekulaning ana shu sferadan tashqarida yotgan molekulalar bilan ta’sirini hisobga olmasa ham bo‘lsa, bu sferani molekulyar ta’sir sferasi, R ni esa molekulyar ta’sir radiusi deb ataladi. Molekulyar ta’sir radiusi taxminan $10^{-9} m$ ga yaqin bo‘ladi.

Suyuqlikning ichki qismida turgan M_1 va M_2, suyuqlik sirtida turgan M_3 molekulalar atrofida molekulyar ta’sir sferasini chizaylik (2a-rasm)



a) b)

2-rasm.

Suyuqlik ichki qatlamida turgan M_1 molekulaga barcha ko‘shni molekulalar tomonidan sfera radiusi bo‘yicha yo‘nalgan kuchlar ta’sir qilib, bu kuchlarning teng ta’sir etuvchisi nolga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$\vec{F} = f_1 + f_2 + f_3 + ... + f_n = 0 . \qquad (1)$$

Suyuqlik sirtqi qatlamida yoki unga yaqin qatlamda yotgan molekulaga ham ta’sir sferasi radiusi bo‘yicha boshqa molekulalar ta’sir qiladi. Lekin bu kuchlarning teng ta’sir etuvchisi nolga teng bo‘lmaydi. Chunki ta’sir sferasining suyuqlik sirtidan chiqib turgan qismi suyuqlik bug‘ida bo‘lib, bug‘dagi molekulalar soni suyuqlikdagi molekulalar sonidan kam bo‘ladi. Ravshanki, M_2 va M_3 molekularga ta’sir qilayotgan kuchlarning teng ta’sir etuvchisi suyuqlik ichiga tomon yo‘nalgan bo‘ladi. Shunday qilib, qalinligi R bo‘lgan sirtga yaqin qatlamdagi har bir molekulaga suyuqlikning ichiga qarab yo‘nalgan kuch ta’sir qiladi. Suyuqlikning sirtqi qatlami butun suyuqlikka bosim beradi. Bu bosim qatlamning yuz birligida yotgan barcha molekulalarga ta’sir qiluvchi kuchlarning

yig‘indisiga teng. Bu bosim ichki yoki molekulyar bosim deb ataladi. Bu bosimning ta’sirida suyuqlikning molekulalari bir-biriga yaqinlashib qoladi, bu esa molekulalar orasida, sirt qatlam hosil qilgan siquvchi kuchlarni muvozanatlovchi itarishish kuchlarining vujudga kelishiga sabab bo‘ladi.

Molekula suyuqlikning ichkarisidan sirt qatlamiga o‘tganida sirt qatlamida ta’sir qiladigan kuchlarga qarshi ish bajarishi kerak. Bu ishni molekula o‘zining kinetik energiyasi hisobiga bajaradi va bu ish molekulaning potensial energiyasini oshirishga sarf bo‘ladi. Molekula sirt qatlamidan suyuqlikning ichkarisiga o‘tganda uning sirt qatlamida ega bo‘lgan potensial energiyasi molekulaning kinetik energiyasiga aylanadi. Shunday qilib, suyuqlikning sirt qatlami qo‘shimcha potensial energiyasiga ega bo‘ladi.

Har qanday moddani o‘z holiga (erkin) qo‘yib berilsa, u eng kichik potensial energiyasiga mos keladigan vaziyatni egallaydi. Bu uning muvozanat vaziyati bo‘ladi. Binobarin, o‘z holiga qo‘yib berilgan suyuqlik muvozanat holatini egallash uchun sirt qatlamini qisqartirishga harakat qiladi. Shuning uchun suyuqlik sirtini qisqarishga intiluvchi tarang tortilgan elastik pardaga o‘xshatish mumkin. Suyuqlik sirtini bunday tarang holatini sirt tarangligi deb ataladi. Suyuqlikning sirt qatlamida fikran λ uzunlikdagi doiraviy konturni ajrataylik (2b-rasm). Kontur bilan chegaralangan suyuqlik sirtining qisqarishga intilishi shunga olib keladiki, shu konturni hosil qiluvchi suyuqlik molekulalarini kontur ichidagi molekulalar tortadi. Tortish kuchlari suyuqlik sirtiga urinma va konturga tik bo‘ladi. Suyuqlik sirtini chegaralovchi konturga ta’sir qiluvchi tortishish kuchlarining yig‘indisi F sirt taranglik kuchi deyiladi. Bu kuch kontur bo‘ylab joylashgan molekulalarning soniga, molekulalar soni esa o‘z navbatida konturning λ uzunligiga mutanosib bo‘ladi:

$$F=\alpha l, \qquad (2)$$

bu yerda α - suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyenti.

Konturning uzunlik birligiga ta’sir etuvchi sirt taranglik kuchi sirt taranglik koeffitsiyenti deyiladi, ya’ni:

$$\alpha = \frac{F}{l}. \qquad (3)$$

Sirt taranglik koeffitsiyenti suyuqlikning tabiatiga va temperaturaga bog‘lik bo‘ladi. Temperatura ortishi bilan suyuqlikning molekulalari orasidagi o‘rtacha masofa ortgani uchun sirt taranglik koeffitsiyenti kamayadi.

Suyuqlikning temperaturasi kritik temperaturaga yaqinlashganda, sirt taranglik koeffitsiyenti nolga intiladi, chunki kritik nuqtada suyuq va gazsimon holatlar orasidagi farq yo‘qotadi.

Suyuqlik sirt pardasi yuzini ΔS qadar kattalashtirish uchun bajariladigan ishni aniqlaymiz. Buning uchun pardaning chegarasini F kuch yordamida ΔS kesma qadar o‘z –o‘ziga parallel ravishda siljitamiz (3 -rasm).

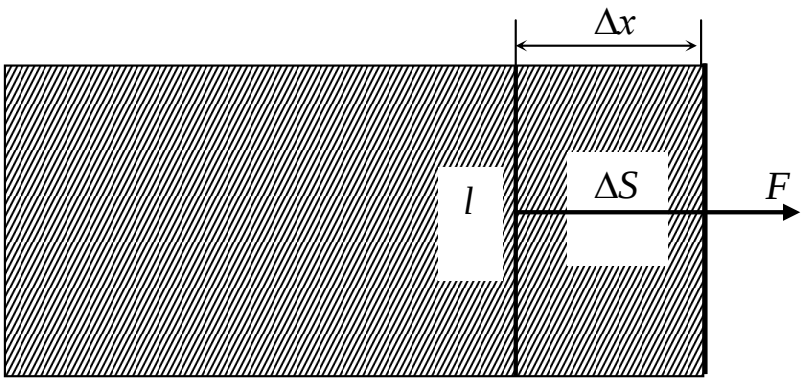
U holda bajarilgan ΔA ish quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\Delta A = F \cdot \Delta S. \qquad (4)$$

Lekin (2) asosan $F = \alpha l$, shuning uchun:

$$\Delta A = \alpha \cdot l \cdot \Delta S, \qquad (5)$$

bu yerda: $l\ \Delta S$ ko‘paytma parda yuzining ΔS kattalashishiga teng bo‘ladi,



3 - rasm

shuning uchun:

$$\Delta A = \alpha\ \Delta S. \qquad (6)$$

Bu ish parda energiyasining ΔW qadar oshishi uchun sarflanadi, shuning uchun:

$$\Delta W = \alpha\ \Delta S, \qquad (7)$$

yoki

$$\alpha = \frac{\Delta W}{\Delta S}. \qquad (8)$$

(3) va (8) ifodalardan ko‘rinadiki, SIda sirt taranglik koeffitsiyenti $\frac{N}{m}$ va $\frac{J}{m^2}$ hisobida o‘lchanadi.

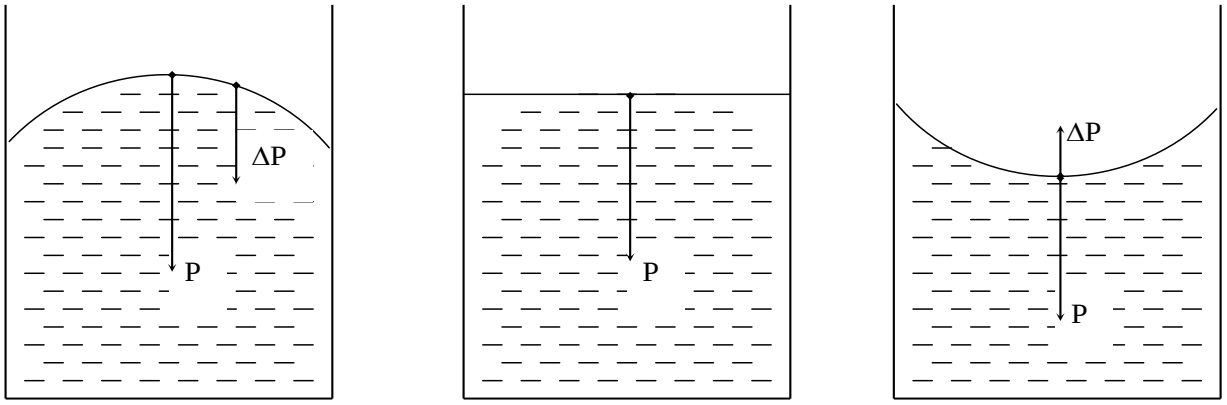
W energiya parda ichki energiyasining izotermik jarayonda ishga aylana oladigan qismdir. Energiyaning bu qismi termodinamikada erkin energiya deyiladi.

Sirt taranglik moddaning suyuq holati uchun harakterli bo‘lgan juda ko‘p hodisalarni tushuntiradi. Masalan, suyuqlik kichik teshikchadan oqib chiqayotganda tomchilarning hosil bo‘lishi, ko‘pikning hosil bo‘lishi, suv hovzalarida suvning sirtqi pardasida hasharotlar - «suv o‘lchagichlar» erkin chopib va sakrab yuradi. Ho‘l sochlarning, ho‘l qum donalarining va shunga o‘xshashlarning bir-biriga yopishishi ham suyuqlik pardalari, bu pardalarning minimal sirtga intilishi bilan bog‘liqdir.

Suyuqlikning sirt tarangligiga suyuqlik tarkibidagi aralashmalar katta ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Masalan, suvda eritilgan sovun suvning sirt taranglik koeffitsiyentini 0,075dan 0,045N/m ga kamaytirish mumkin. Suyuqlikning sirt tarangligini zaiflashtiruvchi modda sirtqi –aktiv modda deyiladi. Neft, spirt, efir, sovun va boshqa suyuq va qattiq moddalar suvga nisbatan sirtqi –aktiv moddalardir.

(7) formulaga qaytib shuni aytish mumkin: suyuqlik sirti erkin energiyasini ikki yo‘l bilan- birinchidan, suyuqlik sirtini qisqaritirish, ikkinchidan, sirtqi-aktiv moddalar yordamida sirt tarangligini zaiflashtirish yo‘li bilan kamaytirish mumkin.

Suyuqlikning egrilangan sirti ostida ichki bosimdan tashqari yana qo‘-shimcha bosim ham vujudga keladi. Bu qo‘shimcha bosim sirtni egriligiga bog‘-liq bo‘ladi. Uchta idishdagi suyuqlikni ko‘z oldimizga keltiraylik (4-rasm)



a) b) v)

4 rasm.

Bu idishlardan birida uning sirti qavariq shaklda (4a-rasm), ikkinchisida yassi (4b-rasm) va uchinchisida botiq shaklda bo‘lsin (4v-rasm). Suyuqlikning sirtqi qatlami tarang pardaga o‘xshagani uchun qavariq sirt qisqarib yassi shaklga kelishga intiladi va suyuqlikka ichki P bosim yo‘nalishida qo‘shimcha ΔP bosim beradi. Xuddi shunday sababga ko‘ra botiq sirt ostida ichki bosimga qarama-qarshi yo‘nalgan qo‘shimcha bosim vujudga keladi. Yassi sirt ostida qo‘shimcha bosim bo‘lmaydi.

Qo‘shimcha bosimning kattaligi suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyenti α va sirtning egrilik radiusi R ga bog‘liq.

Ixtiyoriy shakldagi suyuq egri sirt ostidagi qo‘shimcha bosim uchun aniq ifodani 1805 yilda fransuz matematigi va fizigi Laplas nazariy ravishda chiqardi:

$$\Delta P = \pm\alpha\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right). \qquad (9)$$

Bu ifoda Laplas formulasi deyiladi. Plyus ishora qavariq sirtga, minus ishora botiq sirtga mos keladi.

Suyuqlikning sirti sferik bo‘lgan holda $R_1 = R_2 = R$, qo‘shimcha bosim quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\Delta P = \pm\frac{2\alpha}{R}. \qquad (10)$$

Sirt silindrik bo‘lgan holda $R_1 = R$ va $R_2 = \infty$, qo‘shimcha bosim quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\Delta P = \pm \frac{\alpha}{R}. \qquad (11)$$

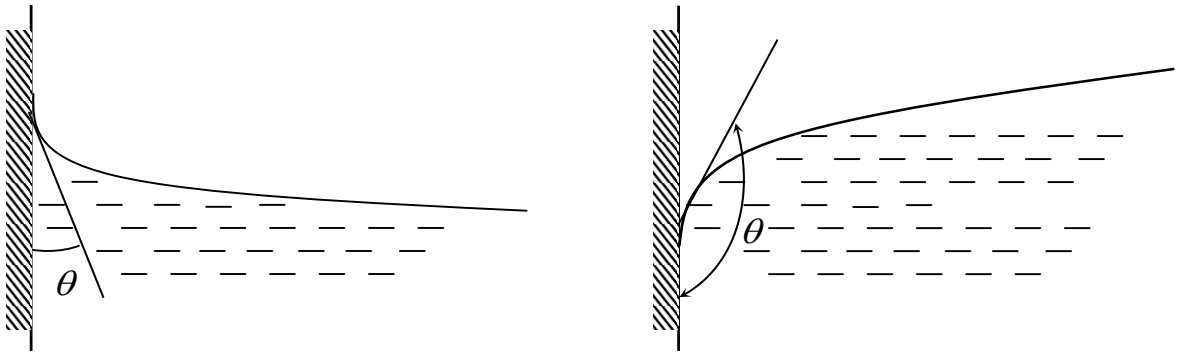
Nihoyat, sirt yassi bo‘lganda $R_1 = R_2 = \infty$, u paytda:

$$\Delta P = \pm \alpha \left(\frac{1}{\infty} + \frac{1}{\infty} \right) = 0 \qquad (12)$$

Qo‘shimcha bosim kapillyar hodisalar deb ataladigan hodisalarda katta rol o‘ynaydi.

Ayrim suyuqliklar qattiq jismni ho‘llasa, boshqalarni ho‘llamaydi. Idishga quyilgan suyuqlik molekulalari o‘zaro ta’sirlashishdan tashqari, suyuqlik bilan hamda idish (qattiq jism) molekulalari bilan ta’sirlashadi.

Agar qattiq jism molekulalari bilan suyuqlik molekulalarining tutinish kuchlari suyuqlik molekulalarining o‘zaro tutinish kuchlaridan katta bo‘lsa, bunday suyuqliklar qattiq jismni ho‘llovchi suyuqliklar deyiladi. Qattiq jism sirti bilan suyuqlik sirtiga o‘tkazilgan urinma orasidagi θ burchak chegaraviy burchak deyiladi. Ho‘llovchi suyuqliklarda bu burchak $\frac{\pi}{2}$ dan kichik bo‘ladi, ya’ni $\theta < \frac{\pi}{2}$ (5a - rasm). Idish devorlari yaqinida suyuqlik sirti egrilanadi - botiq egri sirtdan iborat bo‘ladi.



a) b)

5 rasm.

Agarda suyuqlik molekulalarining o‘zaro tortishish kuchlari qattiq jism molekulalari bilan suyuqlik molekulalari orasidagi tortishish kuchlaridan katta bo‘lsa, bunday suyuqliklar qattiq jismni ho‘llamovchi suyuqliklar deyiladi.

Ho‘llamovchi suyuqliklarda chegaraviy burchak $\theta > \frac{\pi}{2}$ bo‘ladi (5b-rasm). Idish devorlari yaqinida suyuqlik sirti qavariq egri sirtdan iborat bo‘ladi. Ho‘llovchi va ho‘llamovchi suyuqliklar tushunchalari nisbiydir. Masalan, simob ko‘pchilik moddalar uchun ho‘llamovchi, miss va platina uchun ho‘llovchidir yoki suv parafinni ho‘llamaydi, lekin toza shishani ho‘llaydi. Agar $\theta = 0$ bo‘lsa, mutlaq ho‘llovchi suyuqlik, $\theta = 180^0$ bo‘lsa, mutlaq xo‘llamovchi suyuqlik deyiladi. Ammo tabiatda bunday suyuqliklar deyarli yo‘qdir.

Ho‘llash hodisasi sanoatda va turmushda katta ahamiyatga ega. Moylash, kir yuvish, fotografiya materiallariga ishlov berish, laklash va boshqa ishlarda yaxshi ho‘llash juda zarur. Yog‘och, kun, rezina va boshqa materiallarni yelimlab yopishtirish ham ho‘llash hodisasining qo‘llanilishiga misol bo‘ladi. Kavsharlashning ham xo‘llashga aloqasi bor. Eritilgan kavshar (pripoy) metall buyumlarning sirtiga yaxshi yoyilishi va yopishishi uchun bu sirtlarni yog‘, chang va oksidlardan tozalash kerak. Qalayi kavshar bilan miss, jez va boshqa detallar yaxshi kavsharlanadi. Lekin bu kavshar (pripoy) alyuminiyni ho‘llamaydi. Alyuminiydan yasalgan buyumlarni kavsharlashda alyuminiy bilan kremniydan tayyorlangan pripoy ishlatiladi. Shunday qilib, suyuqlik ho‘llovchimi yoki ho‘llamovchimi, undan qat’i nazar, suyuqlik sirti egri (qavariq yoki botiq) bo‘lar ekan. Suyuqlikning egrilangan sirti menisk deyiladi. Agar suyuqlik qattiq jismni ho‘llansa u paytda meniks botiq bo‘ladi (5a-rasm). Agar suyuqlik qattiq jismni ho‘llanmasa u paytda menisk qavariq bo‘ladi. (5b-rasm).

Ichki diametri undagi suyuqlik meniskning egrilik radiusi bilan taqqoslansa bo‘ladigan naychalarga kapillyarlar deb ataladi.

Kapillyar hodisalar deb, suyuqliklarning ingichka naychalarida ko‘tarilish yoki pastga tushish xususiyatlarga aytiladi.

Kapillyardagi suyuqlik muvozanatda bo‘lganda, ya’ni gidrostatik bosim qo‘shimcha bosimga teng bo‘lgan holati, suyuqlikni muvozanati deyiladi, ya’ni

$$\rho g h = \frac{2\alpha}{R}, \qquad (13)$$

bu yerda: $P = \rho g h$ - suyuqlik ustunini gidrostatik bosimi;

$\Delta P = \frac{2\alpha}{R}$ - suyuqlikni egrilangan sirti ostidagi qo‘shimcha bosimi.

(13) formuladan kapillyarda suyuqlikning ko‘tarilish balandligi quyidagiga teng bo‘lar ekan:

$$h = \frac{2\alpha}{\rho g R}, \qquad (14)$$

bu yerda ρ - suyuqlikning zichligi; R - suyuqlik sirtining egrilik radiusi.

Agar r kapillyar radiusi bilan R sferik sirt radiusi orasidagi bog‘lanishni, ya’ni $r = R \cdot \cos\theta$ nazarga olsak, u paytda (14) formula quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$h = \frac{2\alpha}{\rho g R}\cos\theta. \qquad (15)$$

(15) munosabatni Jyuren formulasi deyiladi.

Kapillyar hodisalar tabiatda va texnikada katta rol o‘ynaydi. Masalan, kapillyarlik asosida yerdagi suyuqlik – ozuqa moddalar o‘simlikning tanasi bo‘yicha tarqaladi. Tuproq kapillyarlari bo‘ylab suv tuproqning chuqur qatlamlaridan yuza qatlamlariga ko‘tariladi, bug‘lanish hosil bo‘ladi. Tez bug‘lanishning oldini olish uchun yer haydalib, boronalanadi, kapillyar naychalar buziladi, shu bilan tuproqda namni saqlab qolishga erishiladi.

Yerdagi namlik imorat devorlari bo‘yicha ko‘tarilganligini ko‘pchilik kuzatgan. Binolarning g‘ishtlari orasidagi kapillyarlar orqali (gidroizolyatsiya bo‘lmaganda) tuproqdagi suv ko‘tariladi. Bu hodisaning sababi ham kapillyarlikdir. Piliklarning yoqilg‘ini, gigroskopik paxtaning suvni shimishi va boshqalar ham kapillyarlikka asoslangan.

Qon tomirlari kapillyar vazifasini o‘tab, qon aylanishi bilan bog‘liq bo‘lgan jarayonlar ham kapillyarlik asosida bo‘ladi.

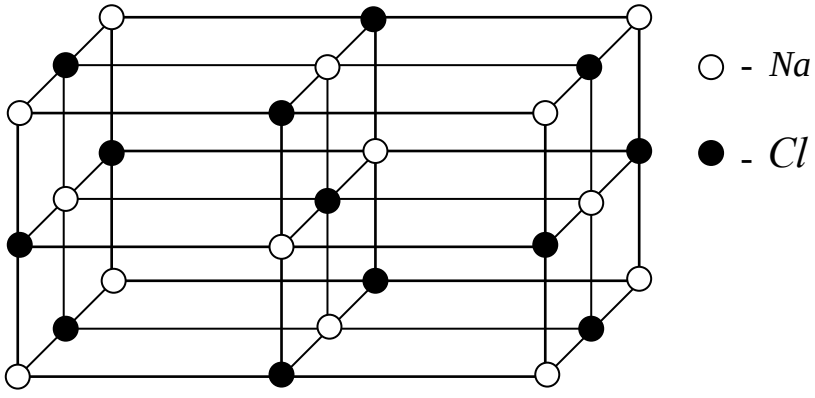
Texnikada flotatsiya deb ataladigan jarayon ho‘llash va ho‘llamaslik hodisalariga asoslangandir. Flotatsiya jarayoni yordamida ruda «bo‘sh» , ya’ni tog‘ jinslardan ajratiladi. Metall sirtlarinini korroziyadan himoya qilishda ularni moylanishi suvni moy sirtlarini ho‘llamasligiga asoslangan. Suv ho‘llamaydigan gazlamalardan amaliyotda kiyimlarni ishlab chiqarishi (plash, kurtka, palto, oyoq

kiyimlar va hokazolar). Turmush sovitkichlarda sovuq agentini drosselanishi uchun kapillyar naychalardan foydalanadilar.

Qattiq jismlar ma’lum shaklga va hajmga ega bo‘lishlari bilan harakterlanadi. Qattiq jismlar bir-biridan ichki tuzilishi jihatidan batamom farq qiluvchi kristall va amorf jismlar ko‘rinishida uchraydi. Lekin hozirgi zamon fizikasida qattiq jism deganda kristall jismlar nazarda tutiladi, amorf jismlar o‘ta qovushqoq suyuqlik sifatida qaraladi.

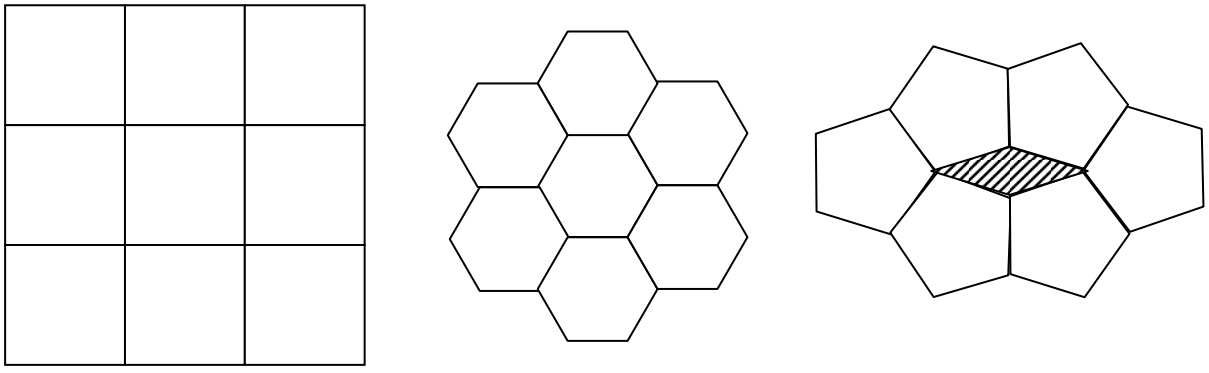
Qattiq jismlar asosan kristall holatda bo‘ladi. Kristall jismlarda atom yoki molekulalar bir-biriga nisbatan ma’lum bir tartibli vaziyat egallab joylashadi. Buning oqibatida kristallning tashqi ko‘rinishi ma’lum geometrik shaklga ega bo‘ladi.

Agar kristall tarkib topgan zarralarni bir-biriga to‘g‘ri chiziq bilan tutashtirsak, fazoviy yoki kristall panjara deb ataladigan panjara hosil bo‘ladi. Kristallning ayrim zarralari panjarani hosil qilgan chiziqlarning kesishgan nuqtalarida – panjara tugunlarida joylashgan bo‘ladi. Bu zarralar musbat va manfiy ionlar, netral atom va molekulalar bo‘lishi mumkin. Masalan, osh tuzi kristall panjaralarining tugunlarida musbat natriy (Na) va manfiy (Cl) ionlari (1-rasm), metall kristallar (Cu,Fe,Al va hakozo) ning panjara tugunlarida metall atomlarining musbat ionlari, olmos, germaniy, kremniy kabi kristallarning panjara tugunlarida neytral atomlar joylashgan bo‘ladi.



6-rasm.

Kristall panjaralarning shakllari turli-tuman bo‘lishi mumkin, lekin ixtiyoriy bo‘lmaydi. Panjarani hosil qilgan elementar yacheykalar bir-biriga zich, hech qanday oraliqsiz joylashishi kerak, bu panjara potensial energiyasining minimum bo‘lishiga to‘g‘ri keladi. Masalan, kubchalar shaklidagi yoki olti yoqli prizmalar shaklidagi yacheykalarni talab qilingandek joylashtirish mumkin (2- a va b- rasm), biroq besh yoqli prizmalar shaklidagi yacheykalarni bunday joylashtirib bo‘lmaydi (2 v –rasm).



a) b) v)

7-rasm.

1890 yilda Ye.S.Fyodorov kristall panjaralarning yacheykalari zich joylashtirish mumkin bo‘lgan barcha shakllarini nazariy hisoblab chiqdi va tabiatda faqat 230 xil kristall panjaralar bo‘lishi mumkin ekanligini aniqladi, bu kristall panjaralar 32 simmetrik sinfni hosil qilar ekan. Kristallarni rentgen nurlari yordamida tekshirishga doir olib borilgan tajribalar kristallar simmetrik joylashib kristall panjaralar hosil qilgan zarralar (atomlar, molekulalar yoki ionlar) dan iborat ekanligini tasdiqladi. Shu bilan birga, ko‘p miqdorli tabiiy va sun’iy kristallarni rentgen strukturaviy tahlil qilish natijasida tabiatda kristall panjaralarning faqat 230 turli ko‘rinishi bor ekanligi aniqlandi, bu Ye.S.Fyodorovning nazariy hisoblariga to‘la muvofiq keladi.

Kristallning eng asosiy xossalaridan biri shundan iboratki, uning fizik xossalari unda tanlab olingan yo‘nalishga bog‘liq, ya’ni kristallning xossalarini

harakterlovchi mexanik mustahkamlik, elektr o‘tkazuvchanlik, nur sindirish ko‘rsatkichlari kabi kattaliklar kristall ichida olingan turli yo‘nalishlarda turlicha qiymatga ega bo‘ladi.

Moddalarning fizik xossalarining (mexanik, issiqlik, elektrik, optik va h.k.) turli yo‘nalishlarda turlicha bo‘lishi anizotropiya deb ataladi. Masalan, kristall jismning issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti turli yo‘nalishlar uchun turlicha bo‘ladi; turli yo‘nalishlarda kristallarning boshqa xossalari ham turlichadir. Anizotropiya panjara zarralarining turli yo‘nalishlarda turlicha zichlikda joylashganligi bilan tushuntiriladi. Kristall jismlarning hammasi anizotrop jismlardir. Ular aniq erish temperaturasiga ega bo‘ladi.

Tabiatda kristall holat juda ko‘p tarqalgan. Ko‘pchilik qattiq jismlar (minerallar, metallar, o‘simlik tolalari, oqsil moddalar, rezina va hokazo) kristallardir. Biroq hamma jismlarda ham yuqorida ko‘rilgan kristall xossalari ko‘zga yaqqol tashlanavermaydi. Bu jihatdan jismlar ikki guruhga: monokristall jismlar va polikristall jismlarga bo‘linadi. Barcha zarralari bir umumiy fazoviy (kristall) panjaraga joylashadigan jism monokristalldir. Monokristall anizotrop bo‘ladi. Ko‘pchilik minerallar monokristall bo‘ladi. Polikristall bir-biriga nisbatan tartibsiz joylashgan ko‘plab mayda monokristallchalardan tuzilgan jismdir. Shuning uchun polikristallar izotrop, ya’ni barcha yo‘nalishlar bo‘yicha bir xil fizik xossalarga ega bo‘ladi. Metallar polikristall jismlarga misol bo‘la oladi. Biroq metallni monokristall ko‘rinishda ham hosil qilish mumkin, buning uchun erigan metallni sekin sovitish yo‘li bilan metall monokristallini hosil qilish mumkin.

Kristall panjaraning qanday zarralardan tuzilganligiga qarab panjaralar to‘rtta asosiy guruhga bo‘lingan: ionli, atomli, molekulyar va metall panjara.

Ion panjara turli ishorali zaryadlangan ionlardan tuzilgan bo‘lib, panjarada ionlarni elektr kuchlari tutib turadi. Ko‘pchilik kristallar ion panjaralidir.

Atom panjara panjara tugunlarida kimyoviy (valentli) bog‘lanishlar bilan tutib turiladigan neytral atomlardan tuzilgan. Masalan, grafit kristali atom panjaralidir.

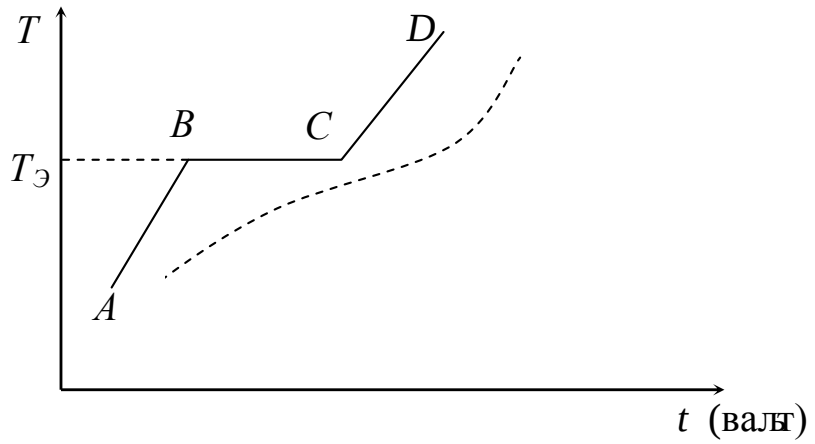
Molekulyar panjara – qutbiy (dipol) molekulalaridan tuzilgan bo‘lib, bu molekulalar ham tugunlarda elektr kuchlar bilan tutib turiladi. Biroq qutbiy molekulalarga bu kuchlar ionlarga ta’sir qilganidan kamroq ta’sir qiladi. Shuning uchun molekulyar panjarali moddalar oson deformatsiyalanadi. Ko‘pchilik organik birikmalar (rezina, sellyuloza, parafin va shunga o‘xshash) molekulyar kristall panjarali tuzilgan bo‘ladi.

Metall panjara – erkin elektronlar bilan o‘ralgan metallning musbat ionlaridan tuzilgan. Metall panjaraning ionlarini ana shu elektronlar tutib turadi. Metallar shunday panjarali bo‘ladi. Hozirgi zamon fizikasi kristall jismlarnigina qattiq jism deb hisoblaydi.

Amorf jismlar kristall strukturaga ega bo‘lmaydi, ular o‘zlarining ichki tuzilishlari bo‘yicha suyuqlikka yaqin bo‘lib, suyuqlikdan faqat molekulalar tortishish kuchlarining katta bo‘lishi bilan farq qiladi. Amorf jismlar ularning aniq erish temperaturasiga ega bo‘lmasligi, isitilganda qovushqoqlikning kamayishi natijasida suyuq holatga asta-sekin yumshashish orqali o‘tishi bilan ham kristall jismdan farq qiladi. Shularga asosan, amorf jismni o‘ta sovutilgan suyuqlik deb hisoblash ham mumkin. Amorf jismlarga: shisha, beton, plastmassa, mum, smola, polimerlar va boshqalar kiradi.

Amorf jismlar har doim izotrop xossaga ega bo‘ladi: ularning fizik xossalari hamma yo‘nalishlar bo‘yicha bir xil bo‘ladi. Past temperaturalarda amorf jismlarning xossalari qattiq jismlarnikiga o‘xshab ketadi. Bu holda ular deyarli oqmaydi. Lekin temperatura ortgan sari amorf jismlar asta-sekin yumshab, ularning xossalari suyuqliklarning xossalariga yaqinlasha boradi.

Agar biror amorf jism, masalan, mumni asta-sekin isitib, temperaturaning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini tekshirsak, 3-rasmda shtrixlab tasvirlangan egri chiziqni hosil qilamiz.



8-rasm.

Bu grafikdan ko‘rinadiki, amorf jismning suyuq holatga o‘tishida aniq temperaturasi yo‘q. Ammo yumshashish vaqtida temperaturaning o‘sish tezligi ortadi. Amorf jismlar sovitilganda ham asta-sekin oquvchanligini yo‘qotib, qattiq holatga o‘tadi.

Bir jinsli va xossalari bir xil bo‘lgan moda holati uning fazasi deyiladi. Jism qattiq, suyuq va gazsimon fazalarda bo‘lishi mumkin. Moddaning bir fazadan (holatdan) ikkinchi fazaga (holatga) o‘tishi fazaviy o‘tish deyiladi. Masalan, qattiq jismning erishi va suyuq jismning qotishi, suyuqlikning bug‘lanishi va bug‘ning kondensatsiyalanishi fazaviy o‘tishga misol bo‘ladi. Jismning bir fazadan ikkinchisiga o‘tishi aniq bir temperaturada sodir bo‘ladi.

Jismning qattiq fazadan suyuq fazaga o‘tishi erish deyiladi. Kristall jismlar tashqi bosim o‘zgarmaganda tayinli bir temperaturada eriydi. Mazkur kristall erigan temperatura shu kristallning erish temperaturasi deyiladi. Kristall jism batamom erib tugamaguncha temperatura o‘zgarmaydi.

Biror kristall jismga vaqt birligi ichida bir xil issiqlik miqdori berilib borilganda uning suyuq fazaga o‘tish jarayoni grafik ravishda $ABCD$ siniq chiziq tarzida ifodalanadi (3-rasm).

Jismga issiqlik miqdori bera boshlasak, erish temperaturasiga yetguncha uning temperaturasi oshib boradi (AB kesma), issiqlik berishni davom ettirsak, batamom erib tugamaguncha uning temperaturasi o‘zgarmaydi (BC kesma),

navbatdagi berilgan issiqlik miqdori suyuq fazadagi jismning temperaturasini ko‘tarishga sarflanadi (CD kesma). Masalan, biror suvli idishga muz solib issiq xonaga olib kirib qo‘ysak, suv ichidagi muz batamom erib tugamaguncha sistemaning temperaturasi o‘zgarmaydi. Bunda tashqaridan berilgan issiqlik miqdori muzni eritish uchun sarflanadi.

Kristall jismlarning erish vaqtidagi sarflangan issiqlik miqdori kristall panjaraning buzilishiga sarf bo‘ladi. Kristall jismlar qaysi temperaturada erisa, shu temperaturada qotadi.

Erish temperaturasidagi kristall moddaning birlik massasini eritish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdori solishtirma erish issiqligi deyiladi va u quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{Q}{m}, \qquad (1)$$

bu yerda Q - erish temperaturasida olingan m massali kristall jismni eritish uchun sarflangan issiqlik miqdori

Q - erish issiqligi, λ - solishtirma erish issiqligi.

SI sistemasida $[\lambda] = 1\frac{Ж}{кг}$ hisobida o‘lchanadi.

Solishtirma erish issiqligining kattaligi kristallarning xossalariga va tashqi bosimga bog‘liq.

Jismlar eriganda tashqaridan issiqlik miqdori olsa, kristallanishda tashqariga issiqlik miqdori chiqaradi. Kristallanishda chiqarilgan issiqlik miqdori erish issiqligiga teng.

Erish temperaturasi tashqi bosimga bog‘liq. Normal atmosfera bosimida moddaning erish temperaturasi shu moddaning erish nuqtasi deyiladi. Erish vaqtida hajmi kattalashadigan moddalarning erish temperaturasi tashqi bosim ortishi bilan ortadi. Erish vaqtida hajmi kichrayadigan ba’zi moddalarning, jumladan, muz, vismut, cho‘yan kabi moddalarning erish temperaturasi tashqi bosim ortishi bilan pasayadi. Bunday moddalarning eriganda siqilishining sababi, ularning kristall panjaralarida bo‘shliqning ko‘pligidadir. Ular eriganda bo‘shliqlar shu moddaning molekulalari bilan to‘ladi va natijada zichlik ortadi.

Ikki yoki bir necha qattiq jismlardan iborat aralashmalar qotishmalar deb ataladi. Qotishmalar ajoyib xossaga ega. Ularning erish nuqtasi qotishma tarkibidagi eng oson eruvchi moddaning erish temperaturasidan ham hamma vaqt past bo‘ladi. Masalan, qalay va qo‘rg‘oshindan iborat qotishmani ko‘raylik. Bu qotishma $442\,K$ da eriydi, holbuki qo‘rg‘oshinning erish temperaturasi $600\,K$, qalayning erish temperaturasi esa $505\,K$.

Oson eruvchan qotishmalar texnikada keng qo‘llaniladi. Masalan, bosmaxona ishlarida stereotiplar tayyorlashda, saqlagich tiqinlarini tayyorlashda va shu singari joylarda ishlatiladi. Qotishmalarning sof metallar ega bo‘lmagan boshqa muhim xossalari ham bor. Masalan, ularning elastikligi, qattiqligi, qovushqoqligi, mustahkamligi katta bo‘ladi.

Qattiq jismning temperaturasi ko‘tarilganda uning zarralarining issiqlik harakati zo‘rayadi va ular orasidagi o‘rtacha masofa ortadi. Shuning uchun qattiq jism qiziganda kengayadi. Tajribaning ko‘rsatishicha, jismning Δl uzayishi uning temperaturasi o‘zgarishiga proporsional bo‘ladi:

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta t^{\circ}, \qquad (2)$$

bu yerda l_0 - jismning t_0° temperaturadgi uzunligi; α - qattiq jismning chiziqli kengayish koeffitsiyenti; $\Delta t^{\circ} = t^{\circ} - t_0^{\circ}$ - temperaturaning o‘zgarishi.

$t_0^{\circ} = 0^{\circ}C$ deb olib va $\Delta l = l - l_0$, (2) formuladan quyidagini olamiz:

$$l = l_0(1 + \alpha t^{\circ}). \qquad (3)$$

(3) formuladan α ni topamiz:

$$\alpha = \frac{l - l_0}{l_0 t^{\circ}}. \qquad (4)$$

(4) formuladan chiziqli kengayish koeffitsiyenti jismning bir gradus qizigandagi nisbiy uzayishiga teng degan xulosa kelib chiqadi. Qattiq jismlar uchun α chiziqli kengayish koeffitsiyenti $10^{-5} - 10^{-6}$ grad^{-1} bo‘ladi.

Chiziqli kengayish natijasida jismning hajmi ham ortadi. Qirralarining uzunligi l_0 bo‘lgan kub shaklidagi jismni ko‘z oldimizga keltiraylik. Uning

dastlabki hajmi $V_0 = l_0^3$ ga teng bo‘ladi. U holda t^o temperaturadagi hajm quyidagiga teng bo‘ladi:

$$V = l^3 \qquad \text{yoki} \quad V = l_0^3(1+\alpha t)^3 = V_0(1+\alpha t)^3. \tag{5}$$

(5) ifodadagi $(1+\alpha t)$ binomni kubga oshirib, α^2 hamda α^3 qatnashgan hadlarni e’tiborga olmasak, ya’ni:

$$V = V_0(1+3\alpha t + 3\alpha^2 t^2 + \alpha^3 t^3), \tag{6}$$

u paytda

$$V = V_0(1+3\alpha t^o) \tag{7}$$

bo‘ladi. 3α ni β orqali belgilasak, ya’ni $3\alpha = \beta$:

$$V = V_0(1+\beta t^o). \tag{8}$$

(7) formuladagi kattalik β qattiq jismning issiqlikdan hajmiy kengayish koeffitsiyenti deyiladi. Yuqorida keltirilgan hisoblash, ya’ni $3\alpha = \beta$, hajmiy kengayish koeffitsiyentning chiziqli kengayish koeffitsiyentidan taxminan uch marta katta ekanligini ko‘rsatadi.

Agar qattiq jism issiqlikdan erkin kengaya olmaydigan bo‘lsa, qizdirish natijasida bunday jismda katta mexanik kuchlanishlar vujudga keladi. Qurilish texnikasida qizish orqasida manna shunday kuchlanishlarning vujudga kelishi mumkinligini hisobga olish kerak bo‘ladi. Bu kuchlanishlardan saqlanish uchun temir yo‘llarning relslari bir-biridan bir oz qochirib ulanadi, ko‘priklar va boshqa inshootlarning uchlari taqab biriktirilmaydi, ular g‘altaklar ustiga o‘rnatiladi va hokazo.

Turli materiallar ulanganda Yana ularning kengayish koeffitsiyentlarining qiymatlari turlicha bo‘lishligi natijasida vujudga keladigan kuchlanishlarni ham hisobga olish zarur.

Jismning zichligi $\rho = \frac{m}{V}$ bo‘lgani uchun, (8) formulaga muvofiq

$$\rho = \frac{\rho_0}{1+\beta t^o}, \tag{9}$$

bu yerda $\rho_0 = \frac{m}{V_0}$ jismning $t^\circ = 0^\circ C$ temperaturadagi zichligi. Shunday qilib, jismning zichligi uning temperaturasi ortishi bilan kamayadi.

(3), (8) va (9) formulalar suyuq jismlar uchun ham to‘g‘ri bo‘ladi, faqat suyuqliklarda hajmiy kengayish koeffitsiyenti qattiq jismlarnikidan kattaroq bo‘ladi: uning qiymati $10^{-3} - 10^{-4}$ grad^{-1} tartibida.

Temperatura ko‘tarilishi bilan zichlikning kamayishi tufayli pastidan qizdirilayotgan suyuqlikda (gazda) konveksiya yuzaga keladi. Suyuqlikning (gazning) zichligi kamroq bo‘lgan pastki qatlamlari yuqoriga ko‘tarila boshlaydi, yuqori qatlamlari pastga tushadi, bu bilan hajmning isishi ancha tezlashadi. Konveksiya atmosfera va suv havzalarida issiqlik almashinishida muhim rol o‘ynaydi.

Qattiq jismning zarrasi muvozanat vaziyati yaqinida tebrangani uchun uning energiyasi issiqlik harakatining kinetik energiyasi va muvozanatidan siljish potensial energiyasining yig‘indisiga teng bo‘ladi. O‘rtacha olganda yetarlicha yuqori temperaturalarda bu energiyalarni bir-biriga teng deb olish mumkin.

Shuning uchun bir zarraning to‘liq energiyasi o‘rtacha quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\overline{W} = W_k + W_n = 2\overline{W_k}. \qquad (10)$$

Ma’lumki,

$$\overline{W_k} = \frac{i}{2}kT. \qquad (11)$$

Shuning uchun

$$\overline{W} = ikT, \qquad (12)$$

bu yerda k - Bolsman doimiysi;

T - absolyut temperatura;

i - zarraning erkinlik darajalari soni.

Zarra ixtiyoriy yo‘nalishda tebranishi mumkin bo‘lgani uchun uning erkinlik darajalari soni uchga teng bo‘ladi. U holda

$$W = 3kT. \qquad (13)$$

Bir mol qattiq jismning ichki energiyasini topish uchun bir zarraning o‘rtacha energiyasini bir molda bo‘lgan erkin tebranuvchi zarralar soniga ko‘paytirish kerak. Ximiyaviy sodda qattiq kristall jismlarning bir molidagi erkin tebranuvchi zarralar soni Avogadro soni bilan birday bo‘ladi, shuning uchun

$$U = \overline{W} \cdot N = 3NkT = 3RT\,, \qquad (14)$$

bunda R - universal gaz doimiysi.

Ximiyaviy sodda kristall qattiq jismning atom issiqlik sig‘imi, son jihatdan, temperatura bir gradusga ko‘tarilgandagi ichki energiyaning o‘sishiga teng bo‘ladi, ya’ni

$$C = \frac{dU}{dT} = \frac{d(3RT)}{dT} = 3R\,. \qquad (15)$$

Gaz doimiysi $R \cong 2$ kal/grad·mol bo‘lgani uchun,

$C \cong 6$ kal/grad·mol. (16)

Binobarin, barcha ximiyaviy jihatdan oddiy bo‘lgan kristall qattiq jismlarning atom issiqlik sig‘imi yetarlicha yuqori temperaturada 6kal/grad·mol ga tengdir.

Bu xulosa molekulyar-kinetik nazariya asosida 1819 yilda Dyulong va Pti tomonidan tajriba yo‘li bilan chiqarilgan edi. U Dyulong va Pti qonuni nomini olgan.

Shuni nazarda tutish kerakki, (16) formuladan kelib chiqadigan issiqlik sig‘imining temperaturaga bog‘liq emasligi faqat yetarlicha yuqori temperaturalar uchun o‘rinlidir. Past temperaturada issiqlik sig‘imi temperaturaga bog‘liq, temperatura pasayganda issiqlik sig‘imi kamayib, nolga intiluvchi absolyut temperaturada qattiq jismlarning issiqlik sig‘imi nolga intiladi. Qattiq jism issiqlik sig‘imining juda past temperaturalardagi o‘zgarishlari faqat kvant mexanikasi asosidagina tushuntirilishi mumkin.

Qattiq jismlarda issiqlik o‘tkazish jarayoni gazlar uchun chiqarilgan Fure qonunining o‘zi bilan ifodalanadi:

$$\Delta Q = -\chi \frac{\Delta T}{\Delta x} \cdot \Delta S \cdot \Delta t\,, \qquad (17)$$

bu yerda χ - issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti;

$\frac{\Delta T}{\Delta x}$ - temperatura gradiyenti;

ΔS - issiqlik o‘tkazilayotgan yuza;

Δt - ko‘chishning davom etish vaqti.

Biroq suyuq va qattiq jismlarning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti gazlarnikidan ancha katta. Metallarda χ ning qiymati ayniqsa katta bo‘ladi. Gazlarda issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti 10^{-3}, suyuqliklar va metallmas qattiq jismlarda 10^{-1}, metallarda 10^{1} J/(m·s·grad).

Qattiq jismlarda issiqlik o‘tkazuvchanlik jismni tashkil qilgan tebranuvchi zarralarning o‘zaro ta’siri tufayli ro‘y beradi. Bundan tashqari, metallarda ularning ichida harakatlanadigan erkin elektronlar bo‘ladi, shu tufayli issiqlik o‘tkazuvchanlik ancha ortadi, erkin elektronlar o‘zlarining kinetik energiyalarini yuqori temperaturali sohalardan past temperaturali sohalarga bevosita o‘tkazadilar. Issiqlik o‘tkazuvchanlik jarayonida erkin elektronlarning roli muhim ekanligi quyidagi dalillar bilan tasdiqlanadi – metallarning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti ularning elektr o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentiga taxminan proporsionaldir.

Qattiq jismning issiqlik o‘tkazuvchanligi uning strukturasiga juda ham bog‘liq bo‘ladi: g‘ovak jismlarning issiqlik o‘tkazuvchanlikligi juda kam bo‘ladi, chunki g‘ovaklarni to‘ldirgan gazning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti ancha kichik bo‘ladi.

Har qanday qattiq jism tashqi kuchlarr ta’sirida deformatsiyalanadi, ya’ni o‘z shaklini o‘zgartiradi. Kuchlarning ta’siri to‘xtashi bilan yo‘qolib ketadigan deformatsiya elastik deformatsiya deb ataladi. Masalan, elastik cho‘zilgan prujina, cho‘zuvchi kuchning ta’siri to‘xtashi bilan o‘zining dastlabki uzunligiga qaytadi. Kuchning ishorasi o‘zgarishi Bilan elastik deformatsiyaning ishorasi ham o‘zgaradi. Masalan, cho‘zuvchi kuch ta’sirida uzayuvchi prujina siquvchi kuch ta’sirida qisqaradi.

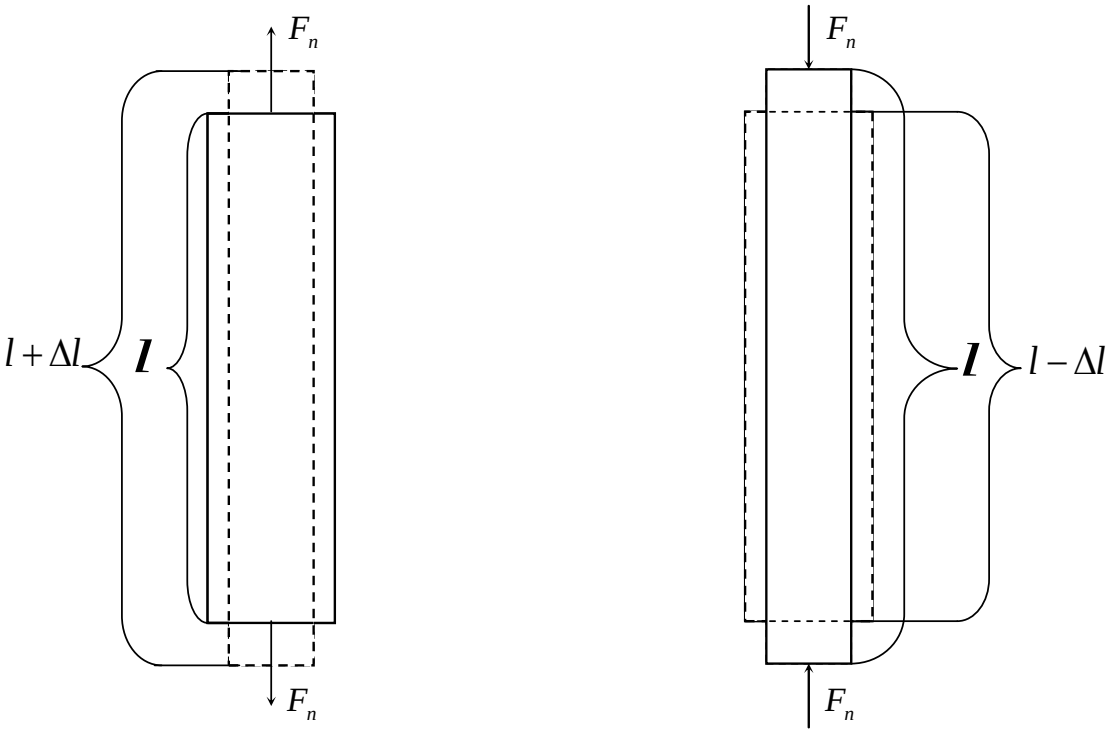
Guk kashf qilgan qonunga ko‘ra, deformatsiyaning Δx kattaligi ta’sir qiluvchi F kuchga proporsionaldir:

$$\Delta x = kF \qquad (18)$$

bunda - «k» berilgan qattiq jismning kuzatilayotgan tur deformatsiyasi uchun o‘zgarmas kattalikdir.

Eng sodda deformatsiyalardan birini, ya’ni bo‘ylama cho‘zilish yoki bir tomonlama siqilishni ko‘raylik. Uzunligi l ga, ko‘ndalang kesimining yuzi S ga teng bo‘lgan bir jinsli sterjenni ko‘z oldimizga keltiraylik. Bu sterjenning uchlariga F_n kuchlar ta’sir qilsa, sterjenning uzunligi Δl miqdorga o‘zgaradi.

Cho‘zuvchi kuchlarni musbat deb hisoblaymiz, bu holda Δl ham musbat bo‘ladi (4 - a rasm), ya’ni sterjen uzayadi. Siquvchan kuchlarni manfiy deb hisoblaymiz, bu holda Δl ham manfiy bo‘ladi (4 – b rasm), ya’ni sterjen bir tomonlama siquvchi kuchlar ta’sirida bo‘lsa, uning l uzunligi kamayadi.



a) b)

9-rasm.

Deformatsiyani harakterlash uchun sterjen uzayishi Δl ning absolyut qiymati muhim emas, buning uchun nisbiy uzayish $\Delta l / l$ bilan harakterlash kerak.

Har xil S ko‘ndalang kesimli sterjenlar uchun bir xil kuch ta’sirida vujudga kelgan $\Delta l/l$ nisbiy deformatsiya sterjen qancha yo‘g‘on bo‘lsa, ya’ni S qancha katta bo‘lsa, shuncha kichik bo‘ladi. Bundan, elastik cho‘zilish (siqilish) deformatsiyasida uzunlikning $\Delta l/l$ nisbiy o‘zgarishi F_n/S kattalikka, ya’ni sterjen ko‘ndalang kesimining birlik yuziga to‘g‘ri keladigan kuchga proporsional bo‘lishi kerak, degan xulosani chiqaramiz. Bu $\frac{F_n}{S} = P_n$ kattalik kuchlanish deb ataladi.

Oqibatda quyidagi tenglikka ega bo‘lamiz:

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha \frac{F_n}{S} \qquad (19)$$

yoki

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha P_n, \qquad (20)$$

bu yerda α - elastiklik koeffitsiyenti.

Bu koeffitsiyent faqat sterjenning qanday materialdan yasalgan bo‘lishiga bog‘liq bo‘ladi.

Materialni harakterlash uchun elastiklik koeffitsiyenti bilan bir qatorda unga teskari bo‘lgan kattalikdan foydalanishga ham odatlanilgan, uni elastiklik moduli yoki Yung moduli deyiladi, ya’ni

$$E = \frac{1}{\alpha}. \qquad (21)$$

Yung moduli E ni (20) tenglikdagi α o‘rniga qo‘yib, quyidagi formulani olamiz:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{E} \cdot P_n. \qquad (22)$$

(20) va (22) formulalardan

$$\alpha = \frac{\Delta l/l}{P_n}, \qquad E = \frac{P_n}{\Delta l/l}. \qquad (23)$$

(23) dan ko‘rinadiki, elastiklik koeffitsiyenti α son jihatdan bir birlik kuchlanish ta’sirida uzunlikning $\Delta l/l$ nisbiy uzayishiga teng. Yung moduli E son jihatdan birga teng bo‘lgan nisbiy uzayishni hosil qiladigan P_n kuchlanishga teng.

Har qanday qattiq jism faqat ma’lum chegaragacha Guk qonuniga bo‘ysunadigan deformatsiyalarni bera oladi.

Elastik deformatsiyada tashqi kuchning ta’siri to‘xtashi bilan deformatsiya butunlay yo‘qoladi, ya’ni jism dastlabki o‘lchamlariga (dastlabki shakliga) qaytadi. Ammo kuchlanish elastiklik chegarasi deb ataluvchi P_e qiymatdan ortiq bo‘lganda, boshqa tur deformatsiya – plastik deformatsiya vujudga keladi, bu deformatsiya kuchning ta’siri to‘xtagandan so‘ng ham butunlay yo‘qolib ketmaydi.

Katta plastik deformatsiyalanuvchi jismlar plastik jismlar deyiladi. Masalan, rux, qo‘rg‘oshin, temir plastik jismlardir. Plastiklik deformatsiyasi kichik bo‘lgan yoki mutlaqo plastik deformatsiyalanmaydigan jismlar mo‘rt jismlar deyiladi. Mo‘rt jismlarga, masalan, cho‘yan, toblangan po‘lat, chini misol bo‘la oladi. Biroq shuni qayd qilish kerakki, jismlarni plastik jismlarga va mo‘rt jismlarga ajratish nisbiy harakterga egadir: Ayni bir jismning o‘zi yuqori temperatura va asta-sekin qilinayotgan deformatsiyada plastik bo‘lsa, past temperatura va tez deformatsiyalanishda mo‘rt bo‘lishi mumkin.

Keyingi vaqtlarda texnikada organik amorf moddalar keng tarqaldi, ularning ayrim molekulalari ximiyaviy bog‘lanishlar tufayli bir-biri bilan uzun zanjirlar hosil qilib birlashishi (polimerlanishi) mumkin. Ba’zi hollarda bunday zanjirlar ko‘p minglab alohida molekulalardan iborat bo‘ladi. Bunday moddalar polimerlar deyiladi.

Polimerlarning tipik vakili plastmassalardir. Yuksak elastiklik va mustahkamlik polimerlarning juda muhim xossasi hisoblanadi.

Hozirgi vaqtda tabiiy va sun’iy organik birikmalardan oldindan istalgan turli-tuman xossali polimerlar yaratilmoqda.

Yuqori texnologiyalarning rivojlanishi xususiyatlarini, turli xil fizik jarayonlarni boshqarish uchun mumkin bo‘lgan yangi materiallar va moddalarni olish bilan bog‘liqdir. Ulardan biri suyuq kristallar bo‘lib, u XIX asrning oxirida Avstriya fizigi F.Reynitser tomonidan kashf etilgan bo‘lsa ham uzoq vaqt o‘rganilmadi. Suyuq kristallarga bo‘lgan qiziqish uning qo‘llanilish sohasining kengayganligidan keyin paydo bo‘ldi. Bir-biriga nisbatan muayyan tartibda

joylashuvini saqlovchi anizotrop shakldagi molekulalardan tuzilgan suyuqlik suyuq kristallar deyiladi. Suyuq kristallar molekulalarida harakterli o‘qlarni aniq ajratib olish mumkin: bunday molekulada atomlar tanlangan chiziqlar bo‘ylab (molekulalar – sterjenlar) joylashadi yoki tanlangan tekisliklarda (molekulalar – disklar) yotadi. Suyuq kristallda, qattiq kristalldagi singari, maxsus yo‘nalish bo‘ladi, bu yo‘nalish bo‘ylab molekulalarning uzun yoki molekulalar tekisliklari oriyentirlanadi. Bunda suyuq kristall haqiqatan, suyuq, xuddi suvdek suyuq bo‘lishi mumkin, ya’ni molekulalarning massalar markazlari to‘g‘ri (kristallik) panjarani hosil qilmaydi, balki fazoda tartibsiz joylashadi va unda erkin harakatlanishi mumkin.

Suyuq kristalldagi maxsus yo‘nalishlarni, qattiq kristallardagi singari, optik o‘qlar deyiladi, chunki ularning mavjudligi bilan bu materiallarning ajoyib optik xossalari nurning ikkilamchi sinishi, yorug‘likning qutblanish tekisligining burilishi va h.k. bog‘langandir. Optik o‘qlari qattiq mahkamlangan qattiq kristallardan farqli o‘laroq, suyuq kristallarda optik o‘qlarning yo‘nalishini turli ta’sirlar, jumladan, elektr maydon yordamida oson o‘zgartirish mumkin. Suyuq kristallarning optik xossalarini boshqarish uchun juda kichik kuchlanishlar (1V ga yaqin) yetarlidir. Buning sababi shuki, ularning barcha molekulalari o‘zaro bog‘langan va birday oriyentirlangan, hamma molekulalar o‘z yo‘nalishini o‘zgartirish uchun ulardan bittasini burish kifoya.

Bunday elektrooptik effektlar tufayli suyuq kristallar Amaliy ahamiyat kasb etadi. Bunday kristallarning yupqa (mikrometrning yuzdan bir ulushiga teng qalinlikdagi) qatlamlari elektron soatlar, kalkulyatorlar, televizion priyomniklarning ekranlarini tayyorlashda ishlatiladi. Ba’zi moddalar suyuq kristall holatida o‘zaro aralashish xususiyatiga ega bo‘lib, bunday aralashishdan turli strukturali va xossali suyuq kristallar paydo bo‘ladi.

Keyingi yillarda inson organizmi hayotiy faoliyatining ba’zi mexanizmlarida suyuq kristallarning roli aniqlangan. Bu esa ularni tibbiyotda tashhis qo‘yishda qo‘llash imkonini beradi.

Nazorat uchun savollar:

1. Moddalarning fizik xususiyatlari nimaga bog‘liq?
2. Suyuq hg‘olati oraliq holat bo‘lib, u nimaga ega bo‘ladi?
3. Tirik organizmlarda qaysi jarayonlar kapillyarlik asosida ro‘y beradi?
4. Qattiq jismlar qaysi ko‘rinishida uchraydi?
5. Suyuq kristallar.

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Ho‘llash va ho‘llamaslik hodisasini sanoatda va turmushda ahamiyati to‘g‘risida ma’lumotlarni izlab topish.
2. Tabiatda va texnikada kapillyar hodisalarni ahamiyatini o‘rganish.
3. Suyuq kristallar va ularning qo‘llanilish sohsini o‘rganish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 3, 6, 9

III БОБ: Elektr va magnetizm

3.1 Mavzu: Elektr vakuumda. Elektr maydonida dielektriklar

Darsning maqsadi: Elektrostatika va uning maqsadi. Elektr maydon va uning harakteristikalari. Servis sohalarida elektr maydondan foydalanishi haqida bilim berish. Dielektrik moddalarni fizik tabiati, harakteristikalari va amaliy ahamiyatlari to‘g‘risida bilim berish.

Asosiy savollar:

1. Elektr zaryadi. Elektr maydon
2. Elektr maydon ta’siriga asoslangan va amaliyotda qo‘llanadigan texnika va texnologiyalar haqida
3. Dielektriklar. Qutbli va qutbsiz molekulalar
4. Dielektriklarning qo‘llanishi
5. Segnetoelektriklar. Pezoelektrik effekt

Tayanch so‘z va iboralar:

Dielektrik – elektr tokini o‘tkazmaydigan material.

Dielektrik isroflari – o‘zgaruvchan elektr maydon ta’sirida dielektriklarda issiqlik ajralishi.

Dielektrik singdiruvchanlik – modda yoki jismlarning absolyut dielektrik singdiruvchanligi, elektr doimiysidan necha marta katta ekanligini ko‘rsatuvchi kattalik.

Dielektriklar – tashqi maydon bo‘lmaganda spontan (o‘z-o‘zidan) qutblanish qobiliyatiga ega bo‘lgan moddalar.

Elektr zaryad – materiya yoki jismlarning o‘z elektromagnit maydoni bilan yoki tashqi elektromagnit maydoni bilan o‘zaro ta’sirlashish xususiyati.

Tabiatda elektr zaryadlarni ikki turi mavjud, ular esa musbat va manfiy zaryadlar deyiladi. Elektr zaryad elementar zarrachadan tashkil topgan.

Barcha elementar zarrachalarning zaryadi kattalik jihatidan bir xil bo‘lib, elektron zaryadiga teng va elementar elektr zaryadi deb ataladi. Elementar zaryadning massasi va zaryadi quyidagiga teng:

$$m = 9{,}1082 \cdot 10^{-31}\ kg; \qquad e \approx 1{,}6 \cdot 10^{-19} K\lambda$$

Zaryadlangan jismda musbat va manfiy elementar zaryadlar soni turlicha; zaryadlanmagan jismda ularning soni o‘zaro teng bo‘ladi.

Elektr zaryadlari erkin harakatlana oladigan jismlar o‘tkazgichlar deyiladi. Ikki xil o‘tkazgichlar mavjud. Barcha metallar birinchi tur o‘tkazgichlarga kiradi. Ikkinchi tur o‘tkazgichlarga elektrolitlar kiradi.

Zaryadlarning harakati juda ham cheklangan jimslar dielektriklar yoki izolyatorlar deyiladi. Yarim o‘tkazgichlar oraliq holatda bo‘ladilar.

Elektr zaryadlarning o‘zaro ta’siri tajribada tekshirilib, quyidagi qonun kashf qilingan:

Bir xil ishorali elektr zaryadlari o‘zaro itarishadi, har xil ishorali elektr zaryadlari esa o‘zaro tortishadi.

Elektr zaryadlari biror jarayonda qatnashar ekan bir jismdan ikkinchi jismga ko‘chishi yoki bir jismning o‘zida qayta taqsimlanishi mumkin, biroq yo‘qolishi va

paydo bo‘lishi mumkin emas. Boshqacha aytganda, berk sistema ichida elektr zaryadlarning algebraik yig‘indisi o‘zgarmay qoladi, ya’ni:

$$q_1 + q_2 + q_3 + ... + q_n = const \qquad (1)$$

Tinch holatda turgan zaryadlangan jismlarning o‘zaro ta’siri va xususiyatlari elektrostatikada o‘rganiladi.

Elektrostatikada ko‘pincha nuqtaviy zaryad tushunchasidan foydalaniladi.

Elektr zaryadlarning orasida hosil bo‘lgan o‘zaro ta’sirini fransuz fizigi Sh.Kulon tajriba orqali aniqlagan. Elektr zaryadlarning o‘zaro ta’sir qonuni quyidagicha ta’riflanadi:

Vakuumdagi ikki nuqtaviy elektr zaryadlarining o‘zaro ta’sir kuchi zaryadlar ko‘paytmasiga to‘g‘ri proporsional, ular orasidagi masofaning kvadratiga teskari proporsional:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{\varepsilon r^2} \qquad (2)$$

bu yerda ε_0 – elektr doimiysi yoki vakuumning dielektrik singdiruvchanligi deyiladi, $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{Ф}{м}$ ga teng; ε – muhitning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi bo‘lib, u esa moddaning elektr xossalarini harakterlaydi.

$$\varepsilon = \frac{F_0}{F} \qquad [\varepsilon]=1 \qquad (3)$$

bu yerda F_0 – zaryadlarning vakuumdagi o‘zaro ta’sir kuchi; F – zaryadlarning muhitdagi o‘zaro ta’sir kuchi.

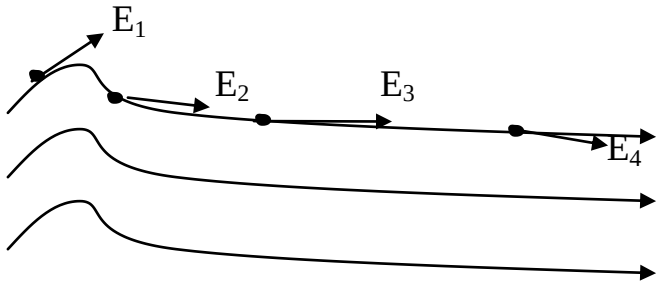
Bir-biridan biror masofada turgan elektr zaryadlari fazo orqali o‘zaro ta’sirlashadi. Bunday o‘zaro ta’siri faqat elektr maydon orqali amalga oshadi.

Elektr maydon materiyaning alohida bir turidir. Binobarin, elektr zaryadlari va elektr maydon materiyaning ikkita ajralmas turidir.

Zaryadlangan har bir jismni elektr maydon o‘rab oladi. Elektr maydon harakteristikalari deb ikkita fizik kattaliklari qabul qilingan. Ular esa: E maydon kuchlanganligi va φ maydon potensiali.

$$E = \frac{F}{q_0} \qquad [E] = 1\frac{B}{м} \qquad (4)$$

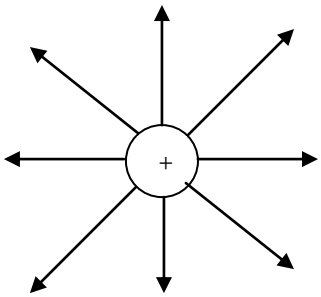
Elektr maydonini kuch chiziqlari yordamida tasvirlash mumkin. Elektr maydonining kuch chiziqlari deb uning har bir nuqtasiga o‘tkazilgan urinma kuchlanganlik vektori bilan ustma-ust tushadigan chiziqqa aytiladi (1-rasm).



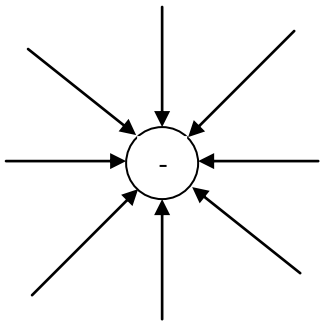
1-rasm.

Agar elektr maydonining hamma nuqtalarida kuchlanganlik bir xil bo‘lsa, elektr maydoni bir jinsli deyiladi. Aks holda esa maydon bir jinsli emas deyiladi.

(2) va (3) rasmlarda musbat va manfiy nuqtaviy zaryadlarning elektr maydoni tasvirlangan.



2-rasm.



3-rasm.

Elektr maydonida joylashgan biror sirtni kesib o‘tayotgan kuch chiziqlari soni maydonning shu sirt orqali o‘tayotgan kuchlanganlik oqimi N deyiladi. Agar sirt kuch chiziqlariga perpendikulyar va maydon kuchlanganligi butun sirtda bir xil bo‘lsa,

$$N = E \cdot S\,, \qquad [N] = 1B \cdot м \qquad (5)$$

bu yerda S – sirtning yuzasi.

Agar sirt kuch chiziqlariga perpendikulyar bo‘lmasa va maydon kuchlanganligi uning turli uchastkalarida turlicha bo‘lsa, u holda

$$\Delta N = E \cdot \Delta S \cdot \cos\alpha \qquad (6)$$

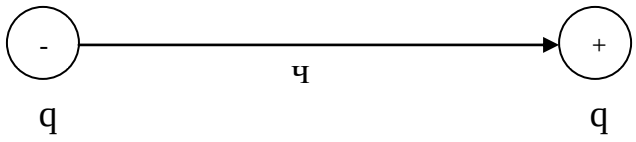
bu yerda α – kuch chizig‘i bilan ΔS yuzaga o‘tkazilgan normal orasidagi burchak.

Butun yuz orqali maydon kuchlanganligi oqimi elementar oqimlarning yig‘indisi bilan ifodalanadi:

$$N = \sum_{i=1}^{n} E_i \cdot \Delta S_i \cdot \cos\alpha_i \qquad (7)$$

bu yerda n – elementar yuzalar soni.

Bir-biridan biror ч masofada joylashgan, kattaligi jihatidan teng bo‘lgan ikki nuqtaviy zaryadlarning yig‘indisi elektr dipol deyiladi (4-rasm).



4-rasm.

Zaryadlarni birlashtiruvchi to‘g‘ri chiziq dipolning o‘qi deyiladi. Quyidagi

$$\boldsymbol{q\text{ч} = P} \qquad (8)$$

ko‘paytma dipolning momenti deyiladi. Odatda dipol momenti uning o‘qi bo‘ylab musbat zaryad tomonga yo‘nalgan bo‘ladi.

Agar elektr maydonni bitta emas, bir necha zaryadlar hosil qilayotgan bo‘lsa, natijaviy maydonning kuchlanganligi alohida zaryadlar hosil qilgan maydonlar kuchlanganliklarining vektor yig‘indisiga teng, ya’ni:

$$E = E_1 + E_2 + ... + E_n \qquad (9)$$

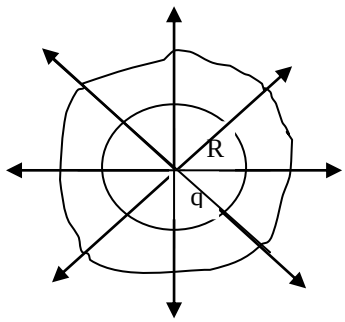
yoki

$$E = \sum_{i=1}^{n} E_i \qquad (10)$$

(9) va (10) formulalar elektr maydonlari superpozitsiya (qo‘shish) prinsipining matematik ifodasidir.

R radiusli sferik sirt uning markazida turgan q – zaryadni o‘rab turgan holni ko‘raylik (5-rasm).

R



5-rasm.

Butun sferada maydonning kuchlanganligi bir xil bo‘ladi, ya’ni:

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R^2} \qquad (11)$$

Kuch chiziqlari radiuslar bo‘ylab, ya’ni sfera sirtiga perpendikulyar yo‘nalgan. Bu kuchlanganlik oqimi N ni hisoblashda (5) formulani qo‘llash imkonini beradi:

$$N = E \cdot S = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R^2} \cdot 4\pi R^2 = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0} \qquad (12)$$

bu yerda $S = 4\pi R^2$ - sferik sirtning yuzi.

Endi sferani ixtiyoriy yopiq sirt bilan o‘raymiz. 5-rasmdan ko‘rinayaptiki, sferani yorib kirayotgan har bir kuch chizig‘i bu sirtni ham yorib kiradi. (12) formula har qanday yopiq sirt uchun o‘rinli ekan.

Agar yopiq sistema n – ta zaryadlardan tashkil topgan bo‘lsa, n zaryadlarni ixtiyoriy sirt o‘rab turgan bo‘ladi. Bu sirt orqali kuchlanganlik oqimi zaryadlardan har birining hosil qilgan oqimlari yig‘indisiga teng bo‘ladi:

$$N = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{\varepsilon_0} \qquad (13)$$

yoki

$$N = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{i=1}^{n} q_i \qquad (14)$$

Shunday qilib, elektr zaryadlarni o‘rab turgan ixtiyoriy yopiq, sirtni yorib o‘tuvchi kuchlanganlik oqimi o‘rab turilgan zaryadlarning algebraik yig‘indisiga teng.

Bu qoida Ostrogradskiy-Gauss teoremasi deyiladi.

Maydon potensiali φ:

$$\varphi = \frac{W_n}{q_0} \qquad (15)$$

bu yerda W_n – sinov zaryadining potensial energiyasi; q_0 – sinov zaryadi.

Nuqtaviy zaryad hosil qilgan maydonning biror nuqtasidagi potensiali quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{\varepsilon r} \qquad (16)$$

q_0 zaryadni elektr maydon bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga ko‘chirishda bajarilgan ish quyidagiga teng bo‘ladi:

$$A = W_{n1} - W_{n2} = q_0(\varphi_1 - \varphi_2) \qquad (17)$$

Bundan elektr maydonning ikki nuqtasi orasidagi potensiallar ayirmasi:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q_0} \qquad (18)$$

Elektr maydonning kuchlanganligi bilan potensiallar ayirmasi orasidagi bog‘lanishni topish uchun q_0 zaryadni bir jinsli elektr maydonda E kuchlanganlik yo‘nalishi bo‘ylab 1 nuqtadan 2 nuqtaga ko‘chirishda bajarilgan ish quyidagiga teng:

$$A_{12} = F\lambda = q_0 E\lambda \qquad (19)$$

va ikkinchidan,

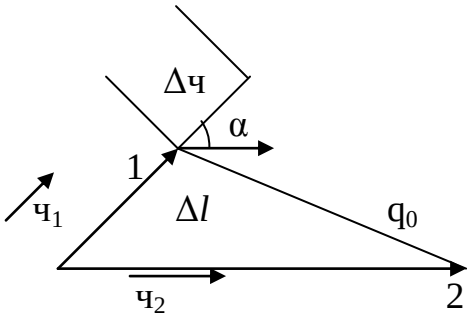
$$A_{12} = q_0(\varphi_1 - \varphi_2) \qquad (20)$$

Ishning bu ifodalarini bir-biriga tenglashtirib, quyidagini aniqlaymiz:

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\lambda} \qquad (21)$$

Bir jinsli elektr maydonning kuchlanganligi kuch chiziqlari bo‘ylab uzunlik birligiga mos kelgan potensiallar ayirmasiga teng.

Elektr maydonda q_0 nuqtaviy zaryad 1 nuqtadan 2-nuqtaga ixtiyoriy shaklda yo‘l bo‘ylab siljiganda bajarilgan ishni ko‘rib chiqamiz (6-rasm).



6-rasm.

1 va 2 nuqtalar orasidagi yo‘lni Δl elementar bo‘lakchalarga ajratamiz. Bu elementar masofada bajarilgan ish quyidagiga teng:

$$\Delta A = F\Delta\lambda\cdot\cos\alpha \qquad (22)$$

bu yerda F – maydonga kiritilgan q_0 zaryadga ta’sir qiluvchi kuch bo‘lib, u quyidgiga teng:

$$F = q_0 E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{qq_0}{\varepsilon ч^2} \qquad (23)$$

$\Delta\lambda$– elementar masofaning F kuch yo‘nalishiga proyeksiyasi $\Delta ч = \Delta\lambda\cdot\cos\alpha$ ga teng. Natijada (22) ifodani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin.

$$\Delta A = q_0 E\Delta ч = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{qq_0}{\varepsilon ч^2}\cdot\Delta ч \qquad (24)$$

Bundan q_0 zaryadni elektr maydonidagi 1 nuqtadan 2-nuqtaga ko‘chirish-da bajarilgan A_{12} ish quyidagiga teng:

$$A_{12} = \sum_{i=1}^{n}\Delta A_i \qquad (25)$$

yoki

$$A_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_0 q}{\varepsilon ч_1} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{qq_0}{\varepsilon ч_2} \qquad (26)$$

$$A_{12} = \frac{q_0 q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left(\frac{1}{ч_1} - \frac{1}{ч_2}\right) \qquad (27)$$

(26) va (27) formulalardan ko‘rinadiki, elektr maydonda zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish yo‘lning shakliga bog‘liq bo‘lmasdan zaryadning boshlang‘ich va oxirgi holatiga bog‘liqdir.

Elektr maydonni harakteristikalari deb maydon kuchlanganligi va maydon potensiali qabul qilingan. Shu kattaliklar o‘rtasida ma’lum bog‘lanish bo‘lishi kerak. Agar maydon kuchlanganligi zaryad ta’sir qilayotgan kuchga, va potensial esa zaryadning potensial energiyasiga proporsional ekanligini hisobga olsak, E bilan φ o‘rtasidagi bog‘lanish potensial energiya bilan kuch o‘rtasidagi bog‘lanishga o‘xshash bo‘lishi ko‘rinadi. Haqiqatdan, maydon kuchlarining q zaryad ustida yo‘lning $d\lambda$ kesmasi davomida bajargan ishini bir tomondan

$$dA = qE \cdot \cos(E \wedge dl) \cdot dl = -dW \qquad (28)$$

ko‘rinishida, ikkinchi tomondan zaryad potensial energiyasining kamayishini ko‘rsatuvchi ifodani quyidagicha yozish mumkin, chunki q=const

$$dW = -qd\varphi \qquad (29)$$

(28) va (29) formulalardan quyidagini hosil qilamiz:

$$E \cdot \cos(E \wedge dl) \cdot dl = -d\varphi$$

$$(E \wedge dl) = -d\varphi \qquad (30)$$

Lekin $dl \cdot \cos(E \wedge dl) = dr$. Shuning uchun

$$E = -\frac{d\varphi}{d\text{ч}} \qquad (31)$$

(31) formuladan ko‘rinadiki, maydon kuchlanganligi kuch chiziqlari bo‘ylab potensialni o‘zgarish tezligiga teng.

Gradiyent belgisidan foydalanib, (31) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$E = -grad\varphi \qquad (32)$$

Shunday qilib, elektr maydon kuchlanganligi potensialning teskari ishorada olingan gradiyentiga teng ekan.

Bir jinsli maydon kuchlanganligining son qiymati kuch chizig‘ining birlik uzunligiga to‘g‘ri kelgan potensial o‘zgarishiga teng.

Kuch chizig‘ining birlik uzunligiga to‘g‘ri kelgan potensial o‘zgarishi potensial gradiyenti deyiladi.

Amaliy o‘lchashlarda har bir alohida nuqtalarning potensiallari emas, balki elektr maydonining potensiallar hisoblanadigan sanoq boshi o‘zgarganda ham

o‘zgarmaydigan ikki nuqtasi orasidagi potensiallar farqi muhimdir. Shuning uchun elektr maydonining ixtiyoriy nuqtasi potensialini shartli ravishda nol deb qabul qilish mumkin.

Yer – juda yaxshi o‘tkazgich va uning o‘lchami istalgan zaryadlangan jismning o‘lchamiga nisbatan juda katta bo‘lgani uchun jism Yerga ulanganda uning hamma zaryadi Yerga o‘tadi, Yerning potensiali esa amaliy jihatdan deyarli o‘zgarmaydi. Shuning uchun potensial hisoblanadigan sanoq boshi qilib Yerning potensialini olish, ya’ni potensialni nolga teng deb olish qulaydir. Demak, yerga ulangan har qanday o‘tkazgich nol potensialga ega. O‘tkazgichni Yer bilan tutashtirish yerga ulash deyiladi.

Amaliyotda o‘tkazgich potensialini Yer potensialiga nisbatan o‘lchashda elektrometr asbobi foydalaniladi.

Atmosferadagi elektr. Yer shari ortiqcha manfiy elektrga ega bo‘lib, bu elektr Yer shari atrofida elektr maydonini vujudga keltirishi ko‘p sonli kuzatishlarda aniqlangan. Bu maydon kuchlanganligi Yer sirtiga yaqin joyda E=130 V/m atrofida. Bundan tashqari Yer sirtidan ancha yuqorida joylashgan havo molekulalari kosmik nurlar ta’sirida ionlashgan bo‘ladi va atmosferaning ionosfera deb ataluvchi musbat zaryadlangan qatlamini hosil qiladi. Manfiy zaryadlangan Yer sirti va ionosfera orasida elektr maydoni hosil bo‘ladi.

Qora bulutlar va Yer sirti orasida Yer sirtidagi barcha predmetlarni (ayniqsa, baland imoratlar, zavod, fabrika trubalari va daraxtlarni) ta’sir orqali elektrlashi mumkin bo‘lgan mahalliy kuchli elektr maydoni hosil bo‘ladi. Natijada bulutlar orasida yoki bulutlar va Yer orasida yashin deb ataluvchi kuchli elektr razryad hodisasi ro‘y berishi mumkin.

Yashin tushishi natijasida yong‘in bo‘lishi, fabrika trubalari buzilishi, elektr uzatish liniyalari uzilishi va hakozolar bo‘lishi mumkin. Shikastlanishlardan saqlanish uchun yashin qaytargichdan foydalaniladi.

Xulosa qilib, shuni qayd etish kerakki, elementar zarralar va ularning aylanishlari kashf etilgandan keyin materiya tuzilishining birligi olamning yagona manzarasida asosiy o‘ringa chiqdi. Bu birlikning zamirida barcha elementar

zarralarning moddiyligi yotadi. Turli elementar zarralar materiya mavjudligining turli konkret shakllaridir.

Olamning yagonaligi zarralarning harakat qonunlarida va ularning o‘zaro ta’sir qonunlarida ham namoyon bo‘ladi.

Xizmat ko‘rsatish sohasida, texnikada eng ahamiyatli materiallardan biri ham elektr o‘tkazmaydigan moddalar, dielektriklardir.

Texnikada ishlatiladigan dielektriklar har xil. Ular tabiiy (marmar, slyuda va boshqalar) va sun’iy (chini, rezina va boshqalar) bo‘lishi mumkin. Ammo, ular fizik tuzilishlari jihatidan uch turga ajratiladi: 1) gaz, 2) suyuq, 3) qattiq.

Dielektriklar fizik tuzilishlariga qaramay, bir-birlari bilan tubandagi elektr harakteristikalari orqali solishtiriladi:

a) Elektr o‘tkazuvchanlik. Tabiatda ideal dielektrik uchramaydi. Har qanday dielektrik ozmi-ko‘pmi elektr o‘tkazadi. Dielektriklardagi elektr o‘tkazuvchanlik ko‘pincha unga teskari bo‘lgan izolyatsiya qarshiligi bilan belgilanadi. Izolyatsiyaning qarshiligi dielektrik sirti bo‘yicha bir xil bo‘lsa, uning qalinligi, hajmi bo‘yicha boshqacha bo‘lishi mumkin. Shuning uchun ko‘pincha dielektrikni harakterlashda uning sirtqi solishtirma qarshiligi va hajm solishtirma qarshiligi haqida gapirishga to‘g‘ri keladi.

b) Dielektrik singdiruvchanligi. Dielektrik singdiruvchanligi dielektriklarning ichida elektr maydoni kuchlanganligi bo‘shliqqa (vakuumga) nisbatan qancha kamayishini ko‘rsatadigan koeffitsiyentdir. U dielektrikning elektr tabiatini harakterlaydi.

v) Dielektrik nobudliklari. Texnikada ishlatiladigan barcha izolyatsiya materiallari elektr maydoni ta’sirida ma’lum energiya nobudligiga sabab bo‘ladi. Tabiatda absolyut dielektrik yo‘q. Dielektrikdan oz bo‘lsa-da, tok o‘tadi, natijada ma’lum energiya issiqlik energiyasiga aylanadi. Agar dielektriklar o‘zgarmas kuchlanish ta’siri ostida bo‘lsa, unda hosil bo‘luvchi nobudliklar faqat Lens-Joul qonuniga bog‘liq bo‘ladi.

Dielektrikka o‘zgaruvchan kuchlanish ta’sir etsa, unda qo‘shimcha nobudliklar ham bo‘ladi. Bunday energiya nobudligi dielektrik gisterezisidir.

Agar elektr maydonga dielektrik kiritsak, shu maydonda hamda dielektrikda o‘zgarishlar kuzatiladi. Bu o‘zgarishlarning sodir bo‘lishi sababini tushunish uchun atom va molekulalarning tarkibida musbat zaryadlangan yadrolar va manfiy zaryadlangan elektronlar bor ekanligini hisobga olish zarur. Elektronlar atom yoki molekulalar chegaralarida juda katta tezliklar bilan harakat qilib, ularning yadroga nisbatan holatlarini uzluksiz o‘zgartirib turadilar. Shuning uchun har bir elektron tashqi zaryadlarga ta’sir qilganda elektronning vaqt bo‘yicha o‘rtacha holatida joylashgan qo‘zg‘almas zaryad kabi ta’sir qiladi.

Molekula o‘lchamlariga qaraganda katta bo‘lgan masofalarda elektronlarning ta’siri ularning molekulaning biror nuqtasiga joylashgan yig‘indi zaryadi ta’siriga teng bo‘ladi. Bu nuqtani manfiy zaryadlarning og‘irlik markazi deb ataladi. Shunga o‘xshash yadrolar zaryadlarining ta’siri musbat zaryadlar og‘irlik markazi deb aytiladigan nuqtaga joylashgan yig‘indi zaryad ta’siriga tengdir. Musbat zaryadlar og‘irlik markazining radius - vektori quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$r^+ = \frac{\sum q_i^+ r_i^+}{\sum q_i^+} = \frac{\sum q_i^+ r_i^+}{\sum q} \qquad (1)$$

bu yerda r_i^+ - i chi musbat zaryad joylashgan nuqtaning radius – vektori; q – molekulaning yig‘indi musbat zaryadi.

Mos ravishda manfiy zaryadlarning radius – vektori uchun quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$r^- = \frac{\sum q_i^- r_i^-}{\sum q_i^-} = \frac{\sum q_i^- r_i^-}{q} \qquad (2)$$

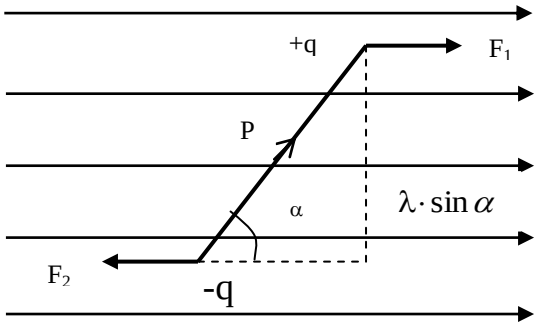
Tashqi elektr maydon bo‘lmaganda, musbat va manfiy zaryadlarning og‘irlik markazlari mos tushishi yoki bir-biriga nisbatan ma’lum masofaga siljigan bo‘lishi mumkin. Agar zaryadlarning og‘irlik markazlari siljigan bo‘lsa bunday molekula qutbli deb ataladi va u esa elektr momentiga ega bo‘ladi:

$$P_e = q = \sum q_i^+ r_i^+ + \sum q_i^- r_i^- \qquad (3)$$

Tashqi maydon yo‘qligida turli ishorali zaryadlarining og‘irlik markazlari mos tushgan molekula elektr momentga ega bo‘lmaydi va qutbsiz molekula deyiladi.

Molekulalar o‘zlarining elektr xususiyatlari bo‘yicha dipollarga o‘xshash bo‘lgani sababli dielektriklardagi bo‘layotgan hodisalarni tushunish uchun dipolning tashqi elektr maydonidagi harakatini o‘rganish kerak.

Agar dipolni bir jinsli elektr maydonga joylashtirsak, u holda dipolni tashkil qilgan +q va –q zaryadlar kattaliklari teng, lekin yo‘nalishlari qarama-qarshi bo‘lgan F_1 va F_2 kuchlar ta’sirida bo‘ladi (1-rasm).



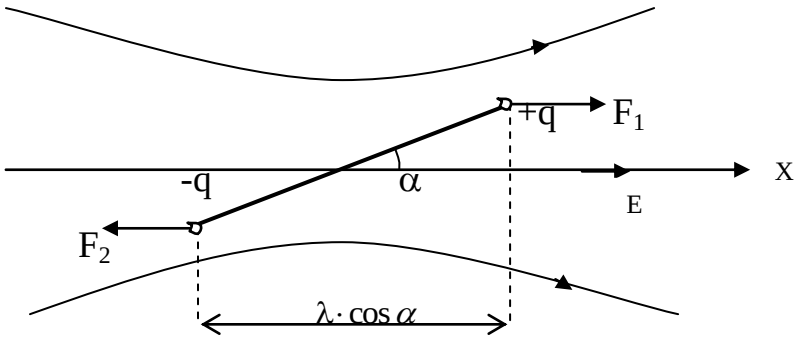
7-rasm.

Bu kuchlar yelkasining uzunligi $\lambda \cdot \sin\alpha$ ga teng. Dipolga ta’sir qilayotgan juft kuch momentining kattaligi quyidagiga teng:

$$M = qEl \cdot \sin\alpha = P_e E \cdot \sin\alpha \qquad (4)$$

bu yerda P_e – dipolning elektr momenti.

Bir jinsli bo‘lmagan maydonda dipol zaryadlariga ta’sir qilayotgan kuchlarning kattaligi teng emas. Agar dipol o‘lchamlari kichik bo‘lsa, F_1 va F_2 kuchlarni kollinear deb hisoblash mumkin (2-rasm). Tashqi maydon, fazoning dipol joylashgan nuqtasida E vektor yo‘nalishiga mos bo‘lgan X yo‘nalish bo‘yicha eng tez o‘zgarayotgan bo‘lsin.



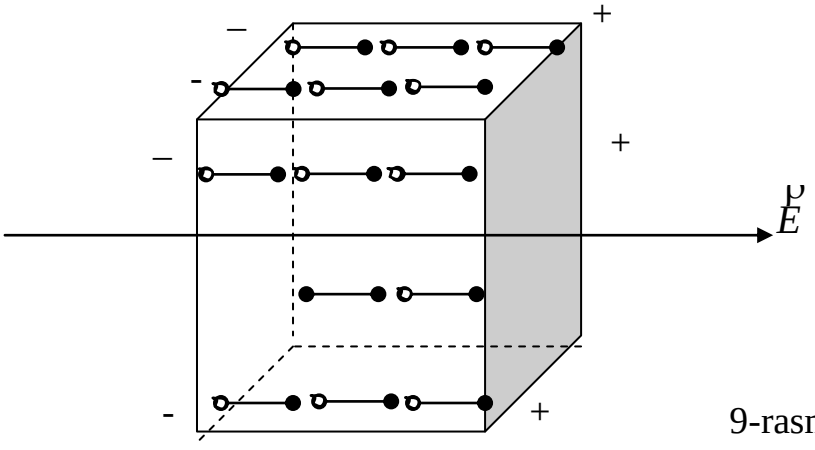
8-rasm.

Dipolning musbat zaryadi uning manfiy zaryadiga nisbatan X yo‘nalishi bo‘yicha $\Delta X = l \cdot \cos\alpha$ kattalikka siljigandir. Shuning uchun zaryadlar joylashgan nuqtalardagi kuchlanganliklar $\Delta E = \frac{\partial E}{\partial x} \cdot \Delta x = \frac{\partial E}{\partial x} \cdot \lambda \cos\alpha$ ga farqlanadi.

Shunday qilib, bir jinsli bo‘lmagan elektr maydonda dipolga aylantiruvchi momentdan tashqari kuch ham ta’sir qiladi. Bu kuch ta’sirida dipol kuchliroq maydon tomonga tortilishi (α burchak o‘tkir bo‘lsa) yoki bunday maydondan itarilishi mumkin (α burchak o‘tmas bo‘lsa).

Tashqi elektr maydon bo‘lmasa, dielektriklar molekulalarining dipol momentlari nolga teng bo‘ladi, qutbsiz molekulalar uchun yoki fazodagi yo‘nalishlar bo‘yicha ixtiyoriy ravishda taqsimlangan bo‘ladi, qutbli molekulalar uchun.

Qutbli dielektrik elektr maydon ta’sirida bo‘lsa, uning molekula dipol momentlari ($P_{ei} \neq 0$), bu momentlar joylashgan tekislikka yo‘nalgan o‘q atrofida burilishga harakat qiladi. Natijada molekulalarning dipol momentlari maydon kuch chiziqlari yo‘nalishida joylashib qoladi (3-rasm).



9-rasm.

Tashqi elektr maydon qancha kuchli bo‘lsa va dielektriklarning temperaturasi qancha past bo‘lsa, shuncha dielektriklarda dipol momentlari tartibli yo‘nalgan bo‘ladilar.

Tashqi elektr maydon ta’sirida dielektriklarning barcha molekulalarini dipollari shunday buriladiki, ularning o‘qlari taxminan maydonning kuch chiziqlari bo‘ylab joylashadi. Natijada dielektrik qutblanadi. Issiqlik harakati tufayli molekulalar batamom oriyentirlana olmaydi. Oriyentirlangan qutblanish darajasi dielektrikning xossalariga, maydon kuchlanganligining kattaligiga va temperaturaga bog‘liq bo‘ladi.

Dielektrikning qutblanganlik darajasini belgilash maqsadida qutblanish vektori degan kattalik kiritilgan. Bir birlik hajmdagi barcha molekula dipol momentlarning vektori yig‘indisi qutblanish vektori deyiladi. Agar bir jinsli elektr maydonga qutbsiz dielektrik kiritilgan bo‘lsa, hamma molekulalarning P_{ei} elektr momenti bir xil va ularning hammasi maydon bo‘ylab tartibli joylashib qoladi. Shuning uchun yuqoridagi ta’rifga ko‘ra, qutbsiz dielektriklarning qutblanish vektori

$$\vec{P}_e = nP_{ei} \qquad (5)$$

ko‘rinishda bo‘ladi; bunda n – bir birlik hajmdagi molekulalar soni.

Qutbli dielektriklarda esa hamma molekulalarning dipol momentlari maydon bo‘ylab joylashib qolishi sodir bo‘lmaydi. Issiqlik harakati tufayli ayrim molekulalar elektr momentlarining yo‘nalishi o‘zgarib turishi mumkin. Bunday holda cheksiz kichik hajmdagi elektr momentlarning vektor yig‘indisining bir birlik hajmga keltirilgan

$$\vec{P}_e = \lim_{V \to 0} \frac{\sum_{i=1}^{n} P_{ei}}{V} \qquad (6)$$

qiymati ushbu dielektrikning qutblanish vektori bo‘ladi, n bunda V hajmdagi molekulalar soni.

Dielektrikka qo‘yilgan tashqi maydon kuchaytirilsa, u holda yetarlicha katta maydon kuchlanganligida dipollarning buzilishi boshlanishi mumkin. Bu holda elektr zaryadlari erkin bo‘lib qoladi va dielektrik ichida harakatlanib, uning kristall panjarasi buzilishiga olib keladi. Bunday hodisa dielektrikning teshilishi deyiladi.

Dielektrikning elektr maydonda qutblanish xususiyatini ko‘rsatuvchi eng muhim harakteristikalaridan biri dielektrik qabulchanligi deyiladi.

Bir birlik hajmdagi molekulalarning qutblanib qolish ehtimolligini ifodalaydigan kattalik dielektrik qabul qiluvchanlik koeffitsiyenti deyiladi va χ harfi bilan belgilanadi.

Dielektrik singdiruvchanlik bilan dielektrik qabul qiluvchanlik orasidagi bog‘lanish quyidagicha bo‘ladi:

$$\varepsilon = 1 + \chi \qquad (7)$$

Demak, dielektrik singdiruvchanlik ε molekulalarning ichki tuzilishi bilan bog‘liq bo‘lgan dielektrik qabul qiluvchanlik orqali aniqlanar ekan. Be yerda har ikki kattalik ham o‘lchamsizdir.

Kuchsiz elektr maydonda dielektrikning qutblanish vektori uchun

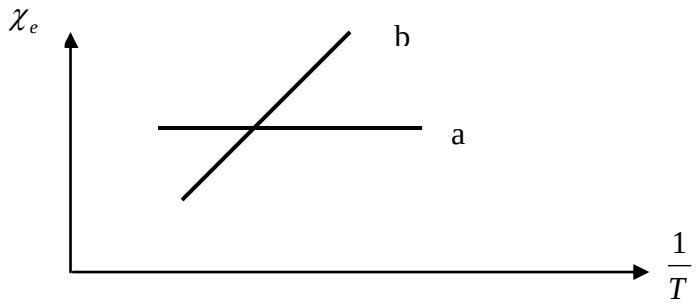
$$P_e = \varepsilon_0 \chi E \qquad (8)$$

ifoda o‘rinlidir.

Lekin kuchli elektr maydonda qutbli dielektriklarning dielektrik qabul qiluvchanligi temperaturaga bog‘liq ekan. Debay bu bog‘lanishni nazariy yo‘l bilan tekshirib, qutbli dielektriklarning dielektrik qabul qiluvchanligi uchun quyidagi ifoda o‘rinli bo‘lishini ko‘rsatib berdi:

$$\chi = \frac{n P_{ei}^2}{3\varepsilon_0 k T} \qquad (9)$$

bunda P_{ei} - bitta molekulaning elektr dipol momenti, n - bir birlik hajmdagi molekulalarning soni, k - Bolsman doimiysi, T - temperaturaning absolyut qiymati. Bu formulaga asosan, χ qutblanib qolish ehtimolligi $\frac{1}{T}$ ga proporsional ekan (4-rasm).



10-rasm.

a – qutbsiz molekulalar uchun;

b – qutbli molekulalar uchun.

Demak, temperatura oshganda molekulalarning issiqlik harakati kuchayib, ularning elektr momentlarining maydon bo‘ylab tartibli joylashishi qiyinlashadi. Dielektrik singdiruvchanlik (7) tenglama orqali dielektrik qabul qiluvchanlik bilan bog‘langan edi. Shuning uchun qutbli dielektriklarning dielektrik singdiruvchanligi ham temperaturaga bog‘liqdir, ya’ni temperatura oshganda dielektrikni dielektrik singdiruvchanligi kamayadi.

Dielektrikning elektr maydonida qutblanish xossasini miqdoriy jihatdan harakterlaydigan kattalik nisbiy dielektrik singdiruvchanligi deb ataladi:

$$\varepsilon = \frac{E_o}{E} \qquad (10)$$

Ravshanki, ε o‘lchamsiz kattalikdir. Uning son qiymatlari turli dielektriklar uchun spravochniklarda beriladi.

Barcha gazlarning dielektrik singdiruvchanligi birga juda yaqin (1,0001-1,01). Ko‘pchilik qutbsiz suyuq dielektriklarda ε (2-2,5) orasida yotadi, qattiq dielektriklarda ε (2,5-8)gacha, qutbli suyuq dielektriklarda ε (10-81) gacha bo‘ladi. Segnetoelektriklarda ε ning qiymati juda katta 10^4 tartibda bo‘ladi, bundan tashqari tashgqi maydonning kuchlanganligi kattaligiga juda bog‘liq bo‘ladi. Vakuum uchun ε=1.

Elektr doimiysining muhitning nisbiy dielektrik singdiruvchanlikga ko‘paytmasi muhitning absolyut dielektrik singdiruvchanligi deb ataladi:

$$\varepsilon_{абс} = \varepsilon_o \cdot \varepsilon \qquad (11)$$

Dielektrikdagi elektr maydoni kuchlanganligining uning absolyut dielektrik singdiruvchanligiga ko‘paytmasiga teng bo‘lgan vektor elektr induksiya deb ataladi:

$$D = \varepsilon_{абс} E \qquad (12)$$

Vakuumning elektr induksiyasi:

$$D = \varepsilon_o E_o \qquad (13)$$

Kuchlanganlikdan farq qilib elektr induksiya barcha dielektriklar uchun o‘zgarmasdir.

Elektr induksiya turli dielektriklarning bo‘linish chegaralarida uzilmagani sababli biror berk sirt bilan o‘ralgan zaryadlardan chiquvchi barcha induksiya chiziqlari bu sirtni kesib o‘tadi. Shuning uchun induksiya oqimi uchun Gauss teoremasi bir jinsli bo‘lmagan dielektrik muhit uchun ham o‘z ma’nosini to‘la saqlaydi. Bu teoremaning matematik ifodasi quyidagicha bo‘ladi:

$$\Phi_D = \sum_{i=1}^{n} q_i \qquad (14)$$

Agar erkin zaryadlar yopiq sirt ichida hajm zichligi ρ bilan uzluksiz taqsimlangan bo‘lsa, (14) formula quyidagicha o‘zgaradi:

$$\Phi_D = \oint_s D_n ds = \int_v \rho \cdot dv \qquad (15)$$

Yuqoridagi (14) va (15) formulalar elektr siljish vektori uchun Gauss teoremasini ifodalaydi. Gauss teoremasining ta’rifi quyidagicha bo‘ladi: elektr siljish vektorining yopiq sirt orqali oqimi shu sirt ichidagi erkin zaryadlarning algebrik yig‘indisiga tengdir.

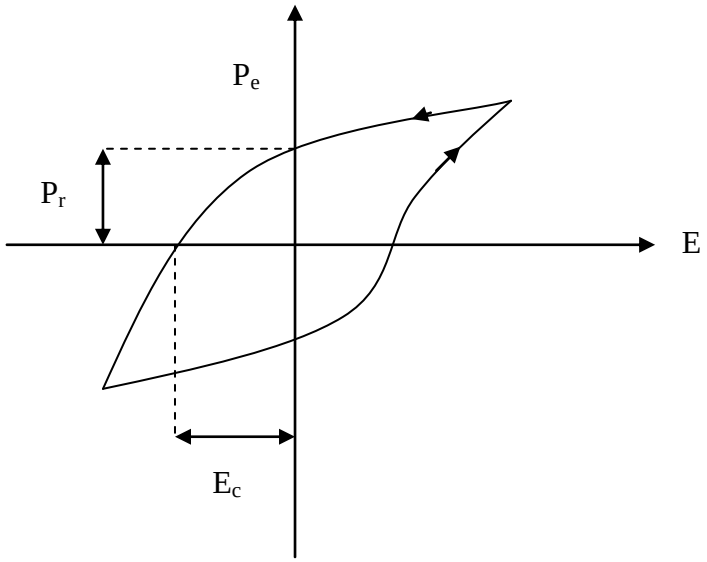
Tashqi maydon bo‘lmaganda spontan (o‘z-o‘zidan) qutblanish qobiliyatiga ega bo‘lgan moddalar bor. Bunday hodisa dastlab segnet tuzida kuzatilgani uchun shu moddalarning barchasini segnetoelektriklar deb ataydilar.

Segnetoelektriklar qolgan dielektriklardan bir qator harakterli xossalari bilan farq qiladi:

1. Oddiy dielektriklarda ε bir necha birlikka, kam hollarda bir necha o‘nga teng bo‘lgan vaqtda, segnetoelektriklarning dielektrik singdiruvchanligi bir necha mingga yetishi mumkin.

2. D ning E ga bog‘lanishi chiziqli emas, demak, dielektrik singdiruvchanligi maydonning kuchlanganligiga bog‘liq bo‘ladi.

3. Maydon o‘zgarganda qutblanish vektorining qiymatlari maydon kuchlanganligining qiymatlaridan kechikib o‘zgaradi. Bu hodisa gisterezis deb ataladi. Agar maydon davriy o‘zgarsa, P_e ning E ga bog‘liqligi 5-rasmda ko‘rsatilgan egri chiziq bilan ifodalanib, bu chiziq gisterezis sirtmog‘i deb aytiladi.



11-rasm.

Segnetoelektrik xususiyatiga faqat kristall moddalar ega bo‘lib, kristallar simmetriya markaziga ega bo‘lmasligi kerak.

Simmetriya markaziga ega bo‘lmagan ba’zi kristallar deformatsiya vaqtida qutblanadi. Bu hodisani pezoelektrik effekt deb ataladi. Qutblanishning kattaligi deformatsiyaga proporsional. Agar deformatsiyaning ishorasini o‘zgartirsak, qutblanishning ishorasi ham teskariga o‘zgaradi.

Muhim pezoelektriklar qatoriga kvars, segnet tuzi va boshqalar kiradi.

Pezoelektrik effekt ultratovush to‘lqinlarni o‘yg‘otish, elektr tebranishlar generatorlarining chastotalarini stabillashtirishda va hokazolarda qo‘llaniladi.

Texnika va amaliyotda dielektriklar eng ahamiyatli materiallardan biri bo‘lib, ulardan elektr mashina va transformator chulg‘amlarini, kabel va simlarni qoplash uchun va umuman elektr izolyatsion material sifatida foydalaniladi. Dielektrik sifatida chinni, kauchuk va mineral yog‘lar singari anorganik moddalardan, shuningdek, ba’zi organik moddalardan keng foydalaniladi. Yuksak texnologik talablarga javob beradigan yangi dielektriklarning ixtiro etilishi va ulardan samarali foydalanish katta ilmiy-texnikaviy ahamiyatga ega. Masalan, yangi dielektrik materiallarning yaratilishi sinxron generatorlar kuchlanishini ko‘tarishi bilan elektr energiyasini uzoq masofalarga uzatishda transformatorlardan foydalanmaslik imkonini berdi.

Nazorat uchun savollar:

1. Elektr zaryadlarni saqlanish qonunini ta’rifi.
2. Qanday maydon elektrostatik maydon deyiladi?
3. Maydonlar superpozitsiyasi prinsipi qanday ta’riflanadi?
4. Fizik tuzilishlari asosida dielektriklar qanday turlarga ajratilgan?
5. Dielektrikni qutblanishi nima?
6. Dielektrik gistrezisi nima?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Elektr maydon ta’siriga asoslangan texnika sohalari va ularning qo‘llanilishi to‘g‘risida ma’lumotlarni izlab topish.
2. Dielektriklarning ko‘p sohada qo‘llanilishi, turli qurilma va asboblarda ishlatilishini o‘rganib chiqish.
3. Segnetoelektriklarni, pezoelektrik effektni o‘rganib chiqish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 2, 3, 6, 8

3.2 Mavzu: Eletr maydonida o‘tkazgichlar

Darsning maqsadi: O‘tkazgich moddalarni fizik tabiati, harakteristikalari, amaliy ahamiyatlari to‘g‘risida bilimlar berish.

Asosiy savollar:

1. Tashqi maydonda o‘tkazgich
2. Elektrostatik induksiya hodisasi
3. O‘tkazgichning elektr sig‘imi
4. Kondensatorlar. Kondensatorlarni ulash usuli

Tayanch so‘z va iboralar:

Birinchi tur o‘tkazgich – erkin elektronlari soni nihoyatda ko‘p bo‘lgan miss, alyuminiy kabi materiallar.

Ikkinchi tur o‘tkazgich – moddalarning qisman yoki to‘liq ionlardan tashkil topgan eritmalari.

O‘tkazgich – elektr o‘tkazuvchanligi yuqori bo‘lgan modda yoki jism.

Kondensator – elektr zaryadini to‘plash va saqlash uchun xizmat qiladigan, dielektrik bilan ajratilgan ikkita yoki bir nechta o‘tkazgich plastinkalardan iborat bo‘lgan qurilma.

Elektr simi – bitta yoki bir nechta tomirli simlardan iborat bo‘lgan metall o‘tkazgich.

Elektrostatik induksiya – tashqi elektrostatik maydon ta’sirida elektrlanmagan jismlarning sirtida elektr zaryadlarni paydo bo‘lish hodisasi.

O‘tkazgichlarda zaryadli zarralar bo‘lib, ular elektr maydoni ta’siri ostida o‘tkazgich ichida siljiy oladi.

O‘tkazgichda erkin zaryadlar boriligi tufayli o‘tkazgich ichida elektrostatik maydon bo‘lmaydi.

Zaryadlar muvozanatda bo‘lganda o‘tkazgich ichida faqat maydonning kuchlanganligigina emas, balki zaryad ham nolga teng. O‘tkazgichning butun

statik zaryadi uning sirtiga to‘planadi. Darhaqiqat, agar o‘tkazgichning ichida zaryad bo‘lsa edi, o‘ holda zaryad yaqinida maydon ham bo‘lar edi. Biroq o‘tkazgich ichida elektrostatik maydon yo‘q. Binobarin, o‘tkazgichda zaryadlar faqat uning sirtiga joylashishi mumkin.

Bu xulosa elektr maydonidagi zaryadsiz o‘tkazgichlarga ham, zaryadlangan o‘tkazgichlarga ham tegishlidir.

O‘tkazgichlardagi zaryad tashuvchilar juda kichik kuch ta’siri ostida harakat qila oladi. Shuning uchun zaryadlarning muvozanati quyidagi shartlar bajarilgan holdagina kuzatiladi:

1. O‘tkazgich ichidagi barcha nuqtalarda maydon kuchlanganligi nolga teng bo‘lishi zarur.

$$E = 0 \qquad (1)$$

ya’ni, o‘tkazgich ichidagi potensial o‘zgarmas bo‘lishi kerak ($\varphi = const$).

2. Maydon kuchlanganligining o‘tkazgich sirti har bir nuqtasidagi yo‘nalishi sirtga o‘tkazilgan normalga mos bo‘lishi kerak,

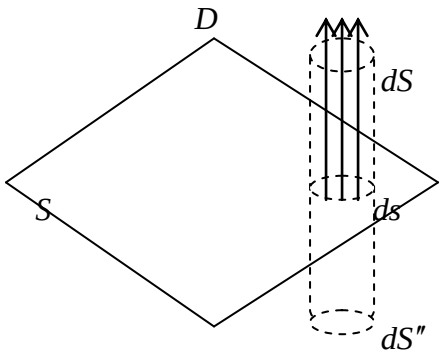
$$\boldsymbol{E} = \boldsymbol{E}_n \qquad (2)$$

Demak, zaryadlar muvozanatda bo‘lganda o‘tkazgichning sirti ekvipotensial bo‘ladi.

Agar o‘tkazuvchi jismga ma’lum q zaryad berilsa, bu zaryad jism bo‘ylab muvozanat sharti saqlanadigan holda taqsimlanadi. Jism hajmiga to‘liq joylash-gan ixtiyoriy yopiq sirtni tasavvur qilaylik. Zaryadlar muvozanatida jism ichidagi har bir nuqtada maydon yo‘q bo‘lganligi uchun sirt orqali o‘tayotgan elektr siljish va vektorining oqimi nolga teng. Ostrogradskiy-Gauss teoremasiga muvofiq sirt ichidagi zaryadlarning algebraik yig‘indisi ham nolga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$q = \Phi_e = \oint Д \cdot dS \cdot \cos(Д, \wedge n) = 0 \qquad (3)$$

Zaryadlangan o‘tkazgich sirti yaqinidagi maydon kuchlanganligini aniqlaymiz. Buning uchun o‘tkazgich sirtiga o‘tkazilgan dS ga teng bo‘lgan kichik silindrsimon sirtni ko‘raylik. Bu silindirsimon sirt asoslaridan biri o‘tkazgichning ichida, ikkinchisi esa tashqarisida joylashgan bo‘lsa (1-rasm)



1-rasm

dS kichik bo‘lgani uchun $dS = dS' = dS''$ hisoblash mumkin. O‘tkazgichning sirtida va sirtni yaqiniga $\vec{E}$ va $\vec{Д}$ vektorlar dS sirtga perpendikulyar yo‘nalganlar. Shuning uchun silindrsimon sirtning dS yondagi sirti orqali elektr siljish vektorining oqimi nolga teng, chunki bu qism o‘tkazgichning ichida yotgan bo‘lib, uning hamma nuqtalarida $Д = 0$. O‘tkazgichning tashqarisida unga yaqin joyda maydon kuchlanganligi E ning yo‘nalishi o‘tkazgich sirtiga o‘tkazilgan normal bilan mos tushadi. Demak, silindrning tashqariga chiqib turgan yon sirti uchun $Д_n = 0$. tashqi dS' asos uchun esa $Д_n = Д$. Butun yopiq silindrik sirt orqali elektr siljishini oqimi faqat tashqi dS' asos orqali oqimga teng, ya’ni:

$$d\Phi_e = Д dS' \qquad (4)$$

Ostrogradskiy-Gauss teoremasi asosida bunday oqim dS' sirtni o‘rab oladigan dq zaryadlar yig‘indisiga teng, ya’ni:

$$d\Phi_e = dq = \sigma \cdot dS \qquad (5)$$

Bu yerda: σ - o‘tkazgichning dS sirtining elementida zaryadlarni sirt zichligi. (4), (5) formulalarni o‘ng qismlarini tengligidan, ularni chap tomonlari ham teng bo‘ladilar, ya’ni:

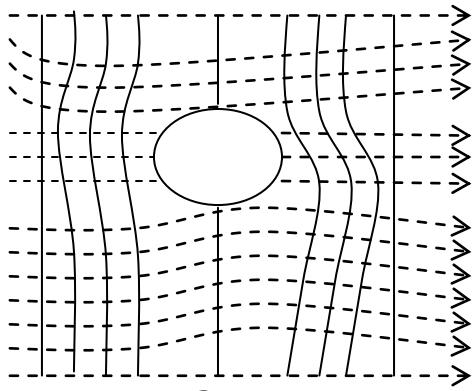
$$Д = \sigma \qquad (6)$$

yoki $$\varepsilon\varepsilon_0 E = \sigma \qquad (7)$$

va $$E = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0} \qquad (8)$$

bu yerda ε- o‘tkazgichni o‘rab turgan muhitning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi.

Bir jinsli elektr maydoniga neytral, ya’ni zaryadlanmagan o‘tkazgich, masalan, metall shar joylashtiraylik. Maydon ta’sirida o‘tkazgichning erkin elektronlari maydonga qarshi harakat qila boshlaydi. Natijada shar sirtining chap qismi manfiy zaryadlanadi, elektronlar yetishmagan o‘ng qismi esa musbat zaryadlanadi. (2- rasm)



2-rasm.

Bu hodisa elektrostatik induksiya deyiladi. Induksiyalangan zaryadlar o‘tkazgich ichida o‘zining xususiy maydonini hosil qiladi, bu maydonning o‘tkazgichni dastlab kesib o‘tgan tashqi maydonga qarama-qarshi yo‘nalganligi ravshan. Tashqi maydon o‘tkazgich ichida zaryadlarning xususiy maydoni bilan kompensatsiya qilmaguncha o‘tkazgichda zaryadlar qayta taqsimlanaveradi. Shunday bo‘lganda zaryadlarning qayta taqsimlanishi to‘xtaydi va o‘tkazgich ichida maydon nolga teng bo‘lib qoladi. Shunday qilib, elektr maydoniga joylashtirilgan o‘tkazgich ichida maydon bo‘lmaydi va o‘tkazgichning barcha nuqtalarining potensiali bir xil bo‘ladi, ya’ni o‘tkazgich ekvipotensial jism bo‘ladi va o‘tkazgichning sirti ekvipotensial sirt bo‘ladi. Shunday qilib, elektr maydoniga kiritilgan o‘tkazgich, garchi o‘ zaryadlangan bo‘lsa ham, bu maydonni buzadi: o‘tkazgich yaqinida bu maydon ko‘p chiziqlari (shtrix chiziqlari) va ekvipotensial sirtlar (tutash chiziqlar) tasvirlangan.

Ravshanki,elektr maydoni faqat yaxlit o‘tkazgichning ichidagina emas, balki o‘tkazgichda bo‘lgan kovaklar ichida ichida ham, masalan,kovak shar ichida ham bo‘lmaydi. O‘tkazgichlarning bu xossasidan elektrostatik himoyada foydalaniladi. Tashqi elektr maydonidan himoya qilinishi kerak bo‘lgan asbobni hamma tomondan o‘tkazgich bilan, ya’ni o‘tkazuvchi g‘ilof (ekran) bilan o‘rash kerak. Ekran sirtida paydo bo‘lgan induksiyalangan zaryadlar ekran ichidagi tashqi maydonni kompensatsiyalaydi.

Agar o‘tkazgich zaryadlangan bo‘lsa, u holda unga berilgan zaryadlar kulon itarishish kuchlari ta’sirida iloji boricha katta masofaga uzoqlashadi. O‘tkazgich ichida esa erkin zaryadlar bo‘lmaydi. O‘tkazgichning do‘ng joylari: qirralari, uchlari va shunga o‘xshash joylarida zaryad zich joylashadi. Bunday qismlar yaqinida zaryadlangan o‘tkazgich maydonining kuchlanganligi eng katta bo‘ladi.

O‘tkazgichning sirti ekvipotensial sirt bo‘lgani uchun zaryadlangan o‘tkazgichni potensial bilan harakterlash mumkin. O‘tkazgichning zaryadi ortgan sari uning potensiali ham ortadi. Zaryad dq kattalikka ortganda potensial $d\varphi$ kattalikka ortadi, biroq zaryad ortishining potensial ortishiga bo‘lgan nisbati doimiy qoladi, ya’ni:

$$C = \frac{dq}{d\varphi} = \frac{q}{C} \qquad (9)$$

bu yerda q - zaryad; φ - o‘tkazgichning potensiali;

S- kattalik o‘tkazgichning elektr sig‘imi deyiladi.

O‘tkazgichning elektr sig‘imi uning o‘lchamlari va shakliga bog‘liq bo‘lgan muhim elektr kattalikdir. Biroq shuni ta’kidlash kerakki, bunday deyish faqat yagonalangan o‘tkazgichlar uchungina o‘rinli bo‘ladi. Agar o‘tkazgich yaqinida boshqa jismlar turgan bo‘lsa, ularning zaryadlarining maydoni potensialni o‘zgartiradi, binobarin, bunda o‘tkazgichning sig‘imi ham o‘zgaradi. Shunday qilib, (9) formulaga muvofiq yakkalangan o‘tkazgichning elektr sig‘imi son jihatdan shu o‘tkazgichning potensialini bir birlikka o‘zgartiruvchi zaryadga teng.

Elektr sig‘imining birligi Farada shunday yakkalangan o‘tkazgichning sig‘imiki, bunday o‘tkazgich $1\,Кл$ zaryad $1\,В$ potensial beradi.

$$1\Phi = \frac{1Кл}{1B}$$

Radiusi R ga teng bo‘lgan zaryadlangan sharning potensialini hisoblaylik. Sharning potensiali quyidagiga teng.

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{\varepsilon R} \qquad (10)$$

Agar (9) formulani (10) bilan solishtirsak, radiusi R ga teng bo‘lgan va nisbiy dielektrik singdiruvchanligi ε ga teng bo‘lgan bir jinsli cheksiz dielektrikka botirilgan yakkalangan sharning elektr sig‘imi

$$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon R \qquad (11)$$

ga teng ekanligini topamiz.

Amalda esa bir biridan dielektriklar bilan ajratilgan, miqdor jihatdan teng, qarama-qarshi ishorali zaryadlar bilan zaryadlangan ikkita o‘tkazgichlar sistemasi o‘zaro elektr sig‘im yordamida katta elektr sig‘imlarini hosil qiladi. Agar zaryadlangan ikkita o‘tkazkichlar orasidagi potensiallar ayirmasi $\varphi_1 - \varphi_2$ va ularda zaryadlarning qiymati q bo‘lsa, u paytda o‘zaro elektr sig‘imi quyidagiga teng bo‘ladi:

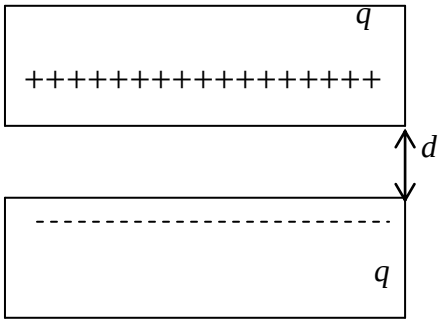
$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} \qquad (12)$$

O‘zaro elektr sig‘imi o‘tkazgichlarning shakliga, geometrik o‘lchamiga o‘zaro joylanishiga va muhitning dielektrik xususiyatiga bog‘liq.

O‘tkazgichlarning o‘zaro elektr sig‘imi asosida elektrotexnika va radiotexnikada keng qo‘llaniladigan kondensatorlar deb ataluvchi qurilmalar yasalgan.

Kondensator o‘ziga berilgan zaryadni to‘plovchi va uzoq vaqt saqlovchi qurilmadir. Kondensatorlarni hosil qilgan o‘tkazgichlarga kondensatorning qoplanmalari deyiladi.

Kondensatorlar ichida eng ko‘p tarqalgani bir-biridan dielektrik bilan ajratilgan ikki parallel plastinkadan tuzilgan yassi kondensatordir (3-rasm)



3-rasm

Plastinkalardagi zaryadlar hosil qilgan maydon faqat kondensator qoplamalari orasida to‘plangan, shuning uchun kondensatorning sig‘imi amalda atrofdagi jismlarga bog‘liq bo‘lmaydi.

Kondensatorning sig‘imi quyidagiga teng:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} \tag{13}$$

bu yerda q - qoplamalarning har biridagi zaryad; $\varphi_1 - \varphi_2$ - plastinkalar orasidagi potensiallar ayirmasi.

$$\varphi_1 - \varphi_2 = Ed \tag{14}$$

bu yerda $$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \tag{15}$$

(15) formulani va dielektrikning borligini nazarga olsak, u paytda:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} \cdot d \tag{16}$$

Oxirgi ifodani $q = \sigma S$ ekanligini hisobga olgan holda (13) formulaga qo‘ysak, yassi kondensator uchun quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d} \tag{17}$$

bu yerda S - kondensator qoplamalarining yuzi;

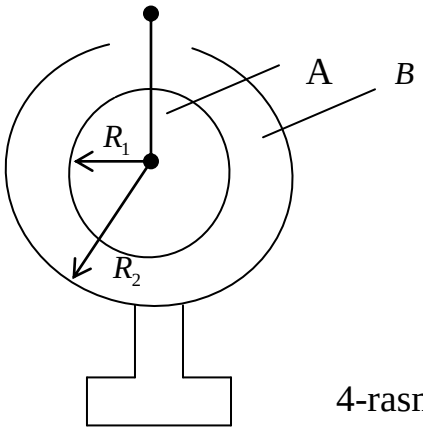
d - kondensator qoplamalari orasidagi masofa;

ε -qoplamalar orasidagi moddaning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi.

Bu formuladan yassi kondensator qoplamalarining yuzi va bu qoplamalarni ajratib turuvchi muhitning dielektrik singdiruvchanligi qancha katta bo‘lsa va

qoplamalar orasida masofa qancha kichik bo‘lsa, yassi kondensatorning sig‘imi shuncha katta bo‘ladi.

Sferik kondensator ikkita A va B konsentrik sferalardan tashkil topgan (4-rasm).



4-rasm

Sferik kondensatorda qoplamalar orasidagi potensiallar ayirmasi quyidagiga teng:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \qquad (18)$$

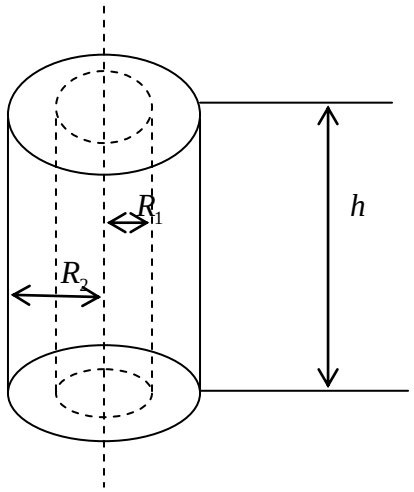
(13) formulada $\varphi_1 - \varphi_2$ ni o‘rniga (18) formulani qo‘ysak, o‘ paytda sferik kondensatorning elektr sig‘imi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$C = \frac{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R_1 \cdot R_2}{R_1 - R_2} \qquad (19)$$

bu yerda $R_1 - A$ sferaning radiusi;

$R_2 - B$ sferaning radiusi.

Silindrik kondensator biri ikkinchini ichiga qo‘yilgan ikkita ichlari bo‘sh koaksial metall silindrlardan tashkil topgan (5-rasm).



5-rasm.

Agar qoplamalarda zaryadlar $+q$ va $-q$ ga teng va silindrning balanligi $h >>$ R_1 va R_2 bo‘lsa, u paytda qoplamalar orasidagi potensiallar ayirmasi kuyidagiga teng bo‘ladi:

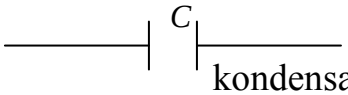
$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon} \cdot \lambda n \frac{R_2}{R_1} \qquad (20)$$

bu yerda $\tau = \frac{q}{h}$ - zaryadning chiziqli zichligi.

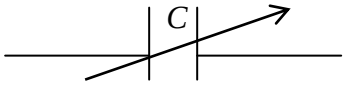
(13) formulada $\varphi_1 - \varphi_2$ o‘rniga uni qiymatini, ya’ni (20) formulani qo‘ysak, silindrik kondensatorni elektr sig‘imini formulasini hosil qilamiz:

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon \cdot h}{\lambda n \frac{R_2}{R_1}} \qquad (21)$$

Kondensator aloqa texnikasi, radiotexnika, elektrotexnikada ko‘p ishlatiladi. Ular o‘zlarining vazifalariga qarab, o‘zgarmas sig‘imli



kondensatorlar va o‘zgaruvchan sig‘imli

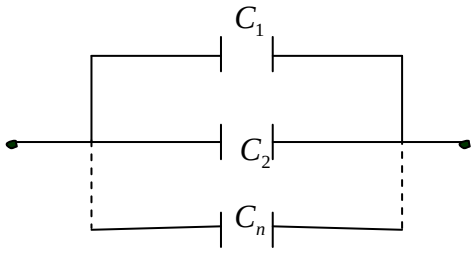


kondensatorlarga bo‘linadilar.

Har bir kondensator sig‘imdan tashqari chegaraviy kuchlanish U max bilan harakterlanib, bu kuchlanish kondensatorning qoplamalarining teshilishi xavfidan qo‘rqmay beriladigan kuchlanishdan iboratdir. Agar berilgan kuchlanish shu kuchlanishdan katta bo‘lsa, ya’ni $U > U$ max, qoplamalar o‘rtasidan uchkun o‘tadi va dielektrik buzilib, kondensator ishdan chiqadi.

Kerakli elektr sig‘imini hosil qilish uchun, bir necha kondensatorlar bir-biriga ulanadi, ya’ni kondensatorlar batareyasi hosil qilinadi. Barcha ulanishlarni parallel va ketma-ket ulanishlarga bo‘lish mumkin.

Kondensatorlarni parallel ulash sxemasi 6-rasmda ko‘rsatilgan.



6-rasm

Bunda kondensator qoplamalarining potensiallar ayirmasi $\Delta\varphi$ bir-biriga teng bo‘ladi va kondensatorlarni zaryadlari:

$$q_1 = C_1\Delta\varphi \quad (22)$$

$$q_2 = C_2\Delta\varphi \quad (23)$$

$$q_n = C_n\Delta\varphi \quad (24)$$

Kondensatorlar batareyasini zaryadi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$q = \sum q_i = (C_1 + C_2 + C_3 + ... + C_n)\Delta\varphi \quad (25)$$

boshqa tomondan:

$$q = C \cdot \Delta\varphi \quad (26)$$

bu yerda S- batareyaning elektr sig‘imi.

Shuning uchun:

$$C = \sum Ci \quad (27)$$

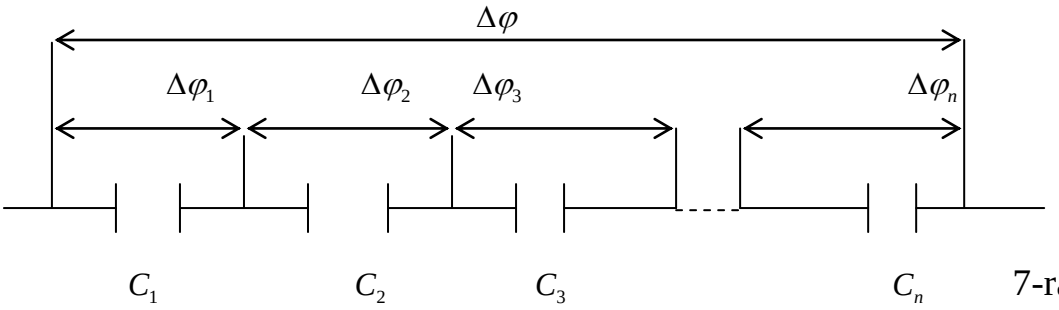
yoki $$C = C_1 + C_2 + C_3 + ... + C_n \quad (28)$$

Parallel ulangan kondensatorlar batareyasining elektr sig‘imi har bir aholida kondensatorlar elektr sig‘imlarining algebraik yig‘indisiga teng.

Agar parallel ulangan kondensatorlarning elektr sig‘imlari bir xil va C_1 teng bo‘lsa, u paytda batareyaning elektr sig‘imi quyidagiga teng:

$$C = nC_1 \quad (29)$$

Kondensatorlarning ketma-ket ulashi 7-rasmda ko‘rsatilgan



7-rasm

Bunda kondensator qoplamalarida zaryadlar bir xil bo‘ladi:

$$q_1 = q_2 = q_3 = ... = q_n \quad (30)$$

Bunda ketma-ket ulangan kondensatorlar batareyasining potensial ayirmasi:

$$\Delta\varphi = \frac{q}{C} \tag{31}$$

bu yerda S- batareyaning elektr sig‘imi va ayrim kondensator qoplamalaridagi potensial ayirmasi quyidagicha bo‘ladi:

$$\Delta\varphi_1 = \frac{q}{C_1} \tag{32}$$

$$\Delta\varphi_2 = \frac{q}{C_2} \tag{33}$$

$$\Delta\varphi_n = \frac{q}{C_n} \tag{34}$$

Kondensatorlar batareyasining uchlaridagi potensiallar ayirmasi quyidagiga teng:

$$\Delta\varphi = \sum\varphi_i = \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_n \tag{35}$$

bundan

$$\frac{q}{C} = \sum\frac{q}{C_i} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_n} \tag{36}$$

binobarin,

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^{n}\frac{1}{C_i} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_n} \tag{37}$$

Agar ketma-ket ulangan kondensatorlar batareyasini elektr sig‘imlari bir xil va C_1 ga teng bo‘lsa, u paytda batareyaning elektr sig‘imi:

$$C = \frac{C_1}{n} \tag{38}$$

Ketma-ket ulangan n ta bir xil kondensatorlardan tashkil topgan kondensatorlar batareyasining elektr sig‘imi bitta kondensatorning elektr sig‘imidan n marta kichik bo‘lar ekan. (37) formuladan ko‘rinadiki, ketma-ket ulangan kondensatorlar batareyasining elektr sig‘imi ulangan elektr sig‘imlarining eng kichigidan ham kichik bo‘ladi.

Kondensatorlar radiotexnika va elektrotexnikaning asosiy elementlaridan biridir. Kondensatorlar integral va differensial elektr sxemalarda keng ishlatiladi. Shuningdek, kondensatorlar o‘zgaruvchan tokni o‘zgarmas tokka aylantirishda, tebranish konturida, zaryadli zarralarning harakat trayektoriyasini o‘zgartirishda va boshqa maqsadlarda keng qo‘llaniladi.

Nazorat uchun savollar:

1. Zaryadlar muvozanatda bo‘lganda o‘tkazgich ichidagi maydonning kuchlanganligi nimaga teng bo‘ladi?
2. O‘tkazgichga berilgan zaryad unda qanday taqsimlanadi?
3. Yakkalangan o‘tkazgichning elektr sig‘imi deb nimaga aytiladi?
4. Zaryadlarning sirt zichligi deb nimaga aytiladi?
5. Kondensatorlarni bajarilgan vazifalariga qarab ular qanday bo‘ladilar?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Elektr maydonda joylashgan o‘tkazgichlarda ro‘y bergan jarayonlari, hodisalari to‘g‘risida ma’lumotlarni izlab topish.
2. Kondensatorlarni turlarini, sig‘imlarini, zaryadlanish va razryadlanish jarayonlarni o‘rganish.
3. Kondensatorlarni radiotexnika va elektrotexnikada, integral va differensial elektr sxemalarda keng qo‘llanilishini o‘rganish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 2, 2, 4, 8, 9

3.3 Mavzu: O‘zgarmas elektr tok

Darsning maqsadi: Elektr tokni xususiyatlari, harakteristikalari va kattaliklarni o‘lchanadigan asboblar, tokni qonunlari va amaliy ahamiyati to‘g‘risida chuqur bilim berish.

Asosiy savollar:

1. Elektr tok haqida ma’lumotlar. Tokni kattaliklari va harakteristikalari
2. O‘zgarmas tok zanjirlari va qonunlari
3. O‘zgarmas tokni ishi va energiyasi
4. Tarmoqlangan elektr zanjirlarni hisoblash usullari
5. Xalq xo‘jaligining rivojlanishida elektr energiyaning ahamiyati

Tayanch so‘z va iboralar:

Elektr o‘tkazuvchanlik – 1. Vaqt davomida o‘zgarmaydigan elektr maydon ta’sirida moddaning o‘zidan o‘zgarmas tok o‘tkazish xususiyati. 2. Elektr qarshilikka teskari kattalik bo‘lib, SI sistemasida simens (Sm)da ifodalaydi.

Elektr zanjir – elektr energiyasi manbai, elektr iste'molchilari va ularni ulovchi simlardan tuzilgan zanjir.

Elektr toki – elektr zaryadlarning har qanday tartibli harakati.

Elektr tarmog'i – elektr energiyasi elektr stansiyalaridan iste'molchilarga simlar sistemasi orqali o'tkazilganda, simlar sistemasini tarmoqlarga bo'linishi.

Elektr qarshilik – o'tkazgich yoki elektr zanjirning elektr tokiga aks ta'sirni ifodalovchi fizik kattalik.

O'zgarma tok – uzoq vaqt davomida tok ham kattaligi jihatdan, ham yo'nalishi jihatdan o'zgarmasa.

Moddaning tuzilishi, atomlarning tarkibi, elementar zarrachalarning ayrim xususiyatlari elektr va magnit hodisalariga bog'liq.

Elektr so'zi grekcha «elektron» so'zidan olingan bo'lib, qahrabo demakdir. Elektr to'g'risidagi ta'limot, ya'ni zaryadlangan zarrachalar, masalan, elektron, pozitron, proton, ion va hokazolarninng mavjudligi, harakati hamda o'zaro ta'siri bilan bog'liq elektromagnit hodisalari majmui.

Elektrning harakat holatiga elektr toki deyiladi. Fizikaning muvaffaqqiyatlariga asoslansak, elektr tokini elektrlangan materiya va uning mayda zarrachalarining harakatlaridan iborat deb tushunmoq mumkin. Bu zarrachalarning harakati turli muhitda turlicha bo'lishi mumkin. Elektr o'tkazadigan muhitda ro'y bergan tok (o'tkazgich toki) dielektriklardagi tok (siljish toki) dan farq qiladi. Elektrolitlar va gazlarda elektrlangan zarrachalarning harakati natijasida hosil bo'lgan tok (konveksion tok) yana boshqacha. Ya'ni turli muhitda elektr harakati, elektrokinetik jarayoni – elektr toki turlicha tabiatga ega bo'ladi.

Elektr zaryadlarining tartibli harakati elektr toki deyiladi. Metallarda o'tkazgich toklari elektr harakati vaqtida sodir bo'ladi. O'tkazgichlardagi elektr toki ulardagi erkin elektronlarning harakatidan iborat. Tashqaridan elektr kuchi ta'sir etmasa, bunday elektronlarning tartibsiz (xaotik) harakati hech qanday elektr xususiyatlarini namoyon qilmaydi. Ammo biror elektr maydoni ta'sir etsa, elektronlarning harakati aniq tomonga yo'naladi. Demak, o'tkazgichlardagi erkin elektronlarning yo'nalgan harakatini o'tkazgich toki deb ataladi.

Umumiyroq qilib olsak, elektr toki qanday va qayerda sodir bo'lmasin, u muayyan elektr miqdorining harakatidir, deyishimiz mumkin.

Harakat ishtirok elektr miqdorlari oz yoki ko‘p bo‘lishi mumkin. Buning uchun tok kuchi degan tushuncha ishlatiladi. O‘tkazgichning ko‘ndalang kesimidan vaqt birligi ichida o‘tgan elektr miqdoriga tok kuchi deb aytiladi.

Umuman tok kuchi o‘zgaruvchan bo‘lishi mumkin, demak, tok kuchi:

$$J = \frac{dq}{dt} \qquad (1)$$

bu yerda: dq – dt qisqa vaqt ichida o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzidan o‘tuvchi elektr zaryad.

Agar vaqt o‘tishi bilan tok kuchi va uning yo‘nalishi o‘zgarmasa, ya’ni I = const bo‘lsa, tok o‘zgarmas deb ataladi. O‘zgarmas tokning kuchi quyidagiga teng:

$$J = \frac{q}{t} \qquad (2)$$

Elektr zanjirini hisoblashda zanjirdan o‘tayotgan tok kuchi yoki qisqacha tok muhim ahamiyatga ega.

SI sistemada tokning asosiy birligi amper (A) hisoblanadi. Tok birligining nomi fransuz fizigi A.Amper sharafiga amper deb ataladi.

$$[J] = \frac{[q]}{[t]} = \frac{1Kl}{1c} = 1A$$

(2) formuladan elektr miqdorining SI sistemadagi o‘lchov birligini aniqlashda foydalanish mumkin, ya’ni:

$q = Jt$ (3) $\qquad [q] = [J]\,[t] = 1A \cdot 1c = 1Kl.$

Amalda tokning ancha kichik birliklari – milliamper (mA) va mikroamper (mkA) lardan foydalanishga to‘g‘ri keladi:

$$1mA = 10^{-3}\ A; \qquad 1mkA = 10^{-6}\ A.$$

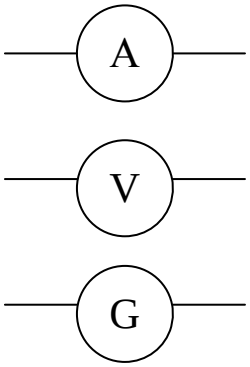
Zanjirda tok kuchini o‘lchash uchun ampermetr deb ataluvchi asbobdan foydalaniladi. Ampermetr zanjirga faqat ketma-ket ulanadi.

Ba’zida zanjirdan o‘tayotgan tok shunchalik kichik bo‘ladiki, uni ampermetr bilan o‘lchab bo‘lmaydi. Bunday hollarda galvonometr deb ataluvchi asbobdan foydalaniladi. Kuchsiz toklar, uncha katta bo‘lmagan kuchlanish va kichik elektr miqdorini qayd qilish va o‘lchash uchun qo‘llaniladigan asbob galvonometr

deyiladi. U qanday maqsadda ishlatilishiga qarab zanjirga ketma-ket yoki parallel ulanadi.

Kuchlanishni o‘lchash uchun ishlatiladigan asbob voltmetr deyiladi. Uning vazifasi tokli o‘tkazgichning istalgan ikki nuqtasi orasidagi potensiallar farqini ulashdan iborat. Voltmetrni zanjirga parallel ulash lozim.

Bu asboblarning sxemalardagi shartli belgilari 1-rasmda ko‘rsatilagan.



Ampermetr

Voltmetr

Galvonometr

1-rasm

O‘tkazgichdan o‘tgan tok uning yo‘g‘on – ingichkaligiga qarab zichroq yoki siyrakroq bo‘lishi mumkin. O‘tkazgich ko‘ndalang kesimining yuza birligi orqali o‘tgan tok kuchiga tok zichligi deyiladi. Bu kattalik elektr tokni o‘tkazgichning ko‘ndalang kesimida taqsimlanishini harakterlaydi:

$$j = \frac{dJ}{dS} \qquad (4)$$

bu yerda dJ – dS elementar yuzadan o‘tuvchi tok kuchi.

Tajribalar ko‘rsattiki, o‘tkazgichni butun ko‘ndalang kesimida o‘zgarmas tokni zichligi bir xil. Shunnig uchun o‘zgarmas tok uchun:

$$J = j \cdot S \qquad (5)$$

CI sistemasida tokning zichligi kvadrat metrga amper o‘lchanadi.

$$[j] = 1\frac{A}{м^2}$$

Bu birlik juda kichik bo‘lgani uchun tok zichligini, ko‘pincha kvadrat santimetrga amper yoki kvadrat millimetrga amper hisobida ifodalanadi:

$$1\frac{A}{см^2} = 10^4\ \frac{A}{м^2}\ ; \qquad 1\frac{A}{мм^2} = 10^6\ \frac{A}{м^2} \qquad (6)$$

Tok zichligi doimo o‘tkazgichning yo‘g‘onligiga mos bo‘lishi lozim, aks holda o‘tkazgich qizib ketadi yoki elektr zanjirida keraksiz darajada elektr nobudliklari ro‘y beradi. O‘tkazgichning yo‘g‘onligiga qarab unda iqtisodiy jihatdan ijozat etiladigan tok zichligi qanday bo‘lishini ko‘rsatuvchi maxsus jadval ishlab chiqilgan. Elektr uzatish simlari shunday jadvallardan foydalanib chiqariladi.

O‘tkazgichlarda elektr tokini vujudga keltirish uchun o‘tkazgich ichida elektr maydon hosil bo‘lishi shartdir. Bu vazifani tok manbalari bajaradi.

Elektr tok manbalari xilma-xil bo‘lib, ularning barchasida musbat va manfiy zaryadlarni ajratish ishi bajariladi. Ajratilgan zaryadlar tok manbaining qutblarida to‘planadi. Tok manbaining qutblari orasida ichki elektr maydon hosil bo‘ladi.

Agar tok manbaining qutblari o‘tkazgich bilan ulansa, o‘tkazgichda tashqi elektr maydon hosil bo‘lib, maydon ta’sirida o‘tkazgich bo‘ylab erkin elektronlar harakatlanadi va elektr toki vujudga keladi.

O‘zgarmas tokning manbalari sifatida Volta elementi, Plante elementi, (akkumulyator), elektromexanik va magnitodinamik (MGD) generatorlar qo‘llaniladi. Hozirgi paytda, ayniqsa elektrotransportda qo‘llaniladigan o‘zgarmas tok energiyasining ko‘p qismi turli tipdagi to‘g‘rilagichlar vositasida o‘zgaruvchan toklardan hosil qilinadi. O‘zgarmas tok hosil qilish uchun o‘zgarmas tok generatorlaridan ham keng foydalaniladi.

Tok manbalarida zaryadlarni ajratish jarayonida mexanik ximiyaviy va boshqa turdagi energiyalar elektr energiyasiga aylanadi. Shunday qilib, har qanday tok manbalarida elektr energiya boshqa ko‘rinishdagi energiya hisobiga hosil qilinadi.

Masalan, termoelementda ichki energiya, fotoelementda yorug‘lik energiyasi, galvanik elementda va akkumulyatorda ximiyaviy energiyalar elektr energiyaga aylanadi.

Agar o‘tkazgichda elektr maydoni hosil qilinsa-yu, ammo uni saqlab turish uchun chora ko‘rilmasa, bunda zaryad tashuvchilarning harakati o‘tkazgich ichidagi maydonning tezlik bilan yo‘qolishiga va demak, tokning to‘xtashiga olib keladi. Tokning muntazam oqib turishi uchun zanjirning ma’lum sohalariga yoki butun zanjirga ta’sir etuvchi tashqi kuchlar zarur ekan.

Tashqi kuchlarni zanjirda harakatlanuvchi zaryadlar ustida bajargan ishi orqali harakterlash mumkin.

Manbaning elektr yurituvchi kuchi (EYUK) deb, bir birlik musbat zaryadni yopik zanjir bo‘ylab ko‘chirishda tashqi kuchning bajargan ishiga miqdor jihatdan

teng bo‘lgan fizik kattalikka aytiladi. Demak, q zaryad ustida bajarilgan tashqi kuchlarning ishi A bo‘lsa, u paytda:

$$\varepsilon = \frac{A}{q} \qquad [\varepsilon] = 1B \qquad (7)$$

Elektr yurituvchi kuch berk eletr zanjirida tok hosil bo‘lishiga sabab bo‘ladi.

Elektr yurituvchi kuch manbalari elektr zanjiri bo‘ylab tok hosil etganda manba tashqarisida va manbaning ichida potensiallar farqi vujudga keladi. Tokning manbadan tashqi yo‘lidagi qismini tashqi zanjir, manba ichidagisini ichki zanjir deb ataladi. Tashqi zanjirda elektr miqdori birligining bajargan ishi kuchlanish deb ataladi.

Elektrostatik va tashqi kuchlarning birlik musbat zaryadni ko‘chirishda bajargan ishlarining yig‘indisiga teng bo‘lgan kattalik kuchlanish deyiladi, ya’ni

$$И = \frac{Aэ.к.}{q} + \frac{Am.к.}{q} \qquad (8)$$

yoki

$$И = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon \qquad (9)$$

Om qonuniga binoan, bir jinsli metall o‘tkazgichdan tok kuchi o‘tkazgichdagi kuchlanish tushuvchiga proporsional bo‘ladi, ya’ni:

$$J = \delta u \qquad (10)$$

bu yerda δ -o‘tkazgichning o‘tkazuvchanligi $[\delta]$ Cm

Odatda, amaliy hisoblashlarda o‘tkazuvchanlikning teskari ifodasi bo‘lgan kattalikdan foydalaniladi va unga o‘tkazgichning qarshiligi deyiladi:

$$R = \frac{1}{\delta} \qquad (11)$$

O‘tkazgichning zanjirdagi tokni cheklash xossasiga o‘tkazgichning qarshiligi deyiladi.

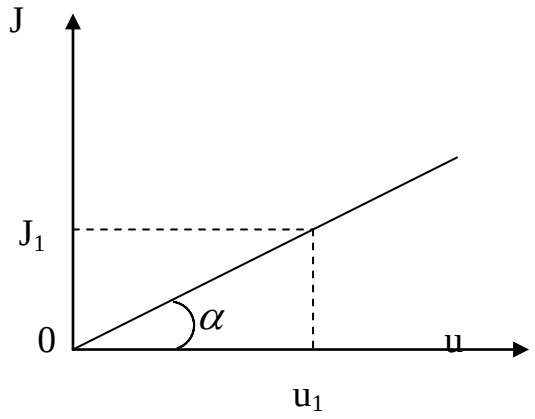
O‘tkazgich qarshiligi orqali tok kuchi va kuchlanish orasida bog‘lanish quyidagicha bo‘ladi:

$$J = \frac{И}{R} \qquad (12)$$

(12) formula zanjirning bir qismi uchun Om qonuni deyiladi va u quyidagicha ta’riflanadi:

Zanjirning bir qismidan o‘tayotgan tokning kuchi o‘tkazgich uchlaridagi kuchlanishga to‘g‘ri proporsonal va o‘tkazgichning qarshiligiga teskari proporsionaldir.

Tok kuchi va kuchlanishning bog‘lanish grafiki berilgan o‘tkazgichning volt-amper harakteristikasi deyiladi (2-rasm).



2-rasm

2-rasmda ko‘rsatilgan to‘g‘ri chiziqni og‘ish burchagi zanjir uchastkasini qarshiligiga bog‘liq, ya’ni:

$$ctg\,\alpha = \frac{U_1}{I_1} = R \qquad (13)$$

O‘tkazgichning qarshiligi uning o‘lchamlariga, shakliga, shuningdek, uning qanday materialdan yasalganiga bog‘liq.

$$R = \rho \frac{\lambda}{s} \qquad (14)$$

bu yerda λ - o‘tkazgichning uzunligi; S- uning ko‘ndalang kesim yuzasi; ρ – o‘tkazgichning solishtirma qarshiligi bo‘lib, u o‘tkazgich materialining ichki xususiyatlariga va tashqi sharoitga bog‘liq.

O‘tkazgich qancha uzun bo‘lsa, qarshiligi shuncha ko‘p, qancha yo‘g‘on bo‘lsa (ko‘ndalang kesim yuzi qancha katta bo‘lsa), qarshiligi shuncha kam bo‘ladi.

O‘tkazgich qarshiligining temperaturga qarab nisbiy o‘zgarishi ro‘y beradi va bunday o‘zgarish temperaturani o‘zgarishiga to‘g‘ri proporsional bo‘ladi, ya’ni:

$$\frac{R - R_0}{R_0} = \alpha \Delta t^0 \qquad (15)$$

bu yerda R_0 – 0^o S temperaturada o‘tkazgichning qarshiligi; R – t^o S temperaturada o‘tkazgichning qarshiligi; α - qarshilikning temperatura koeffitsiyenti deyiladi va u quyidagiga teng:

$$\alpha = \frac{R - R_o}{R_o \Delta t^o} \qquad (16)$$

O‘tkazgichni bir gradusga qizdirilganda qarshilikning nisbiy o‘zgarishini ko‘rsatadigan fizik kattalik qarshilikning temperatura koeffitsiyenti deyiladi.

Shunday qilib, temperatura va o‘tkazgichni qarshiligi orasida bog‘lanish qyidagicha bo‘ladi:

$$R = R_o (1 + \alpha t^o) \qquad (17)$$

Ya’ni o‘tkazgichning qarshiligi temperaturaga chiziqli bog‘liqdir.

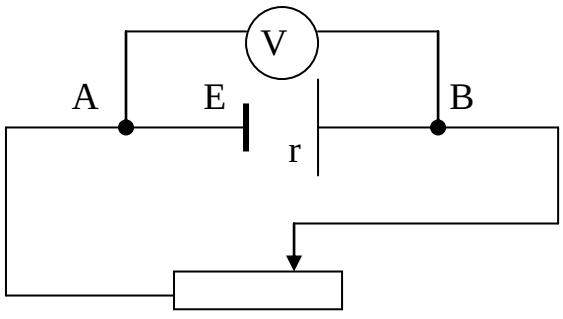
O‘tkazgichning tok o‘tkazish qobiliyati uning solishtirma qarshiligi yoki o‘tkazuvchanligi bilan harakterlanadi. Ularning kattaligi, xususan, moddaning temperaturasi bilan aniqlanadi. Ko‘pchilik metallarning solishtirma qarshiligi temperatura oshishi bilan taxminan chiziqli qonun bo‘yicha oshib boradi, ya’ni:

$$\rho = \rho_o (1+ \alpha t^o) \qquad (18)$$

Binobarin, solishtirma qarshilik ham temperaturaga chiziqli bog‘langandir.

Elektr zanjir tashqi va ichki qismlardan tashkil topgan. Yopiq konturdan o‘tuvchi elektr zaryadlar zanjirning tashqi, hamda ichki qismlarida qarshiliklarga uchraydilar.

Yopiq kontur R qarshilikka ega bo‘lgan tashqi qismdan va ichki qismdan, ya’ni ichki qarshilik r bo‘lgan tok manbaidan tashkil topgan (3-rasm).



3- rasm

Tok manbaidan tashkil topgan zanjirning uchastkasi, zanjirning ichki qismi deyiladi. Ulanadigan o‘tkazgichlar va ularga ulanadigan nagruzkalar zanjirni tashqi qismini hosil qiladilar.

Zanjirning ichki qismida tashqi energiya ta’sirida zaryadlarning ajratishi ro‘y beradi va elektr maydon hosil bo‘ladi.

Zanjirning tashqi qismida elektr maydon ta’sirida elektr zaryadlar harakatga ega bo‘ladilar va maydon energiyasi boshqa turdagi energiyalarga aylanadi. Masalan, elektr plitkada elektr energiya issiqlikga o‘tadi, elektrodvigatelda elektr energiya mexanik energiyaga o‘tadi.

Energiyaning saqlanish qonunining asosida, manbaning elektr yurituvchi kuchi zanjirning tashqi va ichki qismlaridagi kuchlanishlarning yig‘indisiga teng, ya’ni:

$$E = J R + J r \qquad (19)$$

Bu yerda J R – zanjirning tashqi qismidagi kuchlanish;

J r – zanjirning ichki qismidagi kuchlanish.

Bunda:

$$J = \frac{\varepsilon}{R + r} \qquad (20)$$

(20) formulada yopiq zanjir uchun Om qonunining matematik ifodasi bo‘lib, u quyidagicha ta’riflanadi.

Yopiq zanjirdan o‘tayotgan tokning kuchi manbaning elektr yurituvchi kuchiga to‘g‘ri proporsional va zanjirning to‘la qarshiligiga teskari proporsionaldir.

Zanjirning bir jinsli bo‘lmagan uchastkani ko‘rib chiqamiz. Bunday uchastkaga ta’sir etuvchi elektr yurituvchi kuch ε va uchastkaning uchlarida potensiallar ayirmasi $\varphi_1 - \varphi_2$ bo‘lsa, u paytda tokning kuchi quyidagiga teng:

$$J = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon}{R} \qquad (21)$$

(21) formula zanjirning bir jinsli bo‘lmagan qismi uchun Om qonunini ifodalaydi.

Elektr energiya boshqa tur energiyalarga oson aylanadi, shuning uchun elektr tokining qo‘llanish sohasi xilma-xildir.

Elektr plitalarda, cho‘g‘lanish lampalarida elektr energiya isitishga sarf bo‘ladi. Radiostansiyalarda, kunduzgi yorug‘lik lampalarida, elektron nurli trubkalarda (televideniya) elektr toki energiyasi elektromagnit nurlanish energiyasiga aylanadi.

Tokning bajargan ishi elektr toki energiyasining boshqa tur energiyalarga aylanish o‘lchovidir.

Tokning zarjirning bir qismiga bajargan ishini quyidagi formula bo‘yicha hisoblash mumkin:

$$A = q\,U \qquad (22)$$

Bunda q- elektr miqdori; U – kuchlanish.

Kuchlanish kattaligini voltmetr bilan o‘lchash mumkin, biroq eletr miqdorini o‘lchash uchun qulay bo‘lgan asbob yo‘q. (3) formuladan zaryadning qiymatini topib, q = Jt va uni (22) formulaga qo‘yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$A = U\,J\,t \qquad (23)$$

Bu formulaga kiruvchi kattaliklar voltmetr, ampermetr va soat yordamida oson o‘lchanadi.

(23) formula elektr energiya qanday tur energiyalarga aylanishdan qat’i nazar, zanjirning bir qismida tok bajargan to‘la ishni hisoblashga imkon beradi. Masalan, elektrodvigatel ishlaganda elektr energiyaning bir qismi qizishga, qolgan qismi esa mexanik energiyaga aylanadi. (23) formula tokning elektrodvigatelda bajargan to‘la ishini topishga yordam beradi, biroq energiyaning qancha qismi qizishga va qancha qismi mexanik energiyaga sarf bo‘lishini alohida-alohida ko‘rsatmaydi.

Agar (23) formuladagi tok o‘rniga Om qonuni ifodasidagi qiymati qo‘yilsa, hamma energiya faqat issiqlik ta’sirida sarf bo‘ladigan zanjir qismida tokning bajargan ishini hisoblash formulasini olish mumkin:

$$A = J^2\,R\,t \qquad (24)$$

$$A = \frac{U^2}{R}t \qquad (25)$$

Elektr energiya manbaining bajargan to‘la ishi uning E.Yu.K. ga bog‘liqdir. Uni quyidagicha formula bilan topish mumkin:

$$A = \varepsilon\,J\,t \qquad (26)$$

Tok energiyasining sarfini hisoblaydigan asbob elektr schyotchik deyiladi.

Birlik elektr energiya narxi tarif deyladi.

Mexanikadan ma’lumki, ishning tezligi quvvat bilan harakterlanadi. Xuddi shu tushunchani elektr toki uchun ham qo‘llash mumkin. Elektr zanjiridagi tokning ish tezligini harakterlovchi kattalik tokning quvvati deyiladi.

Demak, tokning quvvati uning vaqt birligida bajargan ishi bilan o‘lchanadi:

$$P = \frac{A}{t} \qquad (27)$$

Elektrotexnikada quvvat R harfi bilan belgilanadi. (27) formuladagi ishni uning (23) dagi qiymati bilan almashtirib, tokning to‘la quvvati ifodasini hosil qilamiz:

$$R = U J \qquad (28)$$

(27) formuladagi ishni uning (24) va (25) dagi ifodasi bilan almashtirish mumkin. U holda tokning faqat issiqlikka sarf bo‘ladigan quvvati formulasini olamiz;

$$R = J^2 R \qquad (29)$$

$$P = \frac{U^2}{R} \qquad (30)$$

Elektr energiya manbaining erishadigan quvvati quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$R = \varepsilon J \qquad (31)$$

Elektr asboblarida faqat quvvat emas, balki ishlash kuchlanishi ham ko‘rsatilgan bo‘ladi.

Tok manbalarining energiyalarini foydali ishga sarflash qobiliyati foydali ish koeffitsiyenti deb ataluvchi kattalik bilan harakterlanadi.

Tok manbaining foydali ish koeffitsiyenti deb, foydali ishni manbaning sarflangan to‘liq energiyasiga bo‘lgan nisbatiga aytiladi, ya’ni:

$$\eta = \frac{A}{W_T} \qquad (32)$$

$$\eta = \frac{J^2 Rt}{J^2 (R + r)t} \qquad (33)$$

bundan quyidagi hosil bo‘ladi:

$$\eta = \frac{R}{R + r} \qquad (34)$$

Bu formuladan nagruzkaning R qarshiligi tok manbaining r qarshiligidan qancha katta bo‘lsa, ya’ni R>r, foydali ish koeffitsiyentining shuncha katta bo‘lishi

kelib chiqadi. Shuning uchun manbaning qarshiligini iloji boricha kichik qilishga harakat qilinadi.

Berilgan elektr energiya manbaidan qanday eng katta tok olish mumkin? Bu savolga javob berish uchun butun zanjir uchun Om qonuni formulasini yozaylik:

$$J = \frac{\varepsilon}{R + r} \qquad (35)$$

Ravshanki, eng katta tok tashqi qarshilik nolga teng bo‘lganda, ya’ni manba qutblari bir-biriga bevosita tegizilganda hosil bo‘ladi:

$$J_{max} = \frac{\varepsilon}{r} \qquad (36)$$

Shuningdek, manba qutblarini qarshiligi nolga yaqin bo‘lgan o‘tkazgich, masalan, yo‘g‘on mis sim bilan tutashtirib eng katta tok olish mumkin. Elektr zanjirini qarshiligi juda kichik bo‘lgan o‘tkazgich bilan tutashtirish qisqa tutashuv deyiladi. Bunda zanjirdan o‘tayotgan tok qisqa tutashuv toki deyiladi. Bu tokni tashqi qarshilikni hisobga olmasdan (35) formula bo‘yicha hisoblash mumkin.

Qisqa tutashuv juda zararli. Unda energiyaning bekorga isrof bo‘lishi va generatorning ishdan chiqishidan tashqari, u yong‘inga sabab bo‘lishi ham mumkin, chunki bunda qisqa tutashuv tokining simlarda ajratib chiqargan issiqlik miqdori shunchalik ko‘p bo‘ladiki, natijada juda yuqori temaperatura hosil bo‘ladi.

Qisqa tutashuvni bartaraf qilish uchun kuchlanish ostida turgan ulovchi simlar butun uzunligi bo‘yicha bir-biridan va bino devorlaridan izolyatsiyalangan bo‘lishi lozim. Xonalarda katta quvvatli asboblar, masalan, quvvatli elektr pechlar ulanmaslik kerak, chunki kuchli tok simlarning qizib ketishiga sabab bo‘ladi, bunda izolyatsiya buziladi, kuyib ketadi. Yalang‘ochlangan simlar bir-biriga tegib qolishi mumkin, bunda qisqa tutashuv yuz beradi.

Elektr zanjirlarini qisqa tutashuvning zararli oqibatlaridan saqlash uchun zanjirga iste’molchi bilan ketma-ket qilib eruvchan saqlagichlar yoki probkalar ulanadi.

Zanjirning qisqa tutashuvi vaqtida tokning ajratib chiqargan issiqligi saqlagichdagi simni eritib yuboradi va shu bilan zanjirni uzadi.

Probka kuyganda uni olib tashlab, o‘rniga yangisini burab qo‘yishi lozim. Kuygan saqlagich o‘rniga sim bo‘laklarini (juchki) qo‘yish mumkin emas, chunki qisqa tutashuv vaqtida ular kuymaydi va yong‘in chiqishi mumkin. Har bir zanjir

uchun saqlagich qarshiligi aniq hisoblangan bo‘lishi lozim. Katta quvvatli zanjirlar uchun saqlagichlar qisqichlarga qo‘yiladigan chinni nay ichiga qilinadi.

Shuningdek, avtomatik saqlagichlar ham mavjud. Bunday saqlagichlarda qisqa tutashuv vaqtida zanjirni uzuvchi knopka otilib chiqadi. Zanjirni qaytadan ulash uchun knopkani bosib qo‘yish kifoya. Bunday saqlagichlarni oldindan belgilangan maksimal tokda knopkasini otilib chiqadigan qilib sozlab qo‘yish mumkin.

Saqlagichni almashtirishdan oldin zanjirni tekshirib ko‘rib, qisqa tutashuv bo‘lgan joyni topish va zarar tekkan joyini tuzitish lozim. Faqat shundan keyingina yangi saqlagichni qo‘yish mumkin.

O‘tkazgichdan tok o‘tganda o‘tkazgich qiziydi. O‘tkazgichning qizishini quyidagicha tushuntirish mumkin. O‘tkazgichdan tok o‘tmaganda undagi erkin eletronlar tartibsiz harakatlanadi va kristall panjara tugunlaridagi ionlar bilan to‘qnashishi sababli energiya almashadi. Bu holda erkin eletronlar bilan kristall panjara tugunlaridagi ionlari o‘rtasidagi issiqlik muvozanati yuzaga keladi. Binobarin, toksiz o‘tkazgich qizimaydi.

O‘tkazgichdan tok o‘tayotganda esa erkin elektronlar kristall panjara tugunlaridagi ionlar bilan to‘qnashganda ularga ko‘proq energiya beradi-yu, lekin ulardan kamroq energiya oladi. Erkin elektronlar energiyasining kamayishi elektr maydon energiyasi hisobiga tezda tiklanadi. Natijada erkin elektronlar bilan kristall panjara tugunlaridagi ionlar o‘rtasidagi issiqlik muvozanati buziladi, o‘tkazgichning temperaturasi orta boradi. Binobarin, tokli o‘tkazgich qiziydi.

Tokning issiqlik ta’sirini ifodalovchi qonun Joul-Lens qonuni deyilib, u quyidagicha ta’riflanadi:

O‘tkazgichdan tok o‘tganda ajralib chiqqan issiqlik miqdori tok kuchining kvadrati bilan o‘tkazgich qarshiligi va tokning o‘tish vaqtining ko‘paytmasiga teng, ya’ni:

$$Q = J^2 Rt \qquad (36)$$

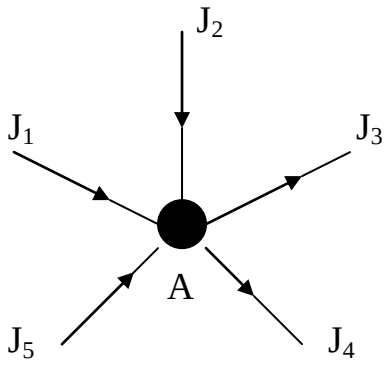
(36) formuladan ko‘rinadiki, o‘tkazgichda ajralgan issiqlk miqdori tokning bajargan ishiga teng.

(25) formulaga asosan, Joul – Lens qonunini yana quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$Q = J^2 Rt = JUt = \frac{U^2}{R}t \qquad (37)$$

Tokning issiqlik ta’siridan elektr isitish asboblari, eruvchi saqlagichlar, elektr o‘lchov asboblarini yasashda foydalangandir.

Murakkab tarmoqlangan elektr zanjirlarini hisoblash uchun Kirxgofning ikkita qonunlaridan foydalanish mumkin. Ulardan biri zanjirning tugunlariga taalluqli. Ikkitadan ortiq o‘tkazgich ulangan nuqta tugun deb ataladi. (4-rasm).



4-rasm

Kirxgofning birinchi qonunining ta’rifi quyidagicha bo‘ladi;

Elektr zanjirining tugunida uchrashgan toklarning algebraik yig‘indisi nolga teng, ya’ni:

$$\sum_{i=1}^{n} J_i = 0 \qquad (38)$$

bunda n – tugunda uchrashgan toklarning soni.

(38) formulada tugunga keluvchi toklar musbat ishora bilan, ketuvchi toklar esa manfiy ishora bilan olinadi.

Kirxgofning I qonuni elektr zaryadlarini saqlanish qonunidan kelib chiqdi.

Kirxgofning ikkinchi qonuni tarmoqlangan elektr zanjirning ixtiyoriy yopiq konturiga tegishli bo‘lib, u quyidagicha ta’riflanadi:

Tarmoqlangan elektr zanjirining ixtiyoriy yopiq konturi qismlaridagi tok kuchlarini mos ravishda qarshiliklariga ko‘paytmalarining algebraik yig‘indisi shu konturdagi barcha elektr yurituvchi kuchlarning algebraik yig‘indisiga teng, ya’ni:

$$\sum_{i=1}^{n} J_i R_i = \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i \qquad (39)$$

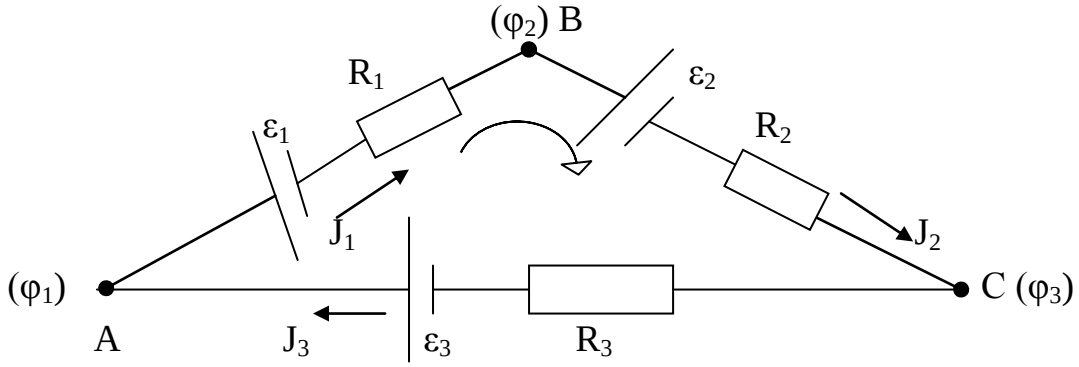
bu yerda n – yopiq konturdagi qismlar sonini bildiradi.

Kirxgof ikkinchi qonunini tadbiq etishda quyidagi shartlarga rioya qilish kerak:

1. Elektr zanjiri qismlaridagi yo‘nalish aylanish yo‘nalishi bilan mos tushgan toklarni musbat, teskari yo‘nalganlari esa manfiy hisoblanadi.

2. Elektr zanjiridagi tok manbalarining manfiy qutbidan musbat qutbiga tomon yo‘nalish konturni aylanish yo‘nalishi bilan mos tushsa, manbaning EYUKsi musbat ishora bilan, aks holda esa manfiy ishora bilan olinadi.

Tarmoqlangan elektr zanjirida ixtiyoriy AVSA yopiq kontur ajratamiz (5-rasm). Aylanish yo‘nalishini belgilaymiz va konturning har bir tarmoqlangan qismlari uchun Om qonunini qo‘llaymiz.



5-rasm.

$$\left.\begin{aligned} J_1 R_1 &= \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_1 \\ J_2 R_2 &= \varphi_2 - \varphi_3 + \varepsilon_2 \\ J_3 R_3 &= \varphi_3 - \varphi_1 + \varepsilon_3 \end{aligned}\right\} \qquad (40)$$

Bu ifodalar qo‘shilganda potensiallar qisqaradi va Kirxgofning ikkinchi qonunini ifodalovchi tenglama hosil bo‘ladi, ya’ni:

$$J_1 R_1 + J_2 R_2 + J_3 R_3 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 \qquad (41)$$

Shunday qilib, Kirxgofni qonunlaridan foydalanib, har qanday murakkab, tarmoqlangan elektr zanjirining parametrlarini hisoblash mumkin.

Elektr energiya boshqa tur energiyalarga oson aylanadi, shuning uchun elektr tokining qo‘llanish sohasi xilma-xildir.

Xalq xo‘jaligining barcha sohalarini – sanoat, ishlab chiqarish, qishloq xo‘jalik, transport, shahar xo‘jaligi va boshqalarni elektr energiyasi bilan ta’minlash mumkin.

Elektr energiyasi eng ko‘p ishlatiladigan asosiy soha sanoatdir. Ishlab chiqariladigan butun elektr energiyasining asosiy qismi sanoatga sarflanadi.

Transport ham energiyani ko‘p sarflaydigan yirik tarmoqlardandir. Tobora ko‘p temir yo‘llar elektr ulovidan (elektrovozlardan) foydalanish asosiga ko‘chirilmoqda. Qishloq xo‘jaligida elektr energiyasini ishlab chiqarish va maishiy ehtiyojlar uchun foydalanadi. Turar joylarni yoritish va maishiy elektr asboblarini ishlatish uchun elektr energiyasidan foydalanishi hammaga ma’lum.

Hozir iste’mol qilinadigan elektr energiyasining ko‘p qismi mexanik energiyaga aylantiriladi. Sanoat ishlab chiqarishdagi mexanizmlarning deyarli barchasini elektr dvigatellari harakatga keltiradi. Ular qulay, ixcham bo‘lib, ishlab chiqarishni avtomatlashtirishga imkon beradi. Sanoatda iste’mol qilinadigan elektr energiyasini texnologik (ya’ni elektr bilan payvandlash, metallarni eletr bilan qizdirish va eritish,elektroliz qilish va shu kabi) maqsadlar uchun sarflanadi.

O‘zbekistonda metallurgiya, mashinasozlik, samolyotsozlik, kimyo va konchilik sanoati yuksalmoqda. Hozir O‘zbekistonda elektr mashinalari, transformatorlar, radiotexnika asboblari va boshqa elektr uskunalari ko‘plab ishlab chiqarilmoqda.

Nazorat uchun savollar:

1. O‘tkazgichlarda elektr tokni vujudga keltirish uchun qanday shart bajarilishi kerak?
2. Tok manbalarida qanday jarayon ro‘y beradi?
3. $j = \frac{dI}{dS}$ ifoda asosida kattalikni ta’rifini bering.
4. O‘tkazgichni volt-amper harakteristikasi deb nimaga aytiladi?
5. Elektr zanjirdagi tokning ish tezligini qaysi kattalik harakterlaydi?
6. Qisqa tutashuv deb nimaga aytiladi? Tutashuv toki nima?
7. Xalq xo‘jaligining qaysi sohalarini elektr energiyasi bilan ta’minlash mumkin?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Elektr tok, o‘zgarmas tok haqida ma’lumotlarni izlab topish.
2. Elektr zanjirda ro‘y beradigan qisqa tutashuv va uning salbiy oqibatlarni o‘rganish.
3. Xalq xo‘jaligini rivojlanishida elektr energiyani ahamiyatini o‘rganish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 2, 8, 9

3.4 Mavzu: O‘tkazgichlar, dielektriklar, yarim o‘tkazgichlar

Darsning maqsadi: Servis sohasida katta ahamiyatga ega bo‘lgan o‘tkazgich, dielektrik va yarim o‘tkazgichlar to‘g‘risida chuqur bilimlar berish.

Asosiy savollar:

1. Moddaning zonaviy tuzilishi
2. Metall o‘tkazgichlar. Suyuq o‘tazgichlar
3. Dielektriklar. Elektr izolyatsion materiallar.
4. Yarim o‘tkazgichlar. Yarim o‘tkazgichli qurilmalar va asboblar
5. Elektronika, radiotexnika va mikroelektronikaning rivojlanishi

Tayanch so‘z va iboralar:

Izolyator – elektr simini osish, mahkamlash uchun qo‘llaniladigan elektr toki o‘tkazmaydign material.

Izolyatsiya – energiya manbalari, elektr asbob-uskunalar va elektr simlarining sirtidagi elektr, nam, suv va hokazolarni o‘tkazmaydigan qoplama.

Elektr simi – elektr energiyasini uzatish va taqsimlash, elektr va radio signallarini uzatish hamda elektr mashinalar, transformatorlar, o‘lchash asboblari va boshqa asbob-uskunalar cho‘lg‘amlarini tayyorlashda qo‘llaniladina material.

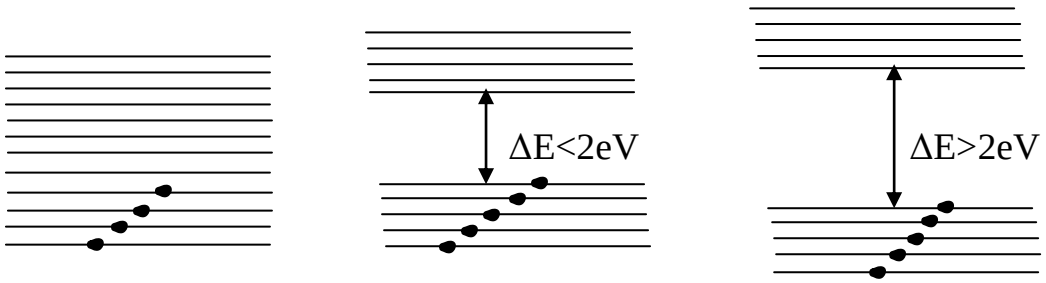
Yarim o‘tkazgichlar – keng ma’noda – elektr o‘tkazuvchanligi metallarnikidan kichik, dielektriklarnikidan katta bo‘lgan moddalar.

Yarim o‘tkazgichli material – elektron asboblar va qurilmalar tayyorlashda qo‘llaniladigan material.

Yarim o‘tkazgichli asbob – yarim o‘tkazgichlardagi elektron jarayonlari asosida ishlaydigan elektron asbob. Elektronikada turli signallarni o‘zgartirishda, enregetikada esa bir turdagi energiyani boshqa turdagi energiyaga aylantirishda qo‘llaniladi.

O‘zlarining elektr o‘tkazuvchanlik xossalariga qarab qattiq jismlar metallarga (o‘tkazgichlarga), yarim o‘tkazgichlarga va dielektriklar (izolyatorlar)ga bo‘linadi.

Metallar energetik zonalari elektron bilan to‘la band qilinmagan bo‘ladi (1a-rasm) va ularga tashqaridan kuchsiz elektr maydon ta’sir etsa, elektronlar yuqorida joylashgan uzluksiz bo‘sh o‘tkazuvchanlik zonalariga o‘tib olib, ma’lum yo‘nalishda harakat qiladi va elektr toki hosil bo‘ladi. Sababi metallarda valent va o‘tkazuvchanlik energetik zonalar bir-birlari bilan “chaplashib” uzluksiz zona hosil qilgan bo‘ladi.



a) b) v)

1-rasm.

Yarim o‘tkazgichlarga esa valent zona elektronlar bilan to‘lgan bo‘lib, agar elektronlar o‘tkazuvchanlik zonasiga o‘tmasa, ular erkin bo‘lmaydi (1b-rasm). Bu zona valent zonadan $\Delta E \sim 0{,}1 \div 2eV$ energetik masofada joylashgan bo‘ladi, unda ΔE – taqiqlangan zonaning eni. Agar elektronlar valent zonadan o‘tkazuvchanlik zonaga o‘tmasalar, tashqi elektr maydon ta’siri bilan tok hosil bo‘lmaydi. Yarim o‘tkazgichda elektr toki hosil bo‘lishi uchun, ma’lum tashqi faktor (temperatura, yorug‘lik va h.k.) yordamida elektronlar valent zonadan o‘tkazuvchanlik zonaga o‘tgan bo‘lishi kerak.

Dielektriklarda esa o‘tkazuvchanlik zonasi bilan valent zonasi orasidagi energetik masofa eng kamida $\Delta E = 2eB$ va undan ko‘proq bo‘lib, umuman erkin elektronlar bo‘lmaydi (1v-rasm).

Yarim o‘tkazgichlarga asosan kristall strukturaga ega bo‘lgan juda ko‘p qattiq jismlar kiradi. Yarim o‘tkazgichlar atomlar (germaniy, kremniy, tellur, selen va h.k.) shaklida va kimyoviy birlashmalar shaklida (sulfidlar, selenidlar va h.k.) uchraydi.

Elektr tokini yaxshi o‘tkazadigan, ya’ni yuqori elektr o‘tkazuvchanlik xususiyatiga ega bo‘lgan moddalar o‘tkazgichlar deyiladi. Elektr o‘tkazuvchi moddalar solishtirma qarshiligining katta kichikligiga qarab elektr tokini yaxshi o‘tkazadigan elektr o‘tkazgichlar ($\rho=10^{-6}\div10^{-4}$ Om·sm), izolyatorlar ($\rho=10^{5}\div10^{18}$ Om·sm) va yarim o‘tkazgichlar ($\rho=10^{-4}\div10^{5}$ Om·sm)ga bo‘linadi. Metallar, elektrolitlar va plazmalar elektr o‘tkazuvchidir.

Elektr o‘tkazuvchanligi yuqori bo‘lgan modda yoki jism o‘tkazgich deb ataladi. O‘tkazgichlar ikki xil bo‘ladi: birinchi tur o‘tkazgichlari va ikkinchi tur o‘tkazgichlari.

Erkin eletronlarni soni nihoyatda ko‘p bo‘lgan mis, alyuminiy kabi materiallar birinchi tur o‘tkagichlar deb aytiladi.

Amaliyotda keng qo‘llaniladigan o‘tkazgich elektr simi. Bitta yoki bir necha tomirli simlardan iborat bo‘lgan metall o‘tkazgich elektr simi deyiladi. Tovar sifatida ishlab chiqarilgan va servis sohasida keng foydalanadigan elektr simlar quyidagi turlarga bo‘linadi: izolyatsiyalangan, izolyatsiyalanmagan elektr simi; cho‘lg‘ambop elektr simi; montaj simlari, elektr shnurlari, uzaytirgich (udlinitel) va boshqa turlarga bo‘linadi.

Elektr simi elektr energiyasini o‘zatish va taqsimlash, elektr va radio signallarini uzatish hamda elektr mashinalar, transformatorlar, o‘lchash asboblari va boshqa asbob-uskunalar cho‘lg‘amlarini tayyorlashda qo‘llaniladi.

Hozirgi zamonda simli aloqa katta ahamiyatga ega. Axborotni sim orqali elektr signallar vositasida uzatish va qabul qilish simli aloqa deb aytiladi. Simli aloqa elektr aloqaning bir turi bo‘lib, undan ko‘pincha radioaloqa bilan birga foydalaniladi.

Qattiq jismlar kabi, suyuqliklarning ham dielektrigi, o‘tkazgichi va yarim o‘tkazgichi bo‘ladi. Dielektriklar jumlasiga distillangan suv, o‘tkazgichlar jumlasiga elektrolitlarning, ya’ni kislota, ishqor va tuzlarning eritmalari kiradi. Suyuq yarim o‘tkazgichlar jumlasiga, eritilgan selen, eritilgan sulfidlar kiradi.

Moddalarning qisman yoki to‘liq ionlardan tashkil topgan eritmalari yoki suyultirilgan holatdagi moddalar elektrolitlar yoki ikkinchi tur o‘tkazgichlari

deyiladi. Elektrolit eritmalarining xossalarini o‘rganish bilan tokning yangi kimyoviy manbalari yaratiladi.

Elektrolitlarning suvdagi eritmalarida yoki aralashmalarida zaryad tashuvchilar musbat va manfiy zaryadlangan ionlar bo‘lgani uchun elektrolitlar ionli o‘tkazuvchanlikka ega.

Suyuqliklar elektronli o‘tkazuvchanlikka ham ega bo‘lishi mumkin. Masalan, suyuq metallar ana shunday o‘tkazuvchanlikka ega.

Elektrolit orqali elektr toki o‘tganda elektrodlarda elektrolit tarkibiy qismlarining ajralib chiqish jarayoni elektroliz deyiladi.

Texnikada elektroliz turli maqsadlarda keng qo‘llaniladi. Bir metallning sirti boshqa metallning yupqa qatlami bilan elektrolitik usulda qoplanadi (nikellash, xromlash, emallash, mis yalatish va h.k.). Bu mustahkam qoplama sirtni zanglashdan asraydi. Elektroliz yordamida turli buyumlar metall qatlami bilan qoplanadi (galvanostegiya), shuningdek, kerakli buyumlarning relefi metall nusxalari, masalan tipografiya klishelari tayyorlanadi (galvanoplastika).

Elektroliz sof metallar, xususan mis olishda keng qo‘llaniladi. Boksitlar aralashmasidan alyuminiy elektroliz yo‘li bilan olinadi. Xuddi shu usul tufayli alyuminiy arzon, texnika va turmushda temir bilan bir qatorda eng ko‘p tarqalgan metall bo‘lib qoldi.

Amaliyotda kimyoviy tok manbai, ya’ni galvanik elementlar, batareyalar va akkumulyatorlar katta ahamiyatga ega. Ular kimyoviy energiyani o‘zgarmas tok elektr energiyasiga aylantirib beradilar. Kimyoviy tok manbalari transportda, radiotexnikada, avtomatik boshqarish sistemalarida keng ko‘lamda qo‘llaniladi.

Texnikada va amaliyotda eng ahamiyatli materiallardan biri ham elektr o‘tkazmaydigan moddalar, dielektriklardir.

Texnikada ishlatiladigan dielektriklar har xil. Ular tabiiy va sun’iy bo‘lishi mumkin. Ammo ular fizik tuzilishlari jihatidan uch turga ajratiladi: 1) gaz; 2) suyuq; 3) qattiq.

Texnikada ishlatiladigan barcha izolyatsiya materiallari elektr maydoni ta’sirida ma’lum energiya nobudligiga sabab bo‘ladi. Tabiatda absolyut dielektrik

yo‘q. Dielektrikdan oz bo‘lsa-da, tok o‘tadi, natijada ma’lum energiya issiqlik energiyasiga aylanadi. Agar dielektriklar o‘zgarmas kuchlanish ta’siri ostida bo‘lsa, unda hosil bo‘luvchi nobudliklar faqat Lens-Joul qonuniga bog‘liq bo‘ladi.

Dielektrikka o‘zgaruvchan kuchlanish ta’sir etsa, unda qo‘shimcha nobudliklar ham bo‘ladi. Bunday energiya nobudligi dielektrik gisterezisidir. Bu nobudlik quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$A_{Д} = k \cdot f \cdot E^2 \qquad (1)$$

bu yerda k – material xususiyatiga bog‘liq bo‘lgan koeffitsiyent; f – o‘zgaruvchan tok chastotasi; E – elektr maydonining kuchlanganligi.

(1) formulasi bo‘yicha dielektrik gisterezis nobudligi chastota oshgan sari ko‘payadi. Yuqori chastotali o‘zgaruvchan kuchlanishlarda, dielektrik isitish texnikasi va boshqalarda uning hosil qiladigan nobudliklari juda katta ahamiyatga ega bo‘ladi.

Elektr energiyasi hosil qilish, yuborish va iste’mol etishda elektr o‘tkazuvchi qismlar orqali o‘tgan tok tarqalib ketmasligi uchun o‘tkazgichlar bir-biridan maxsus materiallar vositasida ajratiladi. Bular elektr izolyatsion materiallar deb ataladi.

Elektr izolyatsion materiallar qanday kuchlanishlarga bardosh berishiga qarab yuqori kuchlanish texnikasi va past kuchlanish texnikasi materiallariga bo‘linadi.

Yuqori kuchlanish texnikasi materiallarining elektr pishiqligi yuqori, elektr nobudligi va elektr o‘tkazuvchanligi oz, namga chidamli bo‘lishi shart va ularda elektr nobudligi mumkin qadar kam bo‘lishi lozim.

Past kuchlanishli texnikasida ishlatiladigan materiallarga turlicha talablar qo‘yiladi. Eng asosiy talablaridan biri shuki, vaqt o‘tishi bilan ularning xossalari o‘zgarmasligi lozim. Shuningdek, ular eskirmasligi lozim.

Amaliyotda tovar sifatida qo‘llaniladigan izolyatsion mayetriallar klassifikatsiyasini ko‘rib chiqamiz.

1) Organik elektr izolyatsion materiallar.

Uglerod birikmalaridan tuzilgan moddalar izolyatsion material ravishida ko‘p ishlatiladi. Bunday organik dielektriklar suyuq, yopishqoq, mumsimon, qattiq bo‘lishi mumkin.

Suyuq izolyatsion materiallar uch xil bo‘ladi: neft moyi; sintetik suyuqliklar; o‘simlik moylari.

Neft moylaridan keng iste’mol etiladigan – transformotor moyidir. Kabel va kondensator sanoatida ishlatiladigan neft moylari kabel va kondensator moyi deb aytiladi.

Texnikada ishlatiladigan mumsimon dielektriklar oson eriydigan moddalardan iborat. Ular uncha pishiq bo‘lmasa ham namlikka yaxshi chidaydi. Asalari mumi, o‘simlik mumi, mumsimon moddalar shular jumlasidandir. Ular turli materiallarga shimdirish va mumlash uchun ishlatiladi.

Tabiiy va sintetik smolalar ham dielektriklardir. Tabiiy smolalar ba’zi hayvon yoki o‘simliklardan olinadi (shellak, kanifol, kopal). Polietilen, polistirol, organik shisha – sintetik smolalardir.

Organik materiallardan yog‘och (tabiiy material), qog‘oz, karton, fibra va turli gazmollar (tekistil materiallar) tovar sifatida ishlab chiqarib ko‘p ishlatiladi.

Texnikada va xalq xo‘jaligining turli tarmoqlarida plastik massalar (plastmassalar, plastiklar) keng ishlatiladi. Ular tashqi ta’sir ostida qolip shaklini olishi mumkin. Natijada juda ham murakkab shakldagi buyumlarni presslab tayyorlasa bo‘ladi.

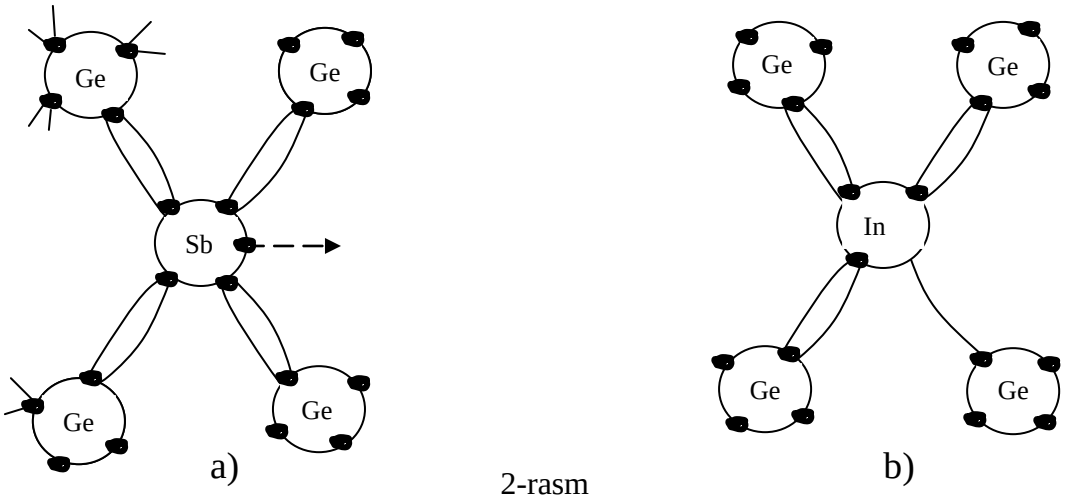
Texnikada va turmushda kauchuk va unga yaqin moddalardan ishlangan materiallar ko‘p tarqalgan. Bu materiallar juda ham elastik bo‘ladi.

Amaliyotda tovar sifatida ishlab chiqarilgan elektr izolyatsion materiallar – kabellar. Havo kirmaydigan – chiqmaydigan qilib izolyatsiyalangan bir yoki bir necha sim eshimi kabel deb ataladi. Kabellar elektr energiyasi uzatiladigan kuch kabeli, aloqa kabeli va radiochastota kabeli kabi turlarga bo‘linib, ular yer yoki suv ostidan elektr, telefon yoki telegraf liniyalarini o‘tkazish uchun ishlatiladi.

Telefon orqali so‘zlashuvlarni, telegrammalarni, fototasvirlarni va boshqa axborotlarni uzatishga mo‘ljallangan kabel aloqa kabeli deyiladi.

Aholi zich joylashgan joylarda, sanoat korxonalari territoriyalarida elektr uzatish liniyalari yer ostidan o‘tkaziladi. Bu maqsadda kabellardan foydalaniladi.

Solishtirma elektr qarshiligi metallarnikiga nisbatan katta, dielektriklarnikiga nisbatan kichik bo‘lgan moddalar yarim o‘tkazgichlar deyiladi. Yarim o‘tkazgichning yadro bilan kuchsiziroq bog‘langan elektronlari tashqi temperatura, yorug‘lik yoki elektr maydon ta’sirida yadrodan uzoqlashib, erkin elektronlarga aylanishi mumkin. Agar kristall holdagi yarim o‘tkazgichga boshqa valentli element qo‘shilib, uning kovalent bog‘lanishi buzilsa, masalan to‘rt valentli germaniy kristaliga besh valentli surma kiritilsa, ikkala elementning to‘rt juft valentli elektronlaridan kovalent bog‘lanishlar hosil bo‘lib, surmaning yadro bilan kuchsiz bog‘langan beshinchi elektroni erkin holatga o‘tadi. Natijada elektron o‘tkazuvchanlik paydo bo‘ladi. Biror elementga qo‘shilganda erkin elektronlar hosil qiluvchi element, masalan, surma donor deyiladi, donor qo‘shilgan element esa, n – tipli yarim o‘tkazgich deyiladi (1a-rasm).

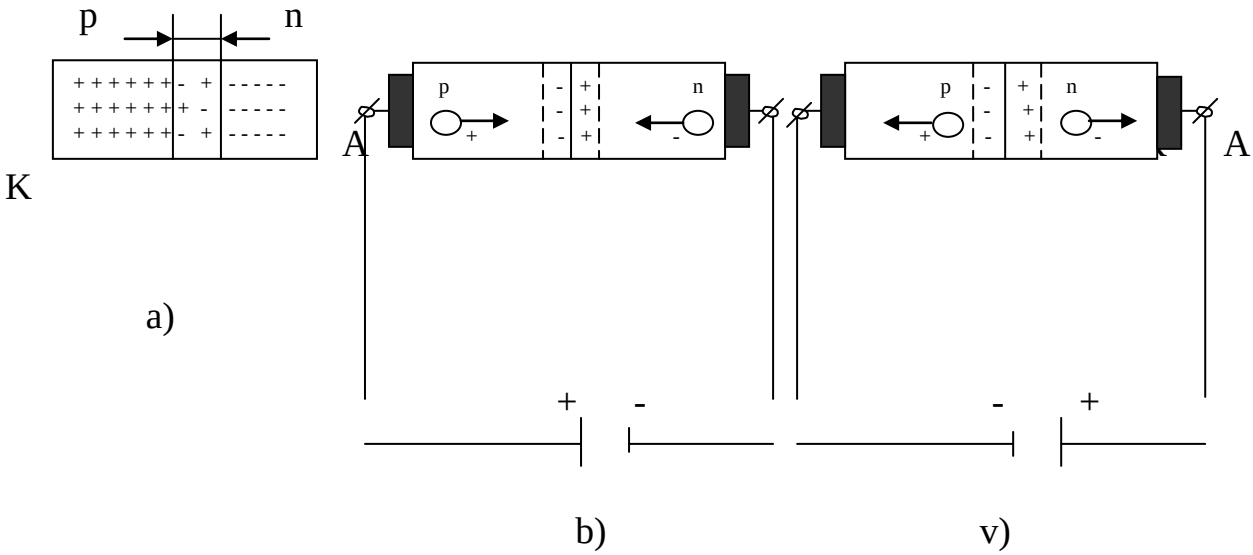


2-rasm

Endi, masalan, germaniyga oz miqdorda uch valentli element – indiy kiritaylik. Indiyning har bir atomi o‘zining tashqi elektronlari bilan, germaniyning uchta qo‘shni atomlari bilan mustahkam bog‘lanadi. Germaniyning to‘rtinchi atomi bilan bog‘lanish mustahkam bo‘lmaydi, chunki indiyda to‘rtinchi tashqi elektron yo‘q (1b-rasm). Shuning uchun kiritilgan indiyning har bir atomi yarim o‘tkazgichda bittadan teshik hosil qiladi. Natijada germaniy teshiklar bilan boyiydi. Unda aralashmali teshikli o‘tkazuvchanlik asosiy bo‘lib qoladi. Biror elementga

qo‘shilganda teshik o‘tkazuvchanligi hosil qiluvchi element, masalan indiy akseptor deyiladi, akseptor qo‘shilgan element esa, p – tipli yarim o‘tkazgich deyiladi. Agar germaniy, kremniy, selen kabi yarim o‘tkazgich kristalining bir tomoniga donorli, ikkinchi tomoniga akseptorli element kiritilsa ventil xususiyatiga ega bo‘lgan p – n tipli yarim o‘tkazgich hosil bo‘ladi. Bunday yarim o‘tkazgich tok manbaiga to‘g‘ri sxemada ulansa, p-n o‘tish qarshiligi juda kichik, teskari ulanganida esa, juda katta bo‘ladi. Yarim o‘tkazgichning bu muhim xususiyatidan elektrotexnika, elektronika va avtomatikada keng foydalaniladi.

n- va p – tipli ikkita yarim o‘tkazgichni, masalan, germaniy bilan kremniyni bir-biriga payvandlab hosil qilgan ikki elektrodli, ventil xususiyatli asbob yarim o‘tkazgichli diod deyiladi. Bu elementlarning o‘zaro birikkan qismida ro‘y beradigan diffuziya hodisasi tufayli elektronlar n – tipli elementdan p – tipli element tomon, teshiklar esa p – tiplidan n – tipli tomon siljib, elektron va teshiklardan iborat yupqa qatlam hosil bo‘ladi. Bu qatlam paydo bo‘lishi bilan uning elektr maydoni ta’sirida diffuziya jarayoni o‘z-o‘zidan to‘xtaydi. Shu sababli bunday qatlam berkituvchi qatlam yoki p-n o‘tish deb yuritiladi. 2a-rasmda p-n qatlamning tuzilishi, 2b-rasmda uning tok manbaiga to‘g‘ri, 2v-rasmda esa teskari ulanish sxemasi ko‘rsatilgan.



A – Anod; K – Katod.

3-rasm.

Teskari ulanishda teshik va elektronlar tok manbaining turli qutblari tomon tortilishi sababli, to‘siq juda katta qarshilikka ega bo‘lib, undan o‘tadigan tok juda kichik, to‘g‘ri ulanishda esa, aksincha bo‘ladi. Demak, p-n qatlam bir tomonlama o‘tkazish, ya’ni ventil xususiyatiga ega bo‘ladi. Shu sababli yarim o‘tkazgichli dioddan o‘zgaruvchan tokni o‘zgarmas tokka aylantirishda keng foydalaniladi.

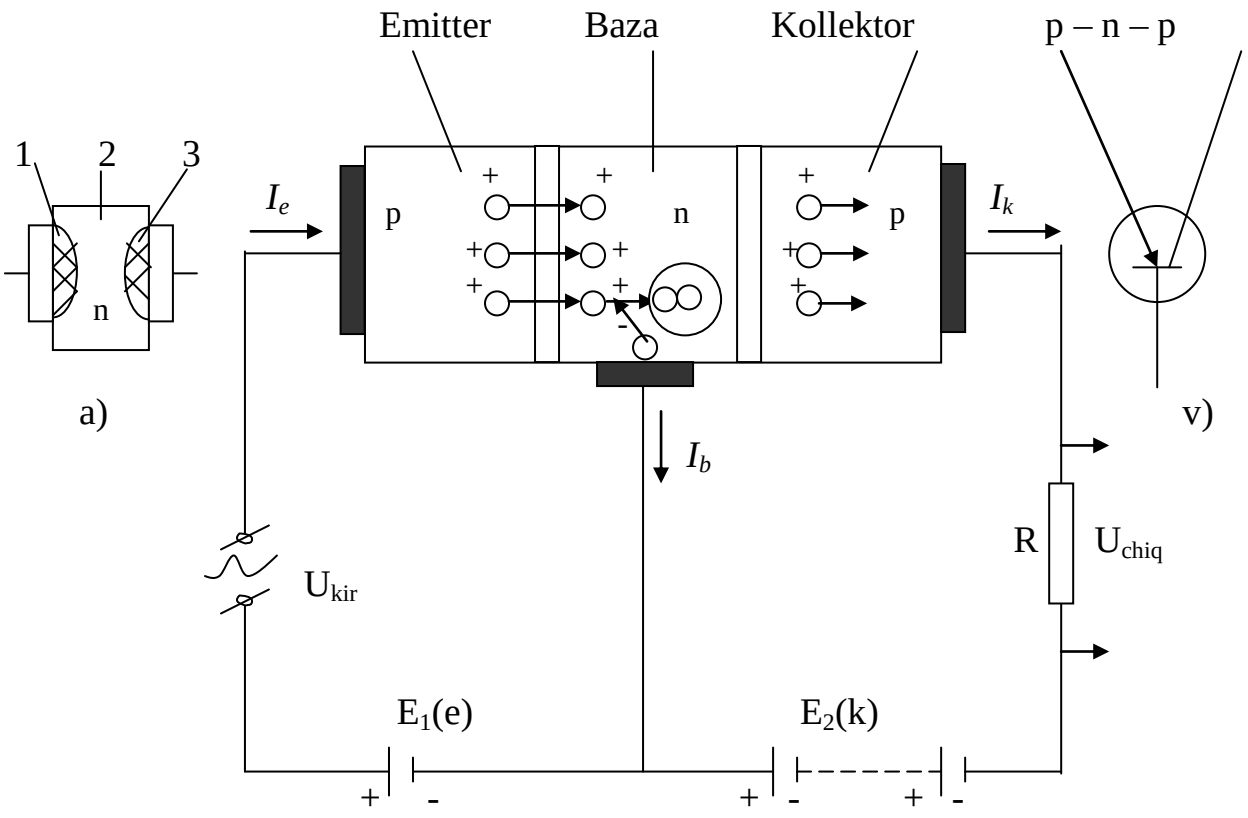
Elektr signallarini o‘zgartirish va kuchaytirish uchun xizmat qiladigan ikkita p-n qatlamli yarim o‘tkazgichli diodlardan iborat asbob tranzistor deyiladi. Tranzistor asosan germaniy va uning qarama-qarshi tomonlariga payvandlangan indiy elementlaridan hosil qilinadi. 3a-rasmda p-n-p tipli tranzistorning tuzilishi, 3b-rasmda uning ulanish sxemasi va 3v-rasmda shartli belgisi ko‘rsatilgan. Tranzistorning emitter va baza deb ataladigan elektrodlari, ya’ni p-n qatlamdan iborat birinchi diodi tok manbaiga to‘g‘ri, kollektor va baza elektrodlari orasidagi ikkinchi diodi esa, teskari sxemalarda ulanadi. Tranzistorning kirishiga berilgan signal uning chiqishidan bir necha ming marta kuchaytirib olinishi mumkin.

Hozirgi zamon texnikasida tranzistorlar nihoyatda keng qo‘llaniladi. Ular ilmiy sohada, sanoatda va turmushda ishlatiladigan qurilmalarning ko‘p elektr zanjirlarida elektron lampalarning o‘rnini bosadi. Bunday asboblar ishlatilgan ixcham radiopriyemniklarni odamlar “tranzistorlar” deyishadi.

Yarim o‘tkazgichli diodlar va triodlarning o‘lchamlari juda kichik bo‘lishi mumkin, ularni qizitish (cho‘g‘lantirish) kerak emas, tuzilishi sodda, mexanik jihatdan mustahkam, ishlash muddatlari uzoq. Shuning uchun elektron lampalar bilan muvoffaqiyatli bellasha oladi.

Yarim o‘tkazgichlarning elektr qarshiligi temperaturaga ko‘p darajada bog‘liq. Yarim o‘tkazgichlarning bu xossasidan temperaturani o‘lchashda foydalaniladi. Bu asboblar termistorlar yoki termorezistorlar deb ataladi.

Ko‘pchilik termistorlar 170÷570 K gacha oraliqdagi temperaturani o‘lchaydi. Biroq juda yuqori (≈ 1300 K) temperaturalarni va juda past (≈ 4÷80 K) temperaturalarni o‘lchaydigan termistorlar ham bor.



4-rasm.

Termistorlar temperaturani olisdan turib o‘lchashda, yong‘inga qarshi signal berish qurilmalarida va boshqalarda qo‘llaniladi.

Texnika va amaliyotda fotorezistorlar yoki fotoqarshiliklar keng qo‘llaniladi. Fotorezistorlarning ixcham va yuqori darajada sezgir bo‘lishi kuchsiz yorug‘lik oqimlarini qayd qilish va o‘lchashda ulardan fan va texnikaning turli sohalarida foydalanishga imkon beradi. Fotorezistorlar yordamida sirtlarning sifati aniqlanadi, buyumlarning o‘lchamlari nazorat qilib turiladi va hokozo.

Elektron, ion va yarim o‘tkazgichli asboblarning tuzilishi, ishlash prinsipi hamda ularning fan, sanoat va texnikaning turli yo‘nalishlarida qo‘llanilishi bilan shug‘ullanadigan mustaqil soha elektronika deyiladi. Elektronika asbob-uskunalaridan texnologik jarayonlarni kompleks avtomatlashtirish, tovarlarni ishlab chiqarish jarayonlarini nazorat qilish, rostlash va boshqarishda keng va samarali foydalanilmoqda. Chunonchi, o‘zgaruvchan tokni o‘zgarmas tokka aylantirishda asosan yarim o‘tkazgichli to‘g‘rilagichlar ishlatilmoqda. Elektron hisoblash texnikasining gurillab o‘sishi, avtomatik boshqarish sistemalari (ASU)

ning yaratilishi, yarim o‘tkazgichlar texnologiyasi va texnikasining rivojlanishi, plyonkali integral mikrosxemalarning yaratilishi va qo‘llanishi bilan uzviy bog‘langan.

Yarim o‘tkazgichli asboblar elektron va ion asboblarga nisbatan quvvat isrofi kamligi, gabarit o‘lchamlari va massasining kichik (ixcham)ligi, arzonligi, mexanik jihatdan pishiqligi, xizmat davrining kattaligi va ishga tushishining oddiyligi va qulayligi kabi afzalliklari tufayli keyingi yillarda radiotexnika, energetika, avtomatika, telemexanika va hisoblash texnikasining qator sohalarida keng qo‘llanilmoqda.

Diod, tranzistor, rezistor, induktivlik, kondensator kabi jajji asboblarning maxsus texnologiya asosida plyonkaga bosilib, o‘zaro biriktirilishidan hosil bo‘lgan sxemalar mikrosxemalar deyiladi. Bu sxemalarni yaratishda elektron – nur va lazer texnikasidan foydalaniladi. Murakkab elektrotexnik va elektron hisoblash mashinalarida bunday jajji asboblar ming-minglab ishlatiladi. Shu sabali ularning ixcham va pishiq, ishlatishga qulay bo‘lishi juda katta ahamiyatga egadir.

Har biri o‘z vazifasiga (funksiyasiga) ega bo‘lgan mikrosxemalar yig‘indisidan iborat murakkab funksiyali sxema integral sxema deyiladi. Hozirgi paytda integral sxemalar asosida turli-tuman og‘ir va xavfli texnologik vazifalarni to‘la-to‘kis bajaruvchi robotlar yaratilgan va ularni takomillashtirish borasida katta ishlar olib borilmoqda.

Nazorat uchun savollar:

1. Materiallarning tabiatini qanday kattalik harakterlaydi?
2. Qaysi materiallar birinchi tur materiallar deb ataladi?
3. Elektr simi nima?
4. Fizik tabiatlari asosida dielektriklar nechta turga ajratiladi?
5. Dielektriklarda qanday nobudliklar ro‘y beradi?
6. Yarim o‘tkazgichni o‘tkazuvchanligi nimaga bog‘liq?
7. Mikrosxemalar nima va ularni qaysi xossalari katta ahamiyatga egadir?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. O‘tkazgichlar va ulardan amaliyotda foydalanish to‘g‘risida ma’lumotlarni izlab topish.
2. Dielektriklarni o‘rganib chiqish va ulardan amaliyotda foydalanish yo‘llarini ochib berish.
3. Yarim o‘tkazgichlar, yarim o‘tkazgichli asboblar, elektronika, mikroelektronika sohalarni o‘rganib chiqish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 2, 8, 9

3.5 Mavzu: Metallarning klassik nazariyasi. Vakuumda elektr toki. Termoelektrik hodisalar

Darsning maqsadi: Metallarning o‘tkazuvchanligini amaliy ahamiyati, termoelektron emissiya va termoelektrik hodisalarning qo‘llanishi to‘g‘risida chuqur bilimlar berish.

Asosiy savollar:

1. Metallarda tok tashuvchilar. Metalldan o‘tkazuvchanlikning elektron nazariyasi
2. Termoelektron emissiya hodisasi
3. Elektron lampalar, yarim o‘tkazgichli asboblar va ularni qo‘llanilishi
4. Kontakt potensiallar ayrimasi
5. Termoelektr hodisalar va ularning qo‘lanilishi

Tayanch so‘z va iboralar:

Potensiallar ayrimasi – turli metallar (yoki yarim o‘tkazgichlar), metallar bilan yarim o‘tkazgich yoki dielektriklar bir-biriga tegishi yoki kontaktda bo‘lishi natijasida hosil bo‘lgan potensiallar farqi.

Termopara – o‘zaro kavsharlangan ikki xil metall jufti termopara temperaturani o‘lchashda va avtomatik sistemalarda keng qo‘llaniladi.

Termoelektron emissiya – qizigan qattiq yoki suyuq jismlarning elektronlarni chiqarishi.

Termoelement – issiqlik energiyasini to‘g‘ridan-to‘g‘ri elektr energiyasiga aylantiruvchi, shuningdek, sovituvchi effektlarni vujudga keltiruvchi asbob. Termoelementlar o‘lchash asboblarida, sovitish qurilmalarida, termogeneratorlarda va boshqlarda qo‘llaniladi.

Tetrod – to‘rt elektrod (katod, ikkita to‘r va anod)li elektron lampa. Turlardan biri boshqaruvchi, ikkinchisi ekranlovchi hisoblanadi. Triod bir necha yuz MGs chastotalarda ishlaydigan qabul qiluvchi – kuchaytiruvchi yoki generatsiyalovchi lampa vazifasini bajaradi.

Metallarda tok tashuvchilarning tabiatini aniqlash uchun qator tajribalar qilingan.

Metallarda juda kichik potensiallar farqi bilan ham tokni yuzaga keltirish mumkin. Bu hol, tok tashuvchilar – elektronlar metallar bo‘ylab erkin siljiy oladi deb aytishga asos bo‘ladi. Tajribalarning natijalari ham shu xulosaga olib keladi.

Erkin elektronlar mavjudligini shu bilan tushuntirish mumkinki, kristall panjaralar hosil bo‘lganida eng bo‘sh bog‘langan (valentli) elektronlar metall atomlaridan ajralib, metall bo‘lagining “kollektiv tashkil etuvchisi” bo‘lib qoladi. Agar har bir atomdan bittadan elektron ajarlib qolsa, erkin elektronlarning konsentratsiyasi, ya’ni hajm birligidagi ularning soni, hajm birligidagi atomlar soniga teng bo‘ladi.

Erkin elektronlar haqidagi tasavvurdan foydalangan holda Drude, keyinchalik Lorens bu nazariyani mukammallashtirib, metallarning klassik nazariyasini ishlab chiqqan. Drude metallardagi o‘tkazuvchi elektronlar tabiati ideal gaz molekulalariga o‘xshagan bo‘ladi, deb faraz qilgan. To‘qnashish orasidagi vaqtlarda ular deyarli erkin harakatlanib, o‘rtacha λ yo‘lni bosib o‘tadi. Yugurish yo‘llari molekulalarning o‘zaro to‘qnashishi bilan belgilanuvchi gaz molekulalaridan farqli ravishda, elektronlar o‘zaro emas, balki ko‘proq metallarning kristall panjaralarini tashkil etuvchi ionlar bilan to‘qnashadi. Bu

to‘qnashishlar elektron gaz bilan kristall panjara orasida issiqlik muvozanati o‘rnatilishga olib keladi.

Drudening hisobicha, elektronning kristall panjara ioni bilan navbatdagi to‘qnashuvdanoq elektronning tartibli harakat tezligi nolga teng bo‘ladi. Faraz qilaylik, maydon kuchlanganligi o‘zgarmas bo‘lsin. U holda maydon ta’siri ostida elektron $\frac{eE}{m}$ ga teng bo‘lgan o‘zgarmas tezlanishga ega bo‘lib, yugurishning oxirida tartibli harakat tezligi quyidagi o‘rtacha qiymatga ega bo‘ladi:

$$\overline{U}_{\max} = \frac{eE}{m}\tau \qquad (1)$$

bu yerda τ - elektronning panjara ionlari bilan o‘zaro ikkita ketma-ket urilishdagi o‘rtacha vaqt.

Drude elektronlarning tezliklar bo‘yicha taqsimotini hisobga olmasdan, barcha elektronlar bir xil qiymatli tezlik bilan harakat qiladi deb oldi. Bu taxminda

$$\tau = \frac{\lambda}{\vartheta} \qquad (2)$$

bunda λ – erkin yugurish uzunligining o‘rtacha qiymati;

ϑ - elektronlarning issiqlik harakat tezligi.

τ ning bu qiymatini (1) formulaga qo‘yamiz:

$$\overline{U}_{\max} = \frac{eE\lambda}{m\vartheta} \qquad (3)$$

Yugurish vaqtida U tezlik bilan chiziqli o‘zgaradi. Shuning uchun, uning o‘rtacha qiymati (yugurish uchun) maksimal qiymatining yarmiga teng:

$$\overline{U} = \frac{1}{2}\overline{U}_{\max} = \frac{eE\lambda}{2m\vartheta} \qquad (4)$$

Bu ifodani quyidagi formulaga qo‘yamiz:

$$j = neu \qquad (5)$$

bu yerda j – tok zichligi;

n – hajm birligidagi zaryad tashuvchilarni soni.

(5) va (4) formulalardan foydalanib, quyidagi formulani hosil qilamiz, ya’ni:

$$j = \frac{ne^2\lambda}{2m\vartheta}E \qquad (6)$$

Tok zichligi maydon kuchlanganligiga proporsional ekan, demak, biz Om qonunini hosil qildik. Tok zichligi va maydon kuchlanganligi orasidagi proporsionallik koeffitsiyenti o‘tkazuvchanlikni ifodalaydi, ya’ni:

$$\delta = \frac{ne^2\lambda}{2m\vartheta} \qquad (7)$$

Agar elektronlar panjara ionlari bilan to‘qnashmaganda edi, erkin yugurish yo‘li va demak, o‘tkazuvchanlik cheksiz katta bo‘lar edi. Shunday qilib metallarning elektr qarshiliklari erkin elektronlarning metallning kristall panjara tugunlarida joylashgan ionlari bilan to‘qnashishlari natijasida yuzaga keladi.

Erkin yugurishning oxirida elektron qo‘shimcha kinetik energiyaga erishadi. Bu energiyaning o‘rtacha qiymati quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\Delta\bar{\varepsilon}_k = \frac{m\overline{U}^2_{\max}}{2} = \frac{e^2\lambda^2}{2m\vartheta^2}E^2 \qquad (8)$$

Elektron ion bilan to‘qnashgach, farazimizga ko‘ra, yugurish vaqtida olgan tezligini to‘la yo‘qotadi, ya’ni (8) energiyani kristall panjaraga beradi. Bu energiya issiqlik sifatida namoyon bo‘lib, metallning ichki energiyasini orttiradi. Har bir elektron bir sekund davomida o‘rtacha $\frac{1}{\tau} = \frac{\vartheta}{\lambda}$ to‘qnashishga duch kelib, har gall panjaraga (8) ga teng energiya beradi. Demak, hajm birligidan birlik vaqtda issiqlik ajarlishi kerak, ya’ni:

$$\omega = n\frac{1}{\tau}\Delta\bar{\varepsilon}_k = \frac{ne^2\lambda^2}{2m\vartheta}E^2 \qquad (9)$$

bu yerda ω – tokning solishtirma quvvati;

n – birlik hajmdagi o‘tkazuvchan elektronlar soni.

(9) formula Joul-Lens qonunini ifodalaydi.

Metallarning yuqori elektr o‘tkazuvchanliklari bilan birga, yuqori issiqlik o‘tkazuvchanlikka ega ekanligi tajribadan ma’lum. Videman va Frans issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti χ ni elektr o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti δ ga nisbati

barcha metallar uchun taxminan bir xil bo‘lib, absolyut temperaturaga proporsional o‘zgarishini ko‘rsatuvchi empirik qonunlarini aniqladilar.

Metall bo‘lmagan kristallar ham issiqlik o‘tkazish qobiliyatiga egadir. Biroq metallarning issiqlik o‘tkazuvanligi dielektriklarning issiqlik o‘tkazuvchanligidan katta farq qiladi. Bundan, metallarda issiqlik o‘tkazuvchanlik asosan kristall panjaralar hisobiga emas, balki elektronlar hisobiga bo‘ladi deb xulosa qilish mumkin. Elektronlarni bir atomli gaz sifatida qarab, issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti uchun gazlar kinetik nazariyasi ifodasidan foydalanish mumkin, ya’ni:

$$\chi = \frac{1}{3} nm\lambda\vartheta c_v \qquad (10)$$

bu yerda nm – gaz zichligi; $\overline{\vartheta}$ o‘rniga ϑ olingan.

Bir atomli gazning solishtirma issiqlik sig‘imi

$$C_v = \frac{3R}{2\mu} = \frac{3K}{2m} \qquad (11)$$

Bu qiymatni (10) formulaga qo‘yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\chi = \frac{1}{2} nK\vartheta\lambda \qquad (12)$$

χ ni δ uchun yozilgan (7) ifodaga bo‘lamiz, ya’ni:

$$\frac{\chi}{\delta} = \frac{Km\vartheta^2}{e^2} \qquad (13)$$

$\frac{m\vartheta^2}{2} = \frac{3}{2} KT$ almashtirishdan foydalanib, Videman–Frans qonuni ifodalovchi munosabatga kelamiz, ya’ni:

$$\frac{\chi}{\delta} = 3\left(\frac{K}{e}\right)^2 T \qquad (14)$$

(14) formula Videman-Frans qonunini ifodalaydi. Shunday qilib, klassik nazariya Om va Joul-Lens qonunlarini tushintira oldi, shuningdek, Vidmen-Frans qonunini ancha sifatli tushintirib berdi. Shu bilan birga bu nazariya jiddiy qiyinchiliklarga uchradi.

Klassik nazariyaning qator hodisalarni tushuntira olmasligiga qaramay, o‘z ahamiyatini shu vaqtga qadar saqlab keldi, chunki erkin elektronlar konsentratsiyasi kichik bo‘lgan hollarda u qoniqarli natijalarni beradi. Shu bilan birga klassik nazariya kvant nazariyasiga qaraganda bir muncha sodda va ko‘rgazmalidir.

Metallar o‘z-o‘zidan musbat zaryadga ega bo‘lmaydi. Demak, metallni o‘z-o‘zidan tashlab ketuvchi o‘tkazgich elektronlar soni sezilarli darajada bo‘lmaydi. Bu hol metallarda elektronlar uchun potensial chuqurlik mavjudligi bilan tushuntiriladi. Metallni tashlab ketishga energiyasi sirtga yaqin bo‘lgan potensial chuqurlikni yengib o‘tish uchun yetarli bo‘lgan elektronlargina muvaffaq bo‘ladi. Bu barerni ifodalovchi kuch quyidagicha kelib chiqqan. Sirtqi qatlamdagi musbat ionlar panjarasidan elektronlarning tasodifan chiqib ketishi, elektron ketgan o‘rinda ortiqcha musbat zaryadning paydo bo‘lishiga olib keladi. Bu zaryad bilan bo‘lgan Kulon o‘zaro ta’sir kuchi tezligi uncha katta bo‘lmagan elektronni qaytishga majbur etadi. Shunday qilib, ayrim elektronlar hamma vaqt metall sirtidan chiqib ketadi, undan bir necha atomlararo masofalariga uzoqlashadi, so‘ngra yana qaytadi. Natijada metall yupqa elektronlar buluti bilan o‘ralgan bo‘ladi. Bu bulut tashqi ionlar qatlami bilan qo‘sh elektr qatlamni hosil qiladi. Bunday qatlamda elektronga ta’sir etuvchi kuchlar metall ichiga yo‘nalgandir. Elektronni metallning ichidan uning sirtiga ko‘chirishdagi bu kuchlarga qarshi bajarilgan ish elektronning potensial energiyasini orttirishiga ketadi.

Ikkilangan qatlamning maydoni elektronlar uchun tormozlovchi maydondan iborat bo‘ladi. Shuning uchun elektron metall sirtiga uchib chiqishi uchun o‘zining kinetik energiyasi hisobiga quyidagi ishni bajarishi kerak, ya’ni:

$$A = e\varphi \qquad (15)$$

bu yerda φ – chiqish potensiali.

Elektronni qattiq yoki suyuq jismdan vakuumga chiqarish uchun zarur bo‘lgan eng kichik energiya chiqish ishi deb ataladi.

Yoki: Elektronni metalldan chiqib ketishi uchun bajarilishi zarur bo‘lgan ishga elektronning metalldan chiqish ishi deyiladi.

Turli metallar uchun elektronning chiqish ishi turlicha bo‘ladi. Chiqish ishining qiymati metall sirtining tozaligiga juda ham sezgidir.

Odatda xona temperaturasida metalldagi erkin elektronlarning kinetik energiyasi kichik bo‘ladi. Agar erkin elektronlarga qo‘shimcha energiya berilsa, ularda metallni tashlab chiqish imkoni tug‘iladi.

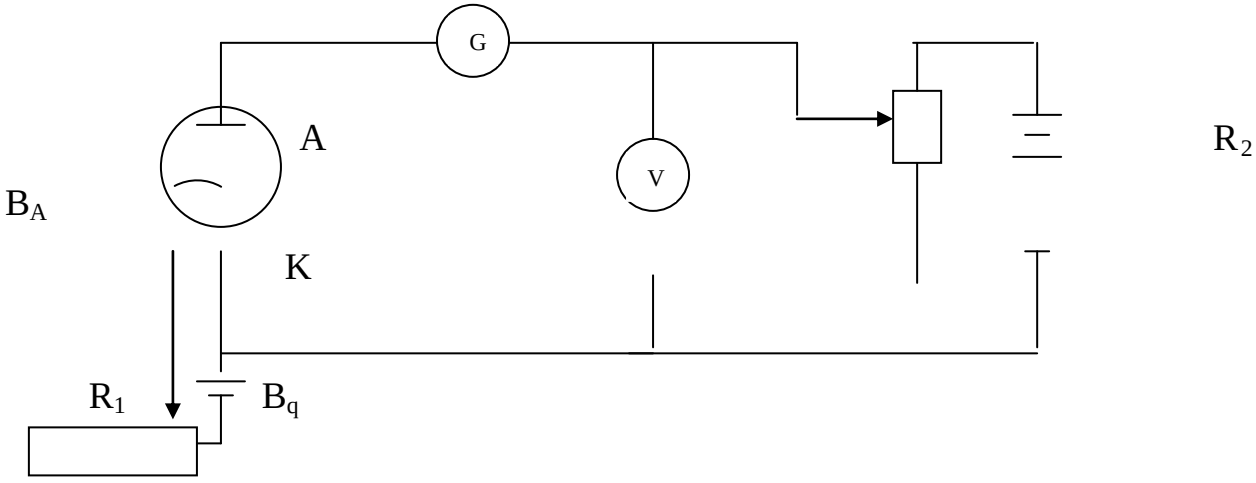
Metalldan elektronlarni uchib chiqish jarayoniga elektron emissiya deyiladi.

Elektronlarga turli usullar bilan ta’sir ko‘rsatib elektronlar emissiyasini hosil qilish mumkin. Masalan, yorug‘lik ta’sirida fotoelektron emissiyani, kuchli elektr maydon ta’sirida avtoelektron emissiyani, issiqlik ta’sirida esa termoelektron emissiyani hosil qilish mumkin.

Qizigan qattiq yoki suyuq jismlarning elektronlar chiqarishi termoelektron emissiya deb aytiladi.

Termoelektron emissiya hodisasi shu bilan tushintiriladiki, elektronlarning energiya bo‘yicha taqsimlanishi natijasida metall chegarasida potensial to‘siqni yengish uchun energiyasi yetarli bo‘lgan ma’lum miqdor elektronlar mavjud bo‘ladi. Temperatura ko‘tarilganda bunday elektronlar miqdori keskin ortadi va sezilarli bo‘lib qoladi.

Termoelektron emissiya hodisasini 1-rasmda tasvirlangan sxema yordamida amalga oshirish qulay.



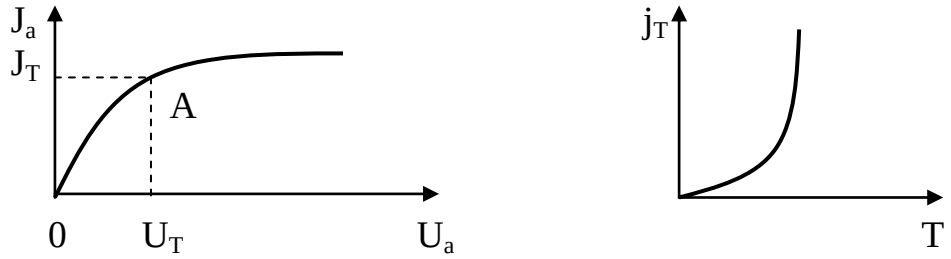
1-rasm.

Sxemaning asosiy elementi ikki eletrodli lampa hisoblanadi, uni odatda vakuumli diod deb ataladi. Lampani ichida katod va anoddan iborat ikkita elektrodi

bo‘lgan, havosi so‘rib olingan metall yoki shisha ballondan iborat. Konstruksiyasi bo‘yicha elektrodlar turli shaklda tayyorlangan bo‘lishi mumkin. Oddiy holda, katod ingichka to‘g‘ri tola, anod esa katodga nisbatan koaksal silindr shaklida bo‘ladi.

Katod, cho‘g‘lantiruvchi batareya B_q tomonidan hosil qilingan tok bilan qizdiriladi. Reostat R_1 yordami bilan cho‘g‘latish tok kuchini boshqarib, cho‘g‘lanish temperaturasini o‘zgaritirish mumkin. Elektrodlarga B_A anod batareyasidan kuchlanish beriladi. Anod kuchlanishining kattaligini R_2 potensiometr yordamida o‘zgartirish va V voltmetr yordamida o‘lchash mumkin. Galvonometr G anod tok kuchini o‘lchash uchun mo‘ljallangan.

Agar katod cho‘g‘lanishini birday saqlagan holda, anod tok kuchining anod kuchlanishiga bog‘liqligi olinsa, u holda 2a – rasmda tasvirlangan egri chiziq hosil bo‘ladi. Ushbu egri chiziq volt-amper harakteristikasi deb ataladi.



2-rasm.

$U_a = 0$ bo‘lganda katoddan uchib chiqqan elektronlar uning atrofida manfiy fazoviy zaryadlar – elektron bulutni hosil qiladi. Manfiy zaryadlangan elektron bulut katoddan chiqayotgan elektronlarni orqaga qaytaradi. Elektron bulutni anodga tortish uchun anodni elektr manbaining musbat qutbiga ulash lozim. Katod bilan anod orasidagi elektr maydon ta’sirida elektronlarning kinetik energiyasi,

$$\frac{m_c \vartheta^2}{2} = eU_a \qquad (16)$$

formulaga ko‘ra oshib ular anodga yetib bora boshlaydi. Katoddan chiqayotgan elektronlarning taqsimoti ham Maksvell taqsimoti qonuniga bo‘ysunadi. Anodning kichik kuchlanishida faqat kinetik energiyasi katta bo‘lgan elektronlargina anodga yetib borishi mumkin. Bundan xulosa shuki, anod toki anod kuchlanishiga bog‘liq

ravishda oshib boradi (2-rasm). Uncha katta bo‘lmagan anod kuchlanishlarida anod toki bilan $\underline{U_a}$ orasidagi bog‘lanish Boguslavskiy-Lengmyur qonuni

$$J_a = \alpha U_a^{3/2} \qquad (17)$$

orqali aniqlanadi. Anod toki kuchlanishining 3/2 darajasiga proporsional bo‘lganidan (17) ifoda 3/2 qonuni deb ham yuritiladi. Tenglamadagi α – elektrodlarning shakliga va ularning o‘zaro joylashishiga bog‘liq bo‘lgan koeffitsiyent.

Boguslavskiy-Lengmyur qonuni 2a-rasmda keltirilgan grafikning faqat OA qismi uchun o‘rinlidir. Anod kuchlanishi U_T qiymatga erishganda, tokning keyingi o‘sishi tamomila to‘xtaydi. Bunda tok to‘yinish toki qiymatiga erishadi.

Katoddan chiqayotgan hamma elektronlarning anodga yetib kelishi bilan aniqlanadigan tokning qiymati to‘yinish toki deyiladi. 2a-rasmda to‘yinish tokining grafigi anod kuchlanishining o‘qiga parallel bo‘lgan to‘g‘ri chiziq bilan ifodalanadi.

Tajriba natijalarining ko‘rsatishicha, to‘yinish tok kuchi katod harakatining ortishi bilan unga mos ravishda o‘sadi. To‘yinish toki zichligining haroratga bog‘liqligi Richardson-Deshmen formulasi orqali aniqlanadi, ya’ni:

$$j_T = BT^2 \cdot e^{-\frac{A}{kT}} \qquad (18)$$

Bunda V – katod materialiga va sirtiga bog‘liq doimiy; A – chiqish ishi;
k – Bolsman doimiysi; T – katodning absolyut harorati.

Tok zichligining haroratga bog‘liq grafigi 2b-rasmda keltirilgan. Grafikdan ko‘rinadiki, to‘yinish toki bilan harorat orasidagi bog‘lanish nihoyatda tik. Temperatura oz miqdorda o‘zgarganda, to‘yinish toki juda katta qiymatga oshadi. Richardson-Deshmen formulasidan yana shu narsa aniqki, chiqish ishi biroz kamayganda ham to‘yinish tokining qiymati katta miqdorga oshadi. Shu boisdan katod chiqish ishi kichik bo‘lgan metallardan tayyorlangani ma’qul. Yana katod sirti ishqoriy yer metallari yoki toriy bilan qoplanganda ham elektronlarning chiqish ishi ancha kamayishi aniqlangan.

Ba’zan, radiolampalar yoki kineskoplar katodlarining emissiyasi yomonlashganligi uchun yaroqsiz bo‘lib qoladi. Bu hollarda katod temperaturasini oshirish yo‘li bilan termoeletron emissiyani tiklash imkoniyati ham bor.

Termoelektron emissiya hodisasi hozirgi zamon elektrotexnikasi va radiotexnikasida katta ahamiyat o‘ynaydi. Kenotronlar, kuchaytirgich lampalar va shu kabilarning ishlashi termoelektron emissiya hodisasiga asoslangandir.

Termoelektron emissiya radioelektronika qurilmalarining eng asosiy elementlari bo‘lmish elektron lampalarda keng qo‘llaniladi. Elektron vakuum lampalar (bu lampalarda vakuum $10^{-6} \div 10^{-9}$ mm. sim. ust. ga teng)ning asosiy elektrodlaridan biri – katoddir.

Elektron lampalar quyidagi maqsadlar uchun qo‘llaniladi:

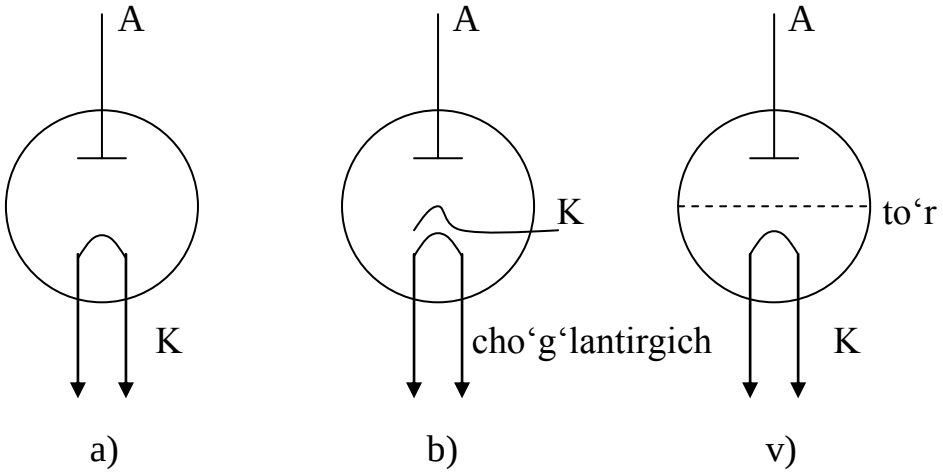
1) o‘zgaruvchan tokni o‘zgarmas tokka aylantirish, ya’ni to‘g‘rilagich sifatida;

2) har xil chastotali elektr tebranishlarni kuchaytirish, ularni hosil qilishda.

Ikki elektrodli lampalar, uch elektrodli, to‘rt va besh elektrodli lampalar mos ravishda, triod, tetrod va pentod deyiladi.

O‘zgaruvchan tokni to‘g‘rilashda ishlatiladigan ikki elektrodli lampalarga kenotronlar deyiladi, ya’ni o‘zgaruvchan tok to‘g‘rilagichi sifatida ishlatilgan diod kenotron deb ataladi.

Diod ikki xil bo‘ladi: bevosita cho‘g‘lanuvchi katodli diod (3a-rasm), bilvosita cho‘g‘lanuvchi katodli diod (3b-rasm). Triodda katod bilan anod oralig‘ida uchinchi elektrod – to‘r joylashtirilgan (3v-rasm). Shu elektrod yordamida anod tokini boshqarish mumkin. Shu sababli bu elektrod “boshqaruvchi” to‘r deyiladi. Bu to‘rda kuchlanishning ozgina o‘zgarishi, anod tokining keskin o‘zgarishiga olib keladi. Agar “boshqaruvchi” to‘rda kuchlanish nolga teng bo‘lsa, triod diodga aylanadi.



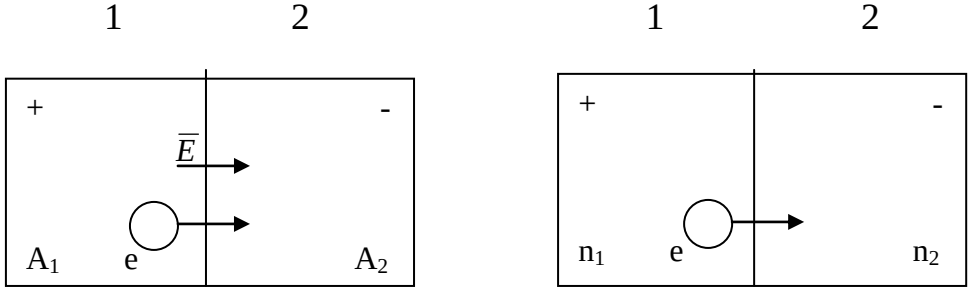
a) b) v)

3-rasm.

Triod radiotexnikada va aloqa texnikasida elektr tebranishlarini kuchaytirish, so‘nmas tebranishlar olish uchun keng qo‘llaniladi. Oxirgi vaqtlarda elektron – vakuum lampalar o‘rnini yarim o‘tkazgichli diod, triodlar olmoqdalar. Bu asboblar mustahkamligi, mittiligi va boshqa xususiyatlari bilan hozirgi zamon elektronikasida keng o‘rin olgan.

Radiolampalardan tashqari termoelektron emissiya elektron-nur trubkalar (kineskoplar)da va umuman, elektronlar oqimi hosil qilish lozim bo‘lgan qurilmalarda keng qo‘llaniladi.

Turli metallar (yoki yarim o‘tkazgichlar), metallar bilan yarim o‘tkazgich yoki dielektriklar bir-biriga tegishi yoki kontaktda bo‘lishi natijasida hosil bo‘lgan potensiallar farqi potensiallar ayirmasi deyiladi. Metallar orasida hosil bo‘lgan potensiallar ayirmasini ko‘ramiz. Chiqish ishi A_1 va A_2 bo‘lgan ikki metallni kontaktga keltiraylik. Birinchi metallning chiqish ishi A_1 ikkinchi metallning chiqish ishi A_2 dan kichik bo‘lsin ($A_1 < A_2$) (4a-rasm).



a) $A_1 < A_2$ b) $n_2 < n_1$

4-rasm.

Metallarning bir-biriga tegishish sirti orqali erkin elekt-ronlarning birinchi metalldan ikkinchi metallga ko‘chishi sodir bo‘ladi, buning natijasida birinchi metall musbat, ikkinchi metall manfiy zaryadlanib qoladi. Bunda hosil bo‘ladigan potensiallar ayirmasi U' quyidagiga teng bo‘ladi:

$$U' = \frac{A_2 - A_1}{e} \qquad (19)$$

Endi erkin elektronlar konsentratsiyasi har xil bo‘lgan ($n_2 < n_1$) metallar kontaktini ko‘rib chiqaylik (4b-rasm). Agar $n_2 < n_1$ bo‘lsa, erkin elektronlarning birinchi metalldan ikkinchi metallga o‘tishi (diffuziya) boshlanadi. Natijada birinchi metall musbat, ikkinchisi manfiy zaryadlanib, ular orasida U'' potensiallar ayirmasi hosil bo‘ladi. Uning qiymati erkin elektronlar konsentratsiyasiga va temperaturaga bog‘liq bo‘lib, quyidagi shaklda yoziladi:

$$U'' = \frac{kT}{e} \lambda n \frac{n_1}{n_2} \qquad (20)$$

(19) va (20) formulalarni hisobga olib, erkin elektronlar konsentratsiyasi va chiqish ishlari har xil bo‘lgan metallarning to‘liq kontakt potensiallari ayirmasi uchun quyidagi formulani yozamiz, ya’ni:

$$U = U' + U'' = \frac{A_2 - A_1}{e} + \frac{kT}{e} \lambda n \frac{n_1}{n_2} \qquad (21)$$

Bu formuladan Voltaning birinchi qonuni kelib chiqadi. Bu qonunga asosan, kontakt potensiallar farqi metallarning harakteristikalari – chiqish ishi, erkin elektronlar konsentratsiyasi va temperaturaga bog‘liq.

Faraz qilamiz, bir necha metall bir-birlari bilan kontaktda bo‘lsin (5-rasm). Bu metallarning chiqish ishlari bir-birilariga teng bo‘lmasin. Voltaning ikkinchi qonuniga asosan, ular o‘rtasida hosil bo‘ladigan potensiallar ayirmasi ikki chekkadagi metallar hosil qilgan potensiallar ayirmasiga teng, ya’ni:

$$(\varphi_1 - \varphi_2) + (\varphi_2 - \varphi_3) + (\varphi_3 - \varphi_4) + (\varphi_4 - \varphi_5) + (\varphi_5 - \varphi_6) = (\varphi_1 - \varphi_6) \qquad (22)$$

1		2		3		4		5		6	
φ_1	φ_1	φ_2	φ_2	φ_3	φ_1	φ_4	φ_4	φ_5	φ_5	φ_6	φ_6

5-rasm.

Demak, uch va undan ortiq xildagi metallar kontaktga keltirilsa, tizimning to‘liq kontakt potensiallar ayirmasi oraliqdagi metallarning tabitaiga bog‘liq emas ekan. Bu farq ikki chekkadagi metallarning tabiati bilan belgilanar ekan, xolos.

Faraz qilaylik, 1 va 2 metallar berilgan bo‘lib, bu metallarning kontaklarida T_1 va T_2 temperaturalar har ixl bo‘lsa (6a-rasm), bu metallar orasida hosil bo‘lgan elektr yurituvchi kuchi kontakt qismlarida U_{12} va U_{21} kontakt potensiallar ayirmasini yig‘indisiga teng, ya’ni:

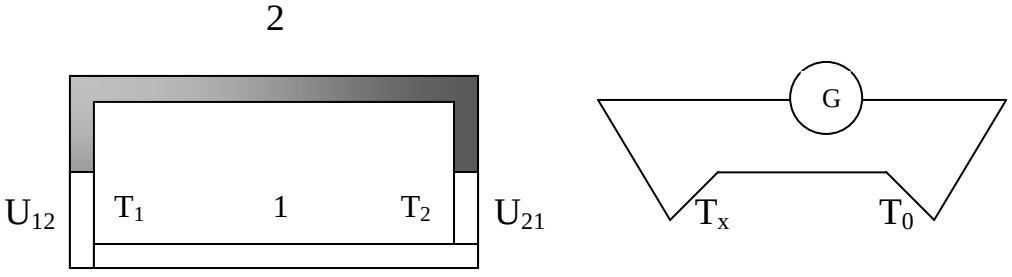
$$\varepsilon = U_{12} + U_{21} \qquad (23)$$

yoki

$$\varepsilon = -\frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{kT_1}{e}\lambda n\frac{n_1}{n_2} - \frac{A_2 - A_1}{e} - \frac{kT_2}{e}\lambda n\frac{n_1}{n_2} \qquad (24)$$

$$\varepsilon = \frac{k}{e}\lambda n\frac{n_1}{n_2}(T_1 - T_2) \qquad (25)$$

(25) formula bilan aniqlangan EYUK hosil bo‘ladi. Demak, ikki xil metalldan tuzilgan berk zinjirning kavsharlangan qismlari har xil temperaturaga ega bo‘lsa, bu zanjirda (25) bilan aniqlangan EYUK yuzaga kelar ekan. Bu EYUK odatda, termoelektr yurituvchi kuch deyiladi.



a) b)

6-rasm.

Yuqoridagi ifodaga $\alpha = \frac{k}{e}\lambda n \frac{n_1}{n_2}$ belgilash kiritaylik. U holda termoelektr yurituvchi kuch quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi, ya’ni:

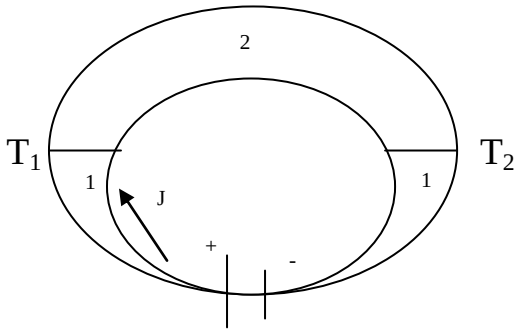
$$\varepsilon = \alpha(T_1 - T_2) \qquad (26)$$

Ya’ni ikki xil kavsharlangan metallar tizimidagi termo EYUK temperaturaning o‘zgarishiga to‘g‘ri proporsional.

Termoelektr yurituvchi kuch (26) tenglama bilan aniqlangan termoelektr hodisasi 1821 y ilda T.I.Zeebek tomomnidan kashf etilgan. Bu usul bilan issiqlik energiyasini elektr energiyasiga aylantirishdagi foydali ish koeffitsiyenti 0,1 %dan oshmaydi. Zeebek hodisasiga asoslangan termoelektr generatordan tok manbai sifatida foydalanish amaliy ahamiyatga ega emas. Lekin tabiiy energiya manbalari kamayib borayotgan hozirgi davrda quyosh energiyasiga boy bo‘lgan o‘lkalarda Zeebek hodisasi kuchli bo‘lgan moddalardan (yarim o‘tkazgichlar) yaratilgan generatorlar amaliy ahamiyatni kasb etmoqda. Bu sohada O‘zbekiston va Turkmaniston respublikalari olimlarining termoeletrik generatorlarining samaradorligini oshirishda olib borayotgan ilmiy izlanishlari yaxshi natijalar berishi mumkin.

Temperaturani va bosimni o‘lchaydigan ayrim o‘lchov asboblarning ishlash prinsiplari Zeebek hodisasiga asoslangan. Bu asboblarning asosiy elementi termoparadir. O‘zaro kavsharlangan ikki xil metall juftiga termopara deyiladi. Ularning aniqlik darajasi juda yuqori. 6b-rasmda ikki juft termoparalardan biri temperaturasi T_x noma’lum bo‘lgan muhitga kiritiladi. Ikkinchisi temperaturasi aniq o‘lchangan muhitga tushiriladi. Zanjirdagi termo EYUKni o‘lchaydigan galvonometr temperaturaga moslab darajalangan. Uning ko‘rsatishi orqali noma’lum temperatura o‘lchanadi.

Zeebek hodisasini kuzatishga mo‘ljallangan 6a-rasmdagi zanjirning kavsharlangan qismlardagi temperaturalarni tenglashtirib, zanjirni o‘zgarmas tok manbaiga ulaymiz (7-rasm).



7-rasm.

Ikki xil metalldan bir xil tok o‘tganda kavsharlangan bo‘lakning birinchi qismi isiydi, ikkinchi qismi soviydi. Zeebek hodisasiga teskari bo‘lgan bu hodisa J.Pelte tomonidan kuzatilgan.

Bu hodisa uchun $Q_1 = - Q_2$ tenglik o‘rinli. Tenglamadagi «-» ishora energiya yutilishini e’tiborga oladi. Bu tenglamaning ma’nosi shuki, zanjirning isigan qismidan tashqariga qancha miqdorda issiqlik uzatilsa, zanjirning sovugan qismida tashqaridan shuncha issiqlik miqdori yutiladi. Bu xulosa energiyaning saqlanish qonuniga mos.

Shuni alohida ta’kidlash kerakki, 7-rasmda keltirilgan zanjirda Pelte hodisasidan mustaqil ravishda Joul-Lens effekti ham kuzatiladi. Pelte issiqligi atrof muhitga bir xil miqdorda uzatiladi va undan shu miqdorda yutiladi.

Yuqorida keltirilgan (7-rasm) zanjirning isiydigan qismini tashqi muhitxonaga, soviydigan qismini kameraga o‘rnatsak, Pelte hodisasi kopressorsiz ishlaydigan sovutgich mashinasiga aylanadi.

Pelte hodisasi kuchli bo‘lgan yarim o‘tkazgichlarning kashf etilishi bilan mexanik harakatsiz ishlaydigan sovitgich apparatlarni qurish imkoniyati real bo‘lib qoldi.

Nazorat uchun savollar:

1. Metallarning klassik nazariyasini kim ishlab chiqqan?
2. Tartibli harakat tezligini o‘rtacha qiymatini formulasi qanday ifodalanadi?
3. Om qonuni differensial ifodasini yozing.
4. Joul-Lens qonunining differensial ifodasi qanday ko‘rinishga ega?

5. Termoelektron emissiya deb nimaga aytiladi?
6. $J_a = f(U_a)$ ifoda qanday ma’noga ega.
7. Kontakt potensiallar ayirmasi deb nimaga aytiladi?
8. To‘liq kontakt potensiallar ayrimasini formulasi qanday ifodalanadi?
9. TermoEBK nima va u nimaga bog‘liq?
10. Amaliyotda termoelektrik hodisalardan qayerda foydalanish mumkin?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Metallarning klassik nazariyasi va uning ahamiyati to‘g‘risida ma’umotlarni izlab topish.
2. Vakuumda elektr toki. Termoelektron emissiya hodisasi va uning turli sohalarda qo‘llanilishini o‘rganib chiqish.
3. Termoelektrik hodisalar va ularni amaliy ahamiyatini, qo‘llanilishini o‘rganib chiqish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 2, 8, 9, 13

3.6 Mavzu: Elektromagnetizm. Moddalardagi magnit maydoni

Darsning maqsadi: Magnit maydoni, magnit hodisalari, elektromagnit hodisalar, moddalarning magnit xususiyatlari to‘g‘risida bilimlar berish.

Asosiy savollar:

1. Magnit maydon va uning harakteristikalari. Toklarning o‘zaro magnit ta’siri
2. Bio-Savar-Laplas qonuni
3. Amper qonuni. Lorens kuchi
4. Moddalardagi magnit maydoni. Moddalarning magnitlanishi
5. Tokli o‘tkazgichni magnit maydonda bajarilgan ishi

Tayanch so‘z va iboralar:

Magnetizm – magnit hodisalari va jismlarning magnit xossalari haqidagi ta’limot.

Magnit – temir, po‘lat va boshqa ba’zi jismlarni o‘ziga tortish yoki o‘zidan itarish xususiyatiga ega bo‘lgan jism.

Masalan, tabiiy magnit, sun’iy magnit (elektromagnit).

Magnit anomaliyasi – Yer magnit maydoni kuchlanishining normal holatdan farq qilishi.

Magnit induksiyasi – magnit maydonning har bir nuqtasi, magnit induksiya deb ataladign vektor kattalik bilan harakterlanadi.

Magnit doimiysi – vakuumning absolyut magnit singdiruvchanligi, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\tilde{A}}{\grave{i}}$.

Magnit maydon – elektromagnit maydon namoyon bo‘lishining bir ko‘rinishi.

Magnit gisterezisi – maydon kuchlanganligining o‘zgarishiga qarab mos ravishda magnit induksiyasining kechikib o‘zgarish hodisasi.

Magnit material – magnit maydonda to‘yinguncha magnitlanadigan va magnitsizlangandan keyin yana qayta magnitlanadigan modda.

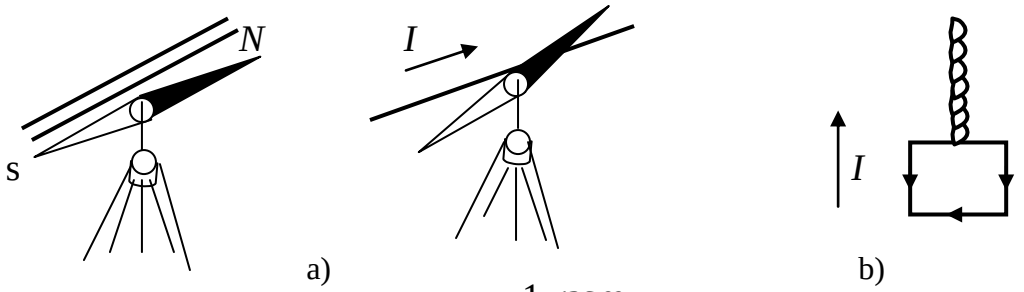
Magnit momenti – moddalarning magnit xossasini ifodalaydigan kattalik. Elementar zarralar, atom yadrosi, molekula va atomlarning elektron qobiqlari magnit momentiga ega.

Elektromagnetizm – elektr toki vujudga keltiradigan magnit hodisalarini, magnit maydon bilan elektr toki orasidagi bog‘lanishlarni, moddalarning magnitlanishi va ularning turlarini hamda ularni amalda qo‘llash usullarini o‘rganuvchi bo‘limi.

Magnit hodisalari va jismlarning magnit xossalari haqidagi ta’limot – magnetizm deb ataladi.

Magnetizm – elektr toklarning o‘zaro ta’siri, toklar va magnitlar momentiga ega bo‘lgan jismlar orasidagi mavjud o‘zaro ta’sir jarayonida sodir bo‘ladigan hodisalar.

Elektromagnit hodisalar va magnit maydonini kuch maydoni sifatida dastlabki o‘rganishni bir necha usullar bilan amalga oshirish mumkin. Birinchidan, maydonning doimiy magnitga (magnit strelkasiga) ta’siri asosida (1a - rasm). Ikkinchidan, maydonning tokli berk konturga (ramkaga) ta’siri asosida (1b - rasm). Uchinchidan, toklarning ularning magnit maydonlari vositasida o‘zaro ta’siriga asoslanib. Barcha bu usullar elektromagnetizmni bayon qilishning boshlanishi uchun faqat metodik variantlar bo‘lib, elektromagnit hodisalarni tavsiflashda bir xil natijaga olib keladi.



a) b)

1-rasm

Magnit maydoni va elektromagnit hodisalarni toklarning o‘zaro magnit ta’siriga asoslanib o‘rganishga o‘tamiz, chunki bu o‘zaro ta’sirni ifodalovchi Amper qonunidan elektromagnetizmning eng muhim qonunlari: Bio-Savar-Laplas qonuni va Amper formulasi deyarli bevosita kelib chiqadi.

Parallel toklarning o‘zaro ta’sirini birinchi bo‘lib Amper tajriba orqali aniqlagan.

Agar ikki parallel uzun o‘tkazgichlardan o‘tuvchi toklarning yo‘nalishlari bir xil bo‘lsa (2a - rasm), bu tokli o‘tkazgichlar o‘zaro torti-ladi, toklarning yo‘nalishlari qarama-qarshi (2b - rasm) bo‘lsa, bu tokli o‘tkazgichlar o‘zaro itarishishadi. Toklarning o‘zaro ta’siriga sabab, toklarning har biri o‘z atrofidagi fazoda magnit maydon hosil qiladi va bu maydon ikkinchi tokli o‘tkazgichga ta’sir qiladi.



a) b)

2-rasm.

Faraz qilamizki, induksiyasi V_1 bo‘lgan magnit maydonni I_1 tok hosil qiladi va I_2 tok shu magnit maydonda joylashgan. Amper qonuni asosida ikkinchi o‘tkazgichga ta’sir etuvchi kuch quyidagiga teng:

$$F_2 = B_1 I_2 \lambda \sin\alpha \qquad (1)$$

bu yerda V_1-I_2 – tok tufayli hosil bo‘lgan magnit maydon induksiyasi;

λ- o‘tkazgichning uzunligi; α - V_1 va I_2 tokning yo‘nalishi orasidagi burchak;

I_1 tokning magnit maydonining kuchlanganligi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$H = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{I_1}{d} \qquad (2)$$

bu yerda d – tokli o‘tkazgichlar orasidagi masofa.

$$B_1 = \frac{\mu\mu_0}{2\pi} \frac{I_1}{d} \qquad (3)$$

$B = \mu\mu_0 H$ - formuladan foydalanib, (3) ni hosil qildik. U paytda (1) formula quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$F_2 = \frac{\mu\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2 \lambda}{d} \qquad (4)$$

Nyutonning 3-qonuni asosida F_2 kuchga teng bo‘lgan kuch bilan I_2 tok asosida hosil bo‘lgan magnit maydon I_1 tokli o‘tkazgichga ta’sir etadi, ya’ni:

$$F_1 = F_2 \qquad (5)$$

Binobarin, parallel toklarning o‘zaro ta’sir kuchi o‘tkazgichlardan o‘tayotgan toklarning kuchlariga, o‘tkazgichning uzunligiga to‘g‘ri proporsional va ular orasidagi masofaga teskari proporsional, ya’ni

$$F = \frac{\mu\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2 \lambda}{d} \qquad (6)$$

Elektr o‘lchash asboblarini yaratishda elektr qurilma konstruksiyasini hisoblashda ana shu hodisadan keng foydalaniladi.

Demak, bir xil yo‘nalishli toklarning magnit maydonlari bir-birini kuchaytiradi, qarama-qarshi yo‘nalgan toklarning magnit maydonlari esa bir-birini susaytiradi.

Harakatlanayotgan zaryad magnit maydonining manbai bo‘ladi. Bu magnit maydoni har qanday harakatdagi zaryadga, jumladan tokli o‘tkazgichga ta’sir

tufayli namoyon bo‘ladi. Harakatlanayotgan zaryadga ta’sir qiluvchi kuch magnit kuchi deyiladi.

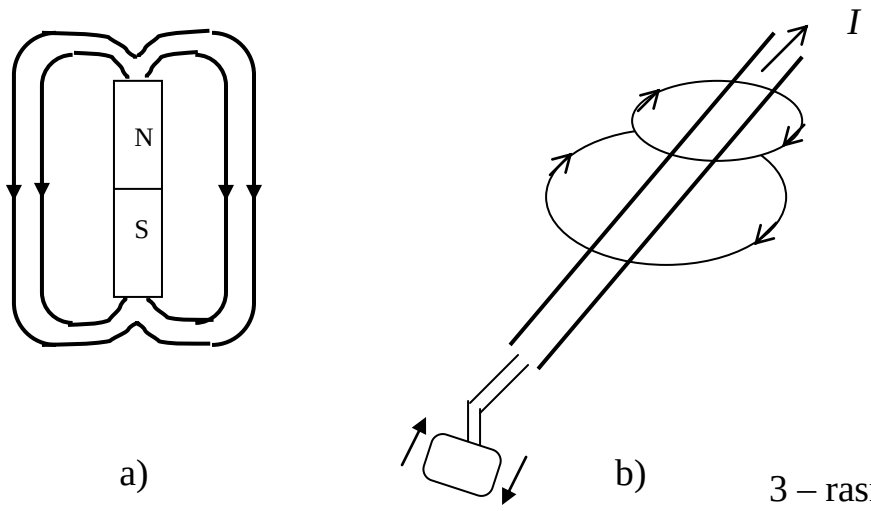
Shunday qilib, harakatlanayotgan zaryad, jumladan tokli o‘tkazgich har qanday magnit madoynining manbai bo‘ladi.

Magnit maydoni – elektromagnit maydon namoyon bo‘lishining bir ko‘rinishi bo‘lib, shu bilan farq qiladiki, u harakatdagi elektr bilan zaryadlangan zarra va jismlarga, tokli o‘tkazgichlarga hamda magnit momen-tiga ega bo‘lgan zarra va jismlargina kuch bilan ta’sir qiladi.

1819 yilda Ersted tokning magnit sterlkasiga ta’sir etish hodisasini, 1820 yilda Amper toklarning o‘zaro ta’sir etish hodisasini topdilar. 1831 yilda Faradey elektromagnit induksiya hodisasini kashf etdi. 1834 yilda Lens induktivlangan magnit oqimining teskari ta’sir etish qonunini ifodalab berdi. Fanning shu sohalaridagi taraqqiyoti elektr va magnit hodisalari bir-biridan ajralmas ekanligini isbot etdi. Elektr tokisiz magnit hodisasi va aksincha, magnit hodisasiz elektr toki bo‘lmaydi. Elektr toki tarzida sodir bo‘lgani uchun, albatta, magnit hodisalari ham elektr hodisalari bilan birgalikda sodir bo‘ladi.

Shunday qilib, tokli o‘tkazgich va uni qurshab olgan magnit maydoni bir butun elektromagnit hodisaning bir-biridan ajratib bo‘lmaydigan tomonlaridir. Elektromagnit hodisalari asosida yaratilgan elektr dviga-tellari, generatorlar, transformatorlar va shu kabilardan keng foyda-laniladi.

Magnit maydonni rasmda magnit kuch chiziqlari tufayli tasvirlash mumkin (3 a, b - rasm).



a) b) 3 – rasm

Doimiy magnitning *N* va *S* qutblari bo‘ylab yo‘nalgan berk uzluksiz chiziqlarni magnit kuch chiziqlari deb ataladi (3a - rasm). To‘g‘ri o‘tkazgich-dagi tok atrofida hosil bo‘lgan aylanalardan iborat (3b - rasm). Magnit kuch chiziqlarining boshi va oxiri bo‘lmaydi. Elektr maydon kuch chiziqlari ochiq, uzlukli bo‘lib, musbat zaryadda boshlanadi va manfiy zaryadda tugaydi. Magnit kuch chiziqlarining uzluksizligi tabiatda magnit zaryadlari yo‘qligi va binobarin, magnit tokining sodir bo‘laolmasligidan dalolat beradi.

Magnit maydonning asosiy harakteristikalari deb ikkita kattaliklar qabul qilingan:

1) Magnit maydon induksiyasi *V*

2) Magnit maydon kuchlanganligi *N*

Magnit maydon induksiyasi vektor kattalik bo‘lib, u esa tokli konturga ta’sir qiluvchi maksimal momentning konturning magnit momentiga nisbatiga teng, ya’ni:

$$\vec{B} = \frac{\vec{M}_{\max}}{\vec{P}_m} \qquad (7)$$

bu yerda $\vec{M}_{\max}$ - tokli konturga ta’sir etuvchi maksimal kuch momenti;

$\vec{P}_m$ - konturning magnit momenti.

Magnit induksiyasi vektor kattalik. Uning yo‘nalishi magnit chiziqlarining har bir nuqtasida unga urinma qilib o‘tkaziladi va magnit chizig‘i bilan bir xil bo‘ladi.

Magnit maydon induksiyasining SIdagi o‘lchov birligi

$$[B] = 1\frac{H}{A \cdot м} = 1Тл$$

Tesla nomli birlik katta bo‘lgani sababli ko‘pincha Gauss birlikdan foydalaniladi:

$$1Гс = 10^{-4}Тл$$

Magnit maydon kuchlanganligi ham tokli o‘tkazgich atrofida hosil bo‘lgan maydonning biror nuqtasidagi magnit induksiya vektorlari kabi kattalikni ifodalaydi va *N* bilan belgilanadi:

$$H = \frac{B_0}{\mu_0} \quad \text{yoki} \quad B_0 = \mu_0 H$$

$\vec{H}$ vektori ham, $\vec{B}$ kabi magnit chizig‘i tomon yo‘nalgan va unga har bir nuqtada urinma qilib o‘tkaziladi.

Bu ikki $\vec{B}$ va $\vec{H}$ kattalik o‘zaro munosabat bilan bog‘langan, ya’ni:

$$\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H} \qquad (8)$$

bu yerda μ - muhitning magnit singdiruvchanligi; μ_0 – magnit doimiysi, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ *Gn/m*, vakuum uchun $\mu=1$ shuninguchun

$$\vec{B}_0 = \mu_0 H \qquad (9)$$

bu yerda $\vec{B}_0$ - vakuumdagi magnit induksiya kattaligi.

$$H = \frac{B_0}{\mu_0} = \frac{Bc A м}{м^2 Bc} = \frac{A}{м}; \qquad [H] = 1 A/м$$

Magnit maydon kuchlanganligi Ersted (*E*) nomli birlikda ham o‘lchanadi.

$1Э = 80\frac{A}{м}$ ga teng.

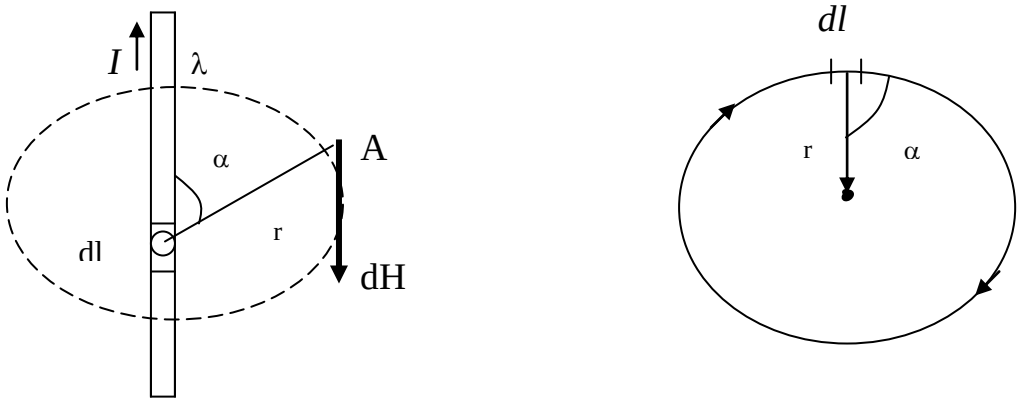
Bio-Savar-Laplas qonuni ixtiyoriy o‘tkazgichdan oqayotgan tokning hosil qilgan magnit maydonining H kuchlanganligini hisoblashga imkon beradi.

Bio-Savar-Laplas qonuniga muvofiq, tokli o‘tkazgich atrofida hosil bo‘lgan magnit maydonining har bir nuqtasidagi magnit kuchlanganligining qiymati tok kuchi, o‘tkazgich shakli, nuqta bilan o‘tkazgich orasidagi masofa va o‘tkazgich atrofidagi muhitga bog‘liq (4a - rasm):

$$dH = \frac{1}{4\pi}\frac{I \cdot \sin\alpha}{r^2} d\lambda \qquad (10)$$

Bu ifoda Bio-Savar-Laplas qonuni deyiladi.

Bu yerda *Idl* – o‘tkazgichning cheksiz kichik elementi *dl* orqali o‘tadigan tok; *r* – maydonning biror A nuqtasidan tok elementigacha bo‘lgan masofa;
dH – A nuqtada hosil bo‘lgan elementar magnit maydon kuchlanganligi.



a) b)

4 – rasm.

4b – rasmda tokli halqasimon o‘tkazgich markazidagi nuqtada hosil bo‘lgan magnit maydon kuchlanganligi qiymatini hisoblashga doir chizma ko‘rsa-tilgan. Bunda tok elementi $I \cdot dl$ dan r masofada hosil bo‘lgan barcha elemen-tar dH kuchlanganliklarning yo‘nalishi Parma qoidasiga binoan aniqlanadi va bir xil bo‘ladi. Shuning uchun (10) formulaga muvofiq, aylanma tokning markazidagi magnit maydon N kuchlanganligi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$H = \frac{1}{4\pi r^2}\int d\lambda = \frac{1}{4\pi r^2}\lambda,$$

yoki $\lambda = 2\pi r$ bo‘lgani uchun

$$H = \frac{I}{2r} \qquad (11)$$

Demak, (11) ifoda Bio-Savar-Laplas qonunini formulasi bo‘ladi.

Tok o‘tayotgan cheksiz to‘g‘ri o‘tkazgich magnit maydonining kuchlangan-ligi quyidagiga teng:

$$\overset{\rho}{H} = \frac{1}{2\pi r} \qquad (12)$$

bu yerda r – A nuqtadan o‘tkazgichgacha bo‘lgan masofa.

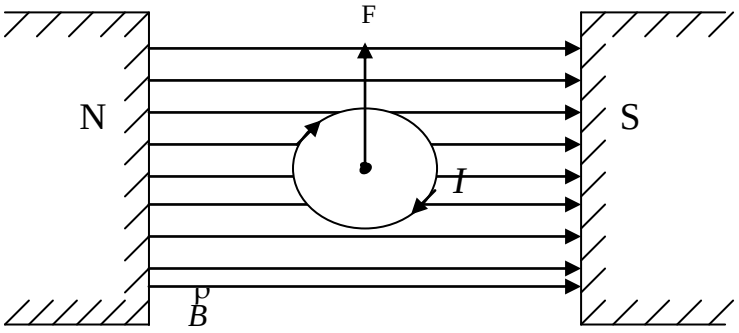
Uzun solenoid ichidagi magnit maydonining kuchlanganligi quyida-giga teng:

$$\overset{\rho}{H} = \frac{In}{\lambda} \qquad (13)$$

bu yerda In – ko‘paytma amper-o‘ramlar soni; λ - solenoid uzunligi;

n – solenoidning o‘ramlar soni.

Agar tokli o‘tkazgichni – tashqi magnit maydonda joylashtirsak (5 - rasm), u paytda bu o‘tkazgichga kuch ta’sir etadi.



5 – rasm.

Bir jinsli magnit maydondagi tokli o‘tkazgichga ta’sir qiluvchi kuch o‘tkazgichdan o‘tayotgan tokning kuchi, o‘tkazgichning uzunligi, magnit maydonning induksiyasi bilan magnit maydon chiziqlari orasidagi burchakning sinusiga ko‘paytmasiga teng, ya’ni:

$$F = I\lambda B \cdot \sin\alpha \qquad (14)$$

Agar o‘tkazgich ixtiyoriy shaklda va magnit maydon bir jinsli bo‘lmasa, u paytda (14) ifoda quyidagicha bo‘ladi:

$$dF = Id\lambda B \cdot \sin\alpha \qquad (15)$$

va Amper qonuni deb ataladi.

O‘tkazgichda tokni hosil qilgan tartibda harakatlanayotgan zaryadlarga magnit maydon ta’sir qiladi. Shuning uchun Amper qonunidan foydalanib magnit maydonda harakatlanuvchi zaryadga ta’sir etuvchi kuchni topish mumkin.

Amper qonunidagi tokning kuchi quyidagiga teng:

$$I = jS = qnvS \qquad (16)$$

bu yerda j – tokning zichligi; S – o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzasi; q – elementar zarrachaning zaryadi; n – zarrachalarning konsentratsiyasi;
v – ularning tartibli harakat tezligi.

Bu ifodani (14) ga qo‘ysak quyidagi hosil bo‘ladi:

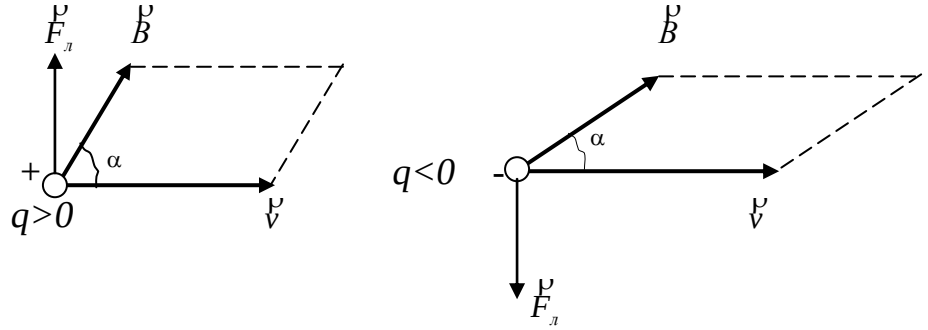
$$F = qnvS\lambda B \cdot \sin\alpha = qvBN \cdot \sin\alpha \qquad (17)$$

bu yerda $N = nS\lambda = nV$ - tekshirilayotgan o‘tkazgichning hajmidagi elektr zaryadlarning umumiy soni. Binobarin, harakatlanayotgan har bir zaryadga magnit maydonining ta’sir kuchi – Lorens kuchi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$F_л = \frac{F}{N} = qvB\sin\alpha \qquad (18)$$

bu yerda α - V va v vektorlar orasidagi burchak.

Lorens kuchi magnit induksiyasi va zarrachaning harakat tezligi yotgan tekislikka perpendikulyar yo‘nalgan bo‘ladi (6-rasm) va markazga intilma kuchdan iborat bo‘ladi:



6 – rasm.

Binobarin,

$$\frac{mv^2}{R} = qvB \qquad (19)$$

bu yerda m – zarrachaning massasi; $\alpha=90^0$.

(19) dan ko‘rinadiki, magnit maydondagi zaryadli zarrachaning harakat trayektoriyasi aylanadan iborat bo‘lib, uning radiusi quyidagiga teng:

$$R = \frac{m}{q}\frac{v}{B} \qquad (20)$$

Zarrachaning aylanish radiusini bilgan holda, uning aylanish davrini aniqlash mumkin:

$$T = \frac{2\pi R}{v} = 2\pi\frac{m}{qv} \qquad (21)$$

Umumiy holda harakatlanayotgan elektr zaryadga magnit maydondan tashqari yana ham elektr maydon ta’sir qiladi. U paytda zaryadga ta’sir etuvchi natijaviy kuch quyidagiga teng bo‘ladi:

$$F = qE + q[v, B] \qquad (22)$$

(22) ifoda Lorens formulasi deyiladi.

Amper va Lorens kuchi texnikada keng qo‘llaniladilar. Masalan, elektr dvigatellarining ishlash prinsipi Amper kuchiga asoslangan. Massa-spektrograf va siklotronning ishlash prinsipi Lorens kuchiga asoslangan.

Yer atrofida fazoviy jism sifatida mavjud bo‘lgan maydon Yerning magnit maydoni deyiladi.

Yer magnetizmi (geomagnetizm) – Yerning xususiyatlaridan biri bo‘lib, Yer sharining atrofida magnit maydon borligi bilan bog‘liq. Yer magnetizm elementlari kompas, magnit teodolit, turli mangitometrlar, magnit tarozi, magnit variometr va boshqalar yordamida o‘lchanadi.

Yerdan topilgan ba’zi temir rudalari, masalan, magnit temirtosh ba’zan magnitlangan bo‘ladi. Ularning magnitlanishiga Yerning magnit maydoni sabab bo‘ladi. Magnitlangan rudalar tabiiy mangitlar deb atalgan. Tabiiy doimiy magnitlarning xossalari elektr tokini ixtiro qilishdan ancha ilgari o‘rganilgan edi. Anchagina keyin esa moddada magnit xossalarining namoyon bo‘lishi modda va molekulalarida elektr zaryad-larning harakati bilan bog‘liq ekanligi isbot qilingan.

Yerning magnit maydoni har doim birday turmas ekan. Unga Quyoshda ro‘y beradigan ba’zi hodisalar kuchli ta’sir qiladi. Quyoshdagi dog‘lar maksimal bo‘lgan davrlarda Yerning magnit maydoni keskin o‘zgaradi, bunday hodisalarni magnit bo‘ronlari deyiladi. Magnit bo‘roni kompas strelkasining to‘lqinlanishiga sabab bo‘ladi.

Yerning magnit maydoni kuchlanishining normal holatidan farq qilishi magnit anomaliyasi deyiladi.

Osmon jismlarining hammasida ham magnit maydoni bo‘lavermaydi. Masalan, koinotni raketalar va yo‘ldoshlar yordamida tekshirish Oyning xususiy magnit maydoni yo‘q ekanligini ko‘rsatadi.

Tabiatdagi barcha moddalar u yoki bu darajada magnit xossalariga egadir. Xozirgi vaqtda ixtiyoriy moddani tashkil qilgan elementlar zarrachalar, atom va molekulalarning magnit xossaga ega ekanligi aniqlangan. Har qanday moddaning magnit xossasi atomdagi elektronlarning magnit xossalari bilan harakterlanadi.

Elektronning atrofida elektromagnit maydoni mavjud. Bu maydonning elektr tashkil etuvchi elektr zaryadi «e» bilan, magnit tashkil etuvchi esa, «spin» bilan harakterlanadi.

Elektronning yadro atrofidagi orbital harakatlanishidan hosil bo‘lgan magnit maydonni elektronning orbital magnit momenti bilan harakterlash mumkin, ya’ni:

$$P_m = IS = \lambda \nu \ \pi \ r^2 \qquad (1)$$

bu yerda I- orbital tok; S – orbitaning yuzasi; λ - elektron zaryadi; ν - aylanish chastotasi; r – orbitaning radiusi.

Magnit maydoniga joylashtirilganda holatini o‘zgartirmaydigan moddalar mavjud emas. Magnit maydoniga moddalarning o‘zi shunday maydon manbai bo‘lib qoladi. Shu ma’noda barcha moddalarni magnetiklar deb qabul qilingan.

Magnetiklarning magnitlanganlik darajasini harakterlash uchun magnetiklanish vektori kiritilgan.

Magnetiklarning magnitlanish vektori deb, uning xajm birligiga mos kelgan atomlarning natijaviy magnit momentiga miqdor jihatdan teng bo‘lgan fizik kattalikka aytiladi:

$$\vec{I} = 1 / \nu \sum_{i=1}^{n} P_{mi} \qquad \left[\vec{I}\right] = 1A / м \qquad (2)$$

bu yerda n – magnetikning hajmidagi atomlar soni.

Tashqi magnit maydonga kiritilgan magnetikdagi magnit maydonning induksiya vektori vakuumdagi magnit maydonning induksiyasi bilan magnetikning magnitlanishi natijasida hosil bo‘lgan ichki magnit maydonning induksiyasining vektor yig‘indisiga tengdir:

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}^1 \qquad (3)$$

bu yerda B – tashqi magnit maydon induksiyasi;

B_0 – vakuumdagi magnit maydon induksiyasi;

B^1 – magnetikni ichki magnit maydon induksiyasi

(3) formuladan quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{\vec{B}}{B_o} = 1 + \frac{\vec{B}^1}{B_o} \qquad (4)$$

bu yerda $\frac{\vec{B}}{B_o} = \mu$ (5)

μ - magnetiklarning nisbiy magnit singdiruvchanligi.

Vakuum va havo uchun μ = 1, chunki bu muhitdagi ichki magnit maydon induksiyasi nolga teng, ya'ni B = O.

Nisbiy magnit singdiruvchanligining qiymatiga qarab moddalar uch guruhlarda bo‘linadi.

Agar μ <1 modda tashqi magnit maydonga kiritilganda tashqi magnit maydonni susaytiradigan yo‘nalishda ichki magnit maydon hosil bo‘ladi. Bu ichki maydonning induksiyasi B^1 tashqi magnit maydonnikiga B qarama-qarshi yo‘nalganligi uchun bunday moddalar diamagnetiklar deyiladi.

Diamagnetiklarga misol qilib inert gazlarini, ko‘pgina organik birikmalar, vismut, oltin, mis, simob, smolalar, suv, shisha va hokazolarni olish mumkin.

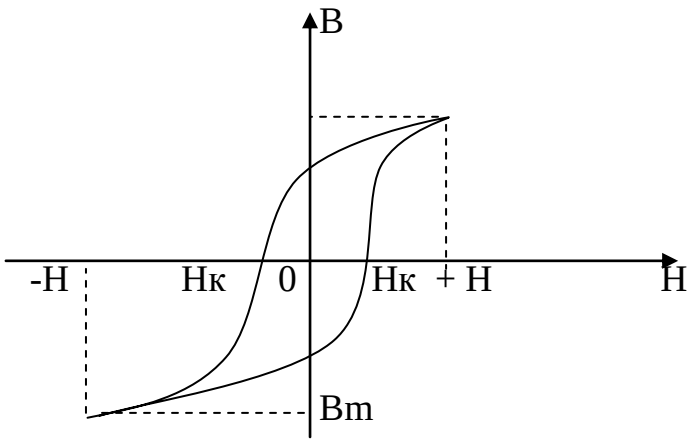
Agar μ >1 modda tashqi magnit maydoniga joylashtirilganda u maydonni kuchaytiradigan yo‘nalishda ichki magnit maydonni hosil qiladi. Bu ichki maydonning induksiyasi tashqi maydonning induksiyasi bilan parallel yo‘nalganligi uchun bunday moddalarga paramagnetiklar deyiladi.

Paramagnetiklarga misol qilib havo, alyuminiy, azot, volfram, marganes, qalay, platina, ebonitni olish mumkin.

Nisbiy magnit singdiruvchanligi vakuumdagidan juda katta, ya'ni μ >>1 bo‘lgan moddalar tashqi magnit maydonga kiritilsa, tashqi maydonga nisbatan yuzlarcha va minglarcha marta katta bo‘lgan ichki maydon hosil bo‘ladi. Bunday moddalar ferromagnetiklar deyiladi. Bunday moddalarga temir, cho‘yan, nikel, kobalt va bir qator temir qotishmalarini misol qilib olish mumkin.

Ferromagnetiklarning tuzilishidan aniqlanganki, ular juda ko‘p o‘z-o‘zidan magnitlashgan sohalardan tashkil topgan ekan. Bunday sohalar domenlar deb ataladi.

Tashqi o‘zgaruvchan magnit maydonda joylashgan ferromagnetik magnitlashga ega bo‘ladi. Ferromagnetiklarning muhim xususiyatlaridan biri, ularning tashqi magnit ta’sir qilmagan holda ham magnitlanishini saqlanishi.

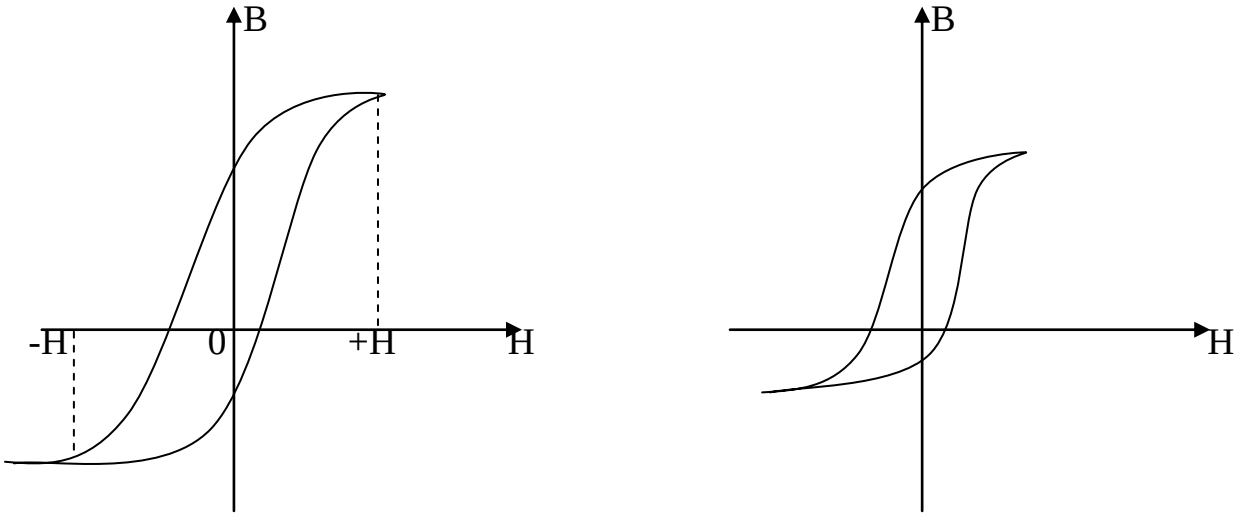


7 – rasm

Magnit induksiya o‘zgarishlarining magnitlovchi maydon kuchlanganligini o‘zgarishlaridan bunday orqada qolish hodisasi magnit gisterezisi deb, berk egri chiziq esa gisterezis sirtmog‘i deb ataladi (1-rasm).

Gisterezis sirtmog‘ining yuzi katta bo‘lgan ferromagnetik qattiq (magnit jihatdan) ferromagnetik deyiladi. Ular turli xil maqsadlarda ishlatiladigan o‘zgarmas magnitlar yasash uchun mo‘ljallangan bo‘ladilar (2a- rasm).

Gisterezis sirtmog‘ining yuzi kichik bo‘lganlari esa yumshoq ferromagnetiklar deyiladi. Bunday materiallar o‘zgarmas va o‘zgaruvchan magnit oqimlarining magnit o‘tkazuvchisi sifatida ishlatiladi. (2b- rasm)



a) b) 8 –rasm.

2a – rasmda qattiq ferromagnetikning qayta magnitlanishdagi gisterezis sirmog‘ini yuzi ko‘rsatilgan. 2b – rasmda esa yumshoq ferromagnetikning qayta magnitlanishidagi gisterezis sirtmog‘i yuzi ko‘rsatilgan.

Keyingi vaqtlarda gisterezis sirtmog‘i yuzi juda kichik bo‘lgan materiallar yaratildi. Ular turli metall oksidlari aralashmasidan iborat bo‘lgan qotishmalar, masalan, nikel va rux, marganes va magniy kabilardir. Ular ferritlar deb ataladi. Ferritlarda qayta magnitlanish vaqtida kam energiya sarf bo‘ladi.

Hozirgi vaqtda ferritlar avtomatikada, hisoblash mashinalarida, radiotexnikada va boshqa sohalarda keng ishlatilmoqda.

Ferromagnit materiallar texnikada keng ishlatiladi. Ulardan magnit ekranlar, tovushni magnit usulida yozib olish uchun lentalar, turli asbob va mexanizmlar (telefon, telegraf apparati, transformator, magnit krani) uchun elektromagnit o‘zaklari tayyorlashda foydalaniladi.

Ferromagnetiklarning muxim xususiyatlaridan biri aniq θ temperaturada magnit xossalarining yo‘qotishidir. Agar ferromagnetik temperaturasini orttirsak, u holda molekulalar xaotik harakati kuchayishi tufayli domenlar sochilib ketadi va ferromagnetik o‘zining dastlabki magnit xossalarini yo‘qotib, paramagnetikka aylanadi va temperaturaning bundan keyingi ortib borishida u paramagnetik bo‘lib qoladi. Ferromagnetikning paramagnetikka aylanishi har bir modda uchun muayyan temperaturada sodir bo‘ladi, bu temperatura Kyuri nuqtasi deyiladi. Masalan, temir uchun Kyuri nuqtasi $\theta = 770^{o}$ S, kobalt uchun $\theta = 1140^{o}$ S

Tashqi magnit maydon Bo induksiyasi va B^1 ichki magnit maydon induksiyasi orasidagi bog‘lanish:

$$B^1 = \chi B_o \qquad (6)$$

bu yerda χ - moddaning magnit qabul qiluvchanligi.

Izotop magnetiklarda maydon induksiyasi va kuchlanganligi orasidagi bog‘liqlikni ko‘rsatuvchi kattalik χ magnetikning turiga va uning holatiga (temperatura va hokazolar) bog‘liq bo‘lgani uchun mazkur moddaning magnit qabulchanligi deyiladi.

Diamagnetik moddalar uchun χ<0, paramagnetik moddalar uchun χ> 0 bo‘ladi.

Magnit singdiruvchanlik bilan magnit qabulchanlik orasidagi bog‘lanish quyidagicha bo‘ladi:

$$\mu = 1 + \chi \tag{7}$$

Paramagnetiklarning magnit qabul qiluvchanligi bilan temperatura orasidagi bog‘lanish:

$$\chi = \frac{C}{T - \theta} \tag{8}$$

bu yerda C-berilgan moddaning doimiysi; T – moddaning absolyut temperaturasi

(8) formula Kyuri – Veys qonuni deyiladi.

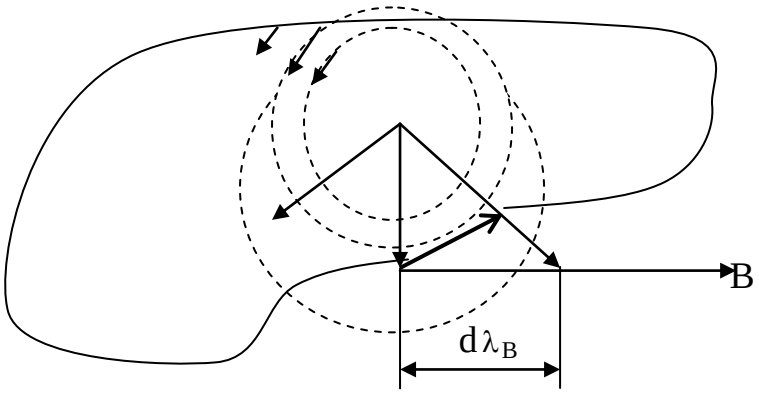
Ma’lumki, E vektorning chiziqlari (ya’ni elektrostatik maydon kuchlanganlik chiziqlari) yoxud zaryaddan boshlanar (zaryad musbat bo‘lganda), yoxud zaryadda tugallanar (zaryad manfiy bo‘lganda) edi. Hech vaqt kuchlanganlik chiziqlari berk bo‘lmas edi. Elektr zaryadlar elektr maydonni vujudga keltiruvchi manbalar bo‘lib, xizmat qiladi. Shuning uchun ham zaryadlarni, ba’zan, manbalar deb ataladi.

Magnit maydonni grafik tasvirlashda foydalaniladigan magnit induksiya chiziqlari esa doimo berk bo‘ladi. Berk chiziqlar hech qayerda boshlanmaydi va hech qayerda tugallanmaydi. O‘zlarining bu xususiyati bilan B vektorning chiziqlari E vektorning chiziqlaridan butunlay farq qiladi. Shuning uchun tabiatda elektr zaryadlarga o‘xshash magnit zaryadlar bo‘lmaydi. Demak, magnit maydonni vujudga keltiruvchi elektr toklar uyurmasimon berk magnit induksiya chiziqlari bilan o‘ralgan bo‘ladi. Shuning uchung, magnit maydonni uyurmaviy maydon yoki uyurmalar maydoni deb, bu maydonni vujudga keltiruvchi elektr tokni esa uyurma deb atash mumkin.

Elektrostatik maydon potensial maydon edi. Shuning uchun, kuchlanganlik vektorining berk kontur bo‘yicha sirkulyatsiyasi nolga teng edi:

$$\int E_e d\lambda = o \tag{9}$$

Magnit maydon bu xususiyatga egami? Bu savolga javob berish uchun cheksiz uzun to‘g‘ri tok maydonidagi ixtiyoriy yassi berk kontur bo‘yicha B vektorning sirkulyatsiyasini qiymatini hisoblaylik. To‘g‘ri tok 3 – rasmda chizma tekisligiga perpendikulyar, zero chizmada u nuqta bilan tasvirlangan. Bu tok tufayli vujudga kelgan magnit maydonni tasvirlovchi B chiziqlari – markazlari kontur tekisligi va tok kesishgan nuqtada joylashgan konsentrik aylanalardir.



9-rasm.

Konturni xayolan $d\lambda$ elementlarga ajrataylik. Shu elementlardan biri joylashgan nuqtadagi B vektorning $d\lambda$ yo‘nalishiga proyeksiyasini B_λ deb belgilaymiz va vektorning skalyar ko‘paytmasining xususiyatlaridan foydalanamiz:

$$B_\lambda \cdot d\lambda = Bd\lambda = B \cdot d\lambda \cdot \cos(Bd\lambda) = B \cdot d\lambda_B \qquad (10)$$

Bunda $d\lambda_B$ – kontur elementining B yo‘nalishiga proyeksiyasi, u – r_o radiusli aylanaga urinma ravishda yo‘nalgan.

$$d\lambda_B = r_o \cdot d\lambda \qquad (11)$$

bunda $d\alpha$ – kontur elementi ($d\lambda$) ga tiralgan va uchi to‘g‘ri tok bilan kontur tekisligi kesishgan nuqtada joylashgan markaziy burchak (10) va (11) lardan foydalanib hamda to‘g‘ri tokning magnit maydon induksiyasi

$$B = \frac{\mu_\lambda I}{2\pi r_o} \qquad (12)$$

ekanligini hisobga olsak,

$$\oint B_\lambda dl = \oint B dl_B = \oint \frac{\mu_\lambda I}{2\pi r_o} r_o \cdot d\alpha = \frac{\mu_\lambda I}{2\pi} \oint d\alpha \qquad (13)$$

bo‘ladi. Kontur tokni qamrab olgan holda (13)dagi integral 2π ga teng bo‘ladi. Demak, B vektorning to‘g‘ri tokni qamrab olgan ixtiyoriy shakldagi yassi kontur bo‘yicha sirkulyatsiyasi noldan farqli bo‘lib, u o‘tkazgichdan o‘tayotgan tok kuchiga bog‘liq, ya’ni:

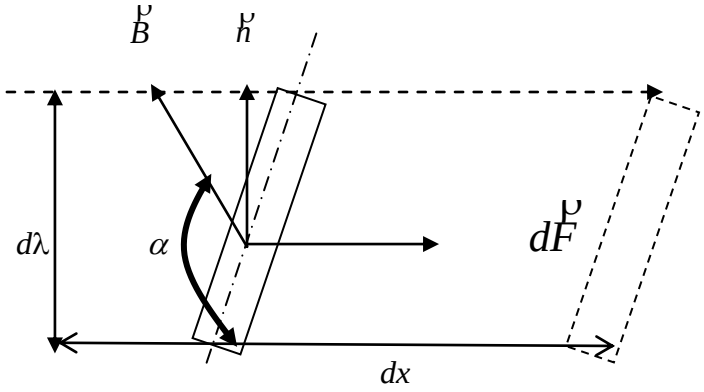
$$\oint B_\lambda dl = \mu_o I \qquad (14)$$

Bu ifoda turli shakldagi toklar va kontur bir tekislikda yetmagan hollar uchun ham o‘rinli.

Amper qonuniga muvofiq, uzunligi l bo‘lgan I tokli o‘tkazgichga bir jinsli magnit maydon tomonidan F kuch ta’sir etadi:

$$F = IB\lambda \sin a \qquad (15)$$

dl tokli o‘tkazgichni elementini magnit maydonda ko‘chishi natijasida bajargan dA ishini hisoblaymiz (4 – rasm)



10 – rasm

Berilgan bu hol uchun bajargan dA ish, ya’ni:

$$dA = dFdx \qquad (16)$$

Amper qonuni bo‘yicha:

$$dF = IBd\lambda \sin(d\lambda B) = IBd\lambda \sin a \qquad (17)$$

(17) ifodani (16) formulaga quyganda, hosil qilamiz:

$$dA = IB \sin a d1 \cdot dx \qquad (18)$$

Rasmdan ko‘rinayaptiki,

$$B \cdot \sin a = B_n, \qquad d\lambda \cdot dx = dS$$

bu yerda B_n – induksiya vektorini normalga bo‘lgan proyeksiyasi.

O‘z navbatida,

$$B_n \cdot dS = d\Phi_m \tag{19}$$

Bu yerda $d\Phi_m - dS$ yuzadan o‘tuvchi magnit oqimi

Shuning uchun (18) formulani quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$dA = I \cdot d\Phi_m \tag{20}$$

Agar $I = const$ bo‘lsa va (20) formulani ikki tomonidan integral olsak, u paytda:

$$A = I \cdot \Phi_m \tag{21}$$

Shunday qilib, tokli o‘tkazgichning magnit maydonida ko‘chishida bajarilgan ish tok kuchining o‘tkazgich siljiganda chizgan yuzasi orqali o‘tgan magnit indukiya oqimi ko‘paytmasiga teng.

Texnikada magnit materiallarining xossalari juda katta ahamiyatga ega. Transformatorlar, elektr mashinalari kabi mexanizm, apparat va asboblarning ish rejimi, foydali ish koeffitsiyentlari asosan ulardagi magnit materiallarining sifatiga bog‘liq.

Elektr mashinalari, transformatorlar va boshqa kuchli tok qurilmalarining magnit oqimi o‘tkazadigan qismlari elektromagnit deyiladi va u yumshoq po‘latdan qilingan.

Elektromagnitning doimiy magnitdan afzalligi shundan iboratki, elektromagnitni uning chulg‘amidagi tokni ulab yoki uzib, magnitlash va magnitsizlantirish mumkin.

Elektromagnit – sun’iy magnit bo‘lib, ferromagnit o‘zak ustiga izolyatsiyalangan simdan o‘ralgan chulg‘amdan elektr toki o‘tkazilganda paydo bo‘ladigan magnit maydon ferromagnit o‘zakda to‘planib kuchli magnit maydon hosil qiladigan qurilmadir.

Elektromagnitdan texnika va avtomatikada turli maqsadlar uchun keng qo‘llaniladi.

Elektromagnitlar amalda turli- tuman qo‘llanishga ega. Ular elektrodvigatellarda, generatorlarda, telegrafda, ko‘tarish kranlarida, metallni qayta ishlovchi stanoklarda va boshqa joylarda qo‘llanadi. Elektromagnitlarning turli xil relelarda va ultratovush tebranishlarni olish uchun qo‘llanishi nihoyatda muhim ahamiyatga egadir.

Elektromagnit rele zanjirdagi tokni uzish va ulash uchun xizmat qiladi. Bunda reledan o‘tayotgan kuchsiz tok asosiy zanjirdagi kuchli tok quvvatini boshqaradi. Hozirgi zamon texnikasida turli xil relelarning keng qo‘llanilishi mashinalarni, sexlarni va hatto zavodlarni boshqarishni avtomatlashtirishga imkon beradi.

Moddaning magnit xossalaridan boshqa ko‘pgina asboblarda ham foydalaniladi. Masalan, magnit defektoskop po‘lat buyumlardagi kichik yoriq, yoki bo‘shliqni bilishga imkon beradi. Magnit mikrometr po‘lat buyumlar va hokazolar qoplangan yupqa qatlamlar qalinligini o‘lchashga imkon beradi. Texnikada elektr o‘lchov asboblari keng ishlatiladi.

Elektr o‘lchov asboblari to‘rt turga bo‘linadi: magnitoelektr, elektromagnit, elektrodinamik va issiqlik asboblari. Magnitoelektr asboblarning ishlashi tokli o‘tkazgichning doimiy magnitning maydonida Amper kuchi ta’sirida harakatlanishiga asoslangan. Bu asboblar juda sezgir, aniq ko‘rsatadi, biroq ular faqat o‘zgarmas tok zanjirlarida o‘lchashlar uchun yaroqlidir.

Elektromagnit asboblarining ishlashi temir o‘zakning tokli g‘altakka tortilish hodisasiga asoslangan. Bu asboblar o‘zgarmas tok zanjirlarida ham, o‘zgaruvchan tok zanjirlarida ham o‘lchashlar uchun yaroqlidir.

Elektrodinamik asboblarning ishlashi toklarning o‘zaro ta’siriga asoslangan. Bunday asboblar yordamida o‘zgaruvchan hamda o‘zgarmas tok zanjirlarida o‘lchashlar olib borish mumkin.

Issiqlik asboblarining ishlashi tok o‘tayotgan simning qizib, uzayish xossasiga asoslangan. Ular o‘zgarmas hamda o‘zgaruvchan tok zanjirlarida o‘lchashlar uchun, ayniqsa yuqori chastotali toklarning o‘lchash uchun yaroqlidir.

Nazorat uchun savollar:

1. Qanday kuchlar magnit kuchlari deb ataladi?
2. Konturning magnit maydoni deb nimaga aytiladi?
3. Magnit maydoni induksiyasi va kuchlanganligi o‘zaro qanday bog‘langan?
4. Bio-Savar-Laplas qonuni nimani ifodalaydi?
5. Amper kuchini ta’riflang.
6. Zaryadli zarrachalar tezlatgichlarining tuzilishi va ishlash prinsipi nimaga asoslangan?
7. Magnit induksiya oqimi deb nimaga aytiladi?
8. Muhitning nisbiy va absolyut magnit singdiruvchanligi nimani ifodalaydi?
9. Qanday moddalarga para-,dia-va ferromagnetiklar deyiladi?
10. Moddalarning magnit qabul qiluvchanligi nimani ifodalaydi?
11. Kyuri nuqtasining fizik ma’nosi.
12. Elektromagnit nima va undan qaysi sohalarda foydalanish mumkin?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Magnit va elektromanit hodisalar va ularni amaliy ahamiyatini o‘rganib chiqish.
2. Moddalardagi magnit maydoni, moddalarni magnitlanishini nazariyasini, amaliyotda, texnikada qo‘llanilishini o‘rganib chiqish.
3. Tabiiy va su’niy magnitlar to‘g‘risida ma’lumotlarni izlab topish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 2, 8, 9, 13

3.7 Mavzu: Elektromagnit induksiya

Darsning maqsadi: Elektromagnit induksiya hodisasini tabiati va amaliy ahamiyati haqida bilimlar berish.

Asosiy savollar:

1. Elektromagnit induksiya
2. Faradey qonuni. Lens qoidasi
3. O‘zinduksiya va o‘zaroinduksiya hodisalari
4. Transformator va uning ishlash prinsipi
5. Magnit maydon energiyasi

Tayanch so‘z va iboralar:

Induksiya – induksiya zaryadlangan jismning elektrostatik maydoni ta’sirida zaryadsiz jismning zaryadlanishi.

Induksion tok – yopiq konturda o‘zgaruvchan magnit maydon hosil qiladigan tok.

Elektromagnit induksiyasi elektr yurituvchi kuchi – elektromagnit induksiyasi tufayli o‘tkazgich uchlarida hosil bo‘lgan potensiallar ayirmasi.

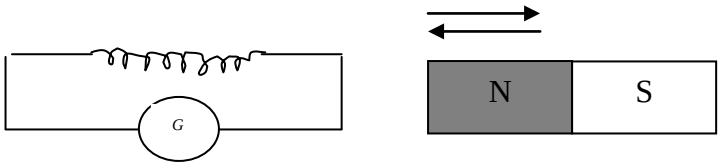
Transformator – o‘zinduksiyaga asoslangan, o‘zgaruvchan tok kuchlanishini o‘zgartirib bera oladigan va uzoq masofalarga elektr energiyani uzatiladigan qurilma.

Ersted elektr tok magnit maydonni vujudga keltirishini aniqlangandan so‘ng, ko‘pchilik olimlar teskari effektni qidira boshlashdi, ya’ni magnit maydon elektr tokni vujudga keltirmasmikan, degan savolga javob qidira boshlashdi.

1831 yilda inglis fizigi Faradey ko‘p yillik tadqiqotlar natijasida elektromagnit induksiya hodisasini ochish sharafiga muyassar bo‘ldi. O‘ magnit maydonda bajarilgan mexanik ish hisobiga elektr tokini olish mumkinligini isbotlab, hozirgi zamon elektrotexnikasiga asos soldi.

Faradeyning elektromagnit induksiya hodisasiga bag‘ishlangan tajribalarini ko‘rib chiqamiz.

1. Agar magnit berk kontur g‘altagi ichiga kiritilsa yoki chiqarilsa (1-rasm), shu magnit kiritilayotgan va chiqarilayotgan paytida berk konturda tok hosil bo‘ladi, bu tok induksion tok deyiladi. Agar magnitni g‘altakka kirita boshlasak – galvanometr strelkasi bir tomonga, agar magnitni g‘altakdan chiqara boshlasak, strelka boshqa tomonga og‘adi. Binobarin, induksion tok yo‘nalishi magnit harakatining yo‘nalishiga qarab o‘zgaradi.



1-rasm

2. Agar izolyatsiyalangan simdan qilingan ikki g‘altakni yonma-yon qo‘yib, ulardan biriga galvonometr ulab, birinchi g‘altakdagi tok kuchini reostat bilan o‘zgartirsak, tokning o‘zgarishi protsessida ikkinchi g‘altakda induksion tok hosil bo‘ladi. (2-rasm)

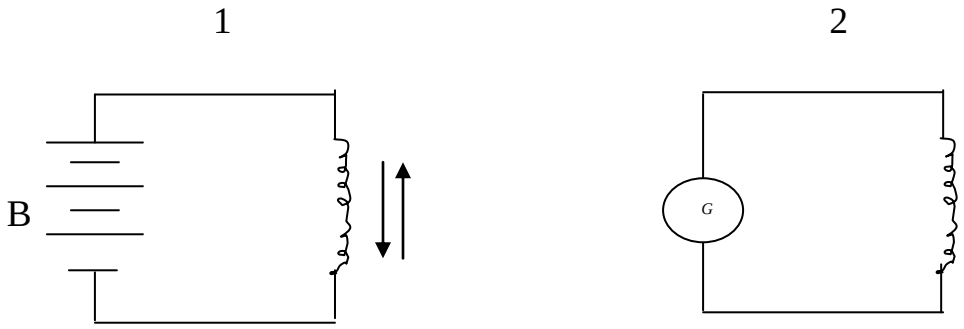


2-rasm

Birinchi g‘altakdagi tokning kamayishi va ortishi bilan ikkinchisida induksion tok paydo bo‘ladi, ammo induksion tokning yo‘nalishi o‘zgaradi.

Birinchi g‘altakdagi tok kuchining o‘zgarishi uning atrofida hosil bo‘lgan magnit maydonni o‘zgartiradi. Demak, ikkinchi g‘altakni kesib o‘tayotgan magnit oqimi o‘zgaradi. Natijada, ikkinchi g‘altakda tok induksiyalanadi.

3. Ikkita sim o‘ramlardan tuzilgan g‘altaklardan, birinchisi tok manbaiga ulangan, ikkinchisi esa galvonometrga (3-rasm). Har ikki g‘altak tinch holatda bo‘lsin. Galvanometr strelkasi nolni ko‘rsatadi. Lekin ulardan birini vertikal o‘q bo‘ylab yuqoriga va pastga qarab harakat qildirsak, galvanometr strelkasi nol holatiga nisbatan siljiydi.



3-rasm

Keltirilgan tajribalarga yakun yasab shuni aytish mumkinki, galvonometr ulangan zanjirda hosil bo‘lgan tok magnit maydon manbaining tabiatiga bog‘liq emas. Zanjirda hosil bo‘lgan tok galvonometrli g‘altak o‘ramlarini kesib o‘tgan magnit oqimining o‘zgarish tezligiga proporsional. Ta’sir orqali hosil bo‘lgan bu tok, induksiya toki deb nom olgan. Tok tavushchi zarralarni yopiq kontur bo‘ylab harakatga keltirgan kuch induksiya elektr yurituvchi kuch deb ataladi. Shu kuchning vujudga kelishi bilan bog‘liq fizik jarayon elektromagnit induksiya hodisasi deyiladi. Yuqorida tavsifi berilgan hodisa bitta berk konturni qamrab olgan magnit oqimining o‘zgarishi qiymati shu magnit oqimi o‘zgarish tezligi bilan aniqlanadigan induksiya EYUKni uyg‘otadi. Bu xulosa Faradey-Maksvell qonuni deb ataladi va quyidagicha ta’riflanadi:

Konruda hosil bo‘lgan induksiya elektr yurituvchi kuchi shu kontur bilan chegaralangan yuza orqali o‘tayotgan magnit induksiya oqimining o‘zgarish tezligiga proporsional bo‘lib, qarama-qarshi yo‘nalgan, ya’ni:

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi_m}{dt} \qquad (1)$$

(1) formula Faradey-Maksvell qonunini ifodalaydi. Ifodadagi «---» ishora induksion tokning yo‘nalishi bilan bog‘liqdir. Induksion tokning yo‘nalishini tajribalar asosida Lens aniqlandi. Bu qoida uning sharafiga Lens qoidasi deb yuritiladi. Bu qoidaga ko‘ra induksion tok shunday yo‘nalishda bo‘ladiki, uning xususiy magnit induksiya oqimi bu tokni yuzaga keltiruvchi magnit induksiya oqimining o‘zgarishiga to‘sqinlik qiladi.

Agar yopiq kontur bita emas, ketma-ket ulangan N ta bir xil cho‘lg‘amlardan tashkil topgpn bo‘lsa, unda (1) formulani N kontur uchun umumlashtiramiz, ya’ni:

$$\varepsilon_i = -N\frac{d\Phi_m}{dt} \qquad (2)$$

Shuni alohida qayd etish kerakki, yuqorida keltirilgan tajribalarda kontur yoki g‘altak induksiya tokini sezuvchi qayd qilgich vazifasini o‘tamoqda. Darhaqiqat, o‘zgaruvchan magnit maydon mavjud bo‘lgan fazoga bir biri bilan bog‘liq bo‘lmagan har xil radiusli konturlarni kiritsak, ularning har birida induksion tok o‘yg‘otganligini aniqlaymiz. Bundan xulosa shuki, o‘zgaruvchan magnit maydon mavjud bo‘lgan fazoda uyurmaviy elektr maydon vujudga keladi.

Uyurmaviy elektr maydonga yaxlit o‘tkazgich kiritaylik. O‘tkazgichdagi erkin elektronlar uyurmaviy elektr maydon yo‘nalishiga teskari yo‘nalishda tartibli harakat qiladilar. O‘tkazgich tartibida esa elektr maydon bo‘ylab yo‘nalgan uyurmaviy yoki Fuko toki deb ataluvchi induksion tok uyg‘onadi. Yaxlit o‘tkazgichning qarshiligi kichik bo‘lganligidan, Fuko toki yetarli darajada katta bo‘ladi. O‘tkazgich qizib, unda Joul issiqligi ajraladi. Elektromagnit induksiyaning bu xossasi texnikada yaxlit detallarning chidamliligini oshirish maqsadida ularga termik ishlov berishda keng ishlatiladi. Induksion pechlarning ishlash prinsipi elektromagnit induksiya hodisasiga asoslangan.

Elektromagnit induksiya hodisasining salbiy tomonlari ham bor. Solenoidning yoki toroidning tarkibidagi o‘zaklar Fuko toki tufayli qiziydi. Agar shu hodisa e’tiborga olinmasa, magnit zanjirdagi sim o‘ramlarining izolyatsiyasi kuyib, qisqa tutushuv sodir bo‘lishi mumkin.

O‘zinduksiya va o‘zaroinduksiya hodisalari elektromagnit induksiya hodisasining xususiy hollaridir. Elektr zanjirida tok kuchining o‘zgarishi bilan zanjirning o‘zida induksiya elektr yurituvchi kuchning hosil bo‘lishi o‘zinduksiya hodisasi deyiladi.

Masalan, konturni (g‘altakni) o‘zgarmas tok manbaiga ulash yoki uzish vaqtida shu konturning o‘zida o‘zinduksiya hodisasi kuzatiladi. O‘zgaruvchan tok manbaiga ulangan konturda ham o‘zinduksiya sodir bo‘ladi.

Konturdan o‘tayotgan tok tufayli vujudga kelayotgan magnit oqimi tok kuchiga proporsional, ya’ni:

$$\Phi = LJ \qquad (3)$$

bu yerda L - konturning induktivligi, u konturning shakli va o‘lchamlari, hamda muhitning magnit singdiruvchanligiga bog‘liq kattalik. Kontur joylashgan muhitning magnit singdiruvchanligi o‘zgarmasa, ayni konturning induktivligi ham o‘zgarmas kattalik bo‘ladi. SI da induktivlikning birligi genri (Gn) deb ataladi:

$$[L] = \left[\frac{\Phi}{J}\right] = \frac{1Вб}{1А} = 1Гн$$

Demak, 1Gn shunday elektr zanjirning induktivligini, bu zanjirdan 1A o‘zgarmas tok o‘tganida vujudga keladigan magnit oqimi 1Vb bo‘ladi.

Misol tariqasida, uzunligi λ, o‘ramlar soni N bo‘lgan solenoidning induktivligini hisoblaylik. Agar solenoid yetarlicha uzun bo‘lsa, uning ichidagi magnit maydon induksiyasi quyidagiga teng, ya’ni:

$$B = \mu_0 \mu J \frac{N}{l} \qquad (4)$$

Solenoidning har bir o‘rami orqali o‘tayotgan magnit oqim $\varphi = B \cdot S$ bo‘lganligi uchun solenoidning barcha N o‘rama orqali o‘tuvchi to‘la oqim quyidagiga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$\Phi_c = N\Phi = N\mu_0 \mu J \frac{N}{l} S \qquad (5)$$

yoki

$$\Phi_c = \mu_0 \mu \frac{N^2}{l} * SJ \qquad (6)$$

Bu ifodani (3) bilan taqqoslash natijasida solenoidning induktivligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$L = \mu\mu_0 \frac{N^2}{l} S = \mu\mu_0 n^2 \nu \qquad (7)$$

bu yerda $n = \frac{N}{l} *$

O‘zinduksiya elektr yurituvchi kuchining formulasini hosil qilish uchun, Faradey-Maksvell qonuniga asosan, (3) dan vaqt bo‘yicha hosila olish kerak, ya’ni:

$$\varepsilon_{si} = -\frac{d}{dt}(LJ) \qquad (8)$$

Agar konturning induktivligi o‘zgarmas bo‘lsa, ya’ni $L = const$ u paytda o‘zinduksiya eyuk quyidagi formula bilan ifodalanadi, ya’ni:

$$\varepsilon_{si} = -L\frac{dJ}{dt} \qquad (9)$$

Agar ikkita kontur yonma-yon qo‘yilgan bo‘lsa va birinchi konturdagi tok o‘zgarsa, qo‘shni konturda tok induksiyalanadi va aksincha. Bu hodisaga o‘zaro induksiya hodisasi deyiladi.

Birinchi konturdan oqayotgan tok kuchining dJ_1 ga o‘zgaruvi ikkinchi kontur yuzini kesib o‘tayotgan magnit oqimni o‘zgartiradi, ya’ni:

$$d\Phi_{21} = L_{21} * dJ_1 \qquad (10)$$

Bu esa o‘z navbatida ikkinchi konturda induksiya elektr yurituvchi kuchini vujudga keltiradi, ya’ni:

$$\varepsilon_2 = -\frac{d\Phi_{21}}{dt} = -L_{21}\frac{dJ_1}{dt} \qquad (11)$$

Xudi shuningdek, ikkinchi konturdan oqaytgan tok kuchining dI_2 ga o‘zgarishi tufayli birinchi kontur yuzini kesib o‘tayotgan magnit oqim

$$d\Phi_{12} = L_{12}dJ_2 \qquad (12)$$

ga o‘zgaradi. Natijada birinchi konturda

$$\varepsilon_1 = -\frac{d\Phi_{12}}{dt} = -L_{12}\frac{dJ_2}{dt} \qquad (12)$$

induksiya elektr yurituvchi kuchi vujudga keladi.

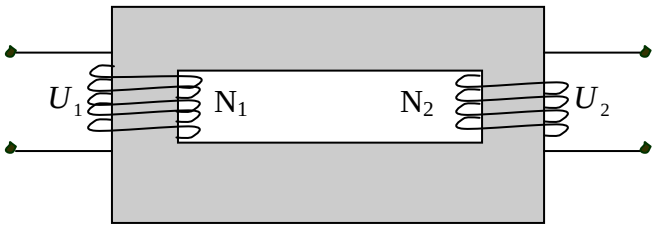
Mazkur hodisa, ya’ni konturlardan biri orqali o‘tayotgan tok kuchining o‘zgarishi natijasida ikkinchi konturda induksiya elektr yurituvchi kuchining vujudga kelishi o‘zaro induksiya deb, L_{12} va L_{21} lar konturlarning o‘zaro induktivligi deb ataladi ($L_{12} = L_{21}$) Konturning o‘zaro induktivligi konturlarning geometrik shakli, o‘lchamlari va ularning bir-biriga nisbatan vaziyatiga, hamda konturlarni o‘rab turgan muhitning magnit singdiruvchanligiga bog‘liq bo‘ladi.

Elektrotexnikaning eng asosiy elementlaridan biri bo‘lgan transformatorning ishlash prinsipi o‘zinduksiya hodisasiga asoslangan. Yagona o‘zakka bir-biri bilan

bog‘lanmagan ikki va undan ortiq cho‘lg‘amlar kiritilgan elektr zanjirga transformator deyiladi.

Transformator deb, o‘zinduksiyaga asoslangan, o‘zgaruvchan tok kuchlanishini o‘zgartirib bera oladigan va uzoq masofalarga elektr energiyani uzatiladigan qurilmaga aytiladi.

Ikki cho‘lg‘amli transformatorning ishlash prinsipini ko‘rib chiqamiz. Eng soda, ya’ni ikki cho‘lg‘amli, transformatorning prinsipial sxemasi 4-rasmda tasvirlangan.



4-rasm

Birlamchi cho‘lg‘amning uchlari (kuchlanish kirishi) ta’minlovchi o‘zgaruvchi tarmoqqa, ikkilamchi cho‘lg‘am uchlari (chiqishi) elektr energiya iste’molchilariga ulanadi. Ikkilamchi cho‘lg‘amda paydo bo‘ladigan o‘zinduksiya EYUK undagi o‘ramlar soniga proporsional bo‘lgani uchun o‘ramlar sonini o‘zgartirib, transformatorning chiqishidagi kuchlanish U_2 ni chegarada o‘zgartirish mumkin.

Endi kirish kuchlanishi U_1 va chiqish kuchlanishi U_2 o‘zaro qanday bog‘langanini qarab chiqaylik.

Birlamchi cho‘lg‘am o‘zgaruvchan tok manbaiga ulanadi. Bu cho‘lg‘am hosil qilgan o‘zgaruvchan magnit oqim o‘zak orqali har ikki cho‘lg‘amni kesib o‘tadi. Birinchi cho‘lg‘amda induksiya hodisasi kuzatilsa, ikkinchi cho‘lg‘amda o‘zaro induksiya hodisasi sodir bo‘ladi. Binobarin, birinchi cho‘lg‘amning o‘zinduksiya EYUK manbaning kuchlanishiga teng, ya’ni $\varepsilon_1 = U_1$. Ikkinchi cho‘lg‘amda o‘zaroinduksiya EYUK iste’molchiga uzatiladigan kuchlanish bilan o‘lchanadi, ya’ni: $\varepsilon_2 = U_2$. Birinchi cho‘lg‘amdagi o‘ramlar soni N_1 ikkinchi cho‘lg‘amdagi o‘ramlar soni N_2 bo‘lsin. Elektromagnit induksiya hodisasining tenglamasiga ko‘ra,

$$U_1 = -N_1 \frac{d\Phi_m}{dt} \quad (13)$$

$$U_2 = -N_2 \frac{d\Phi_m}{dt} \quad (14)$$

(13), (14) formulalar yordamida aniqlanadi. Har ikki cho‘lg‘amni o‘zgarish tezligi bir xil bo‘lgan magnit oqim kesib o‘tganligidan, kuchlanishlarning o‘zaro nisbati o‘ramlar sonining nisbatiga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = K \quad (15)$$

Bundagi $K = \frac{N_2}{N_1}$ nisbatga transformatsiya koeffitsiyenti deyiladi.

Transformatsiya koeffitsiyenti deb, transformatorning ikkinchi cho‘lg‘ami ochiq bo‘lganda, ya’ni salt ishlash rejimida ikkilamchi cho‘lg‘amdagi kuchlanish birlamchi cho‘lg‘amdagi kuchlanishdan necha marta o‘zgarishini ifodalovchi kattalikka aytiladi.

Hozirgi zamon transformatorlarida isrof 2% dan oshmaganligi uchun birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlarida ajraladigan quvvatlarni bir-biriga teng deb hisoblash mumkin, ya’ni:

$$J_1 U_1 = J_2 U_2 \quad (16)$$

yoki

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{J_1}{J_2} \quad (17)$$

U paytda (15) ni quyidagi ko‘rinishda yozamiz:

$$K = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{J_1}{J_2} \quad (18)$$

Agar $K = \frac{N_2}{N_1} > 1$ bo‘lsa, $\frac{U_2}{U_1} > 1$ bo‘lib, unday transformatorlarga kuchaytiruvchi deyilib, $K = \frac{N_2}{N_1} < 1$ bo‘lganda, $\frac{U_2}{U_1} < 1$ yoki $\frac{J_1}{J_2} > 1$ bo‘lib, bunday transformatorlarga pasaytiruvchi yoki tok transformatori deyiladi.

Transformatorning ishlash jarayonida energiyaning saqlanish qonuni buzilmaydi. Odatda cho‘lg‘amlarning OM qarshiligi e’tiborga olmas darajada

kichik qilib olinadi. Ulardan ajralgan Joul issiqligi ham nihoyatda kichik bo‘ladi. Shu boisdan har ikki cho‘lg‘amning quvvatlari o‘zgarmasdir, ya’ni:

$$J_1U_1 = J_2U_2 = const \quad (19)$$

Bundan xulosa shuki, kuchaytiruvchi transformatorning ikkinchi cho‘lg‘amida oqayotgan tok kuchi shu cho‘lg‘amdagi kuchlanishning oshishiga mos ravishda kamayadi. Pasaytiruvchi transformatorda ikkinchi cho‘lg‘amdagi kuchlanish kamayib, undan oqayotgan tok kuchi oshadi.

Transformatorda o‘zgaruvchi magnit oqimi nafaqat cho‘lg‘amlarni, balki bu cho‘lg‘amlar o‘rnatilgan o‘zakni ham kesib o‘tadi. O‘zakda esa induksion tabiatiga ega bo‘lgan Fuko toki yuzaga keladi. Agar o‘zak yaxlit o‘tkazgichdan tayyorlangan bo‘lsa, Fuko toki katta qiymatga erishib, o‘zakdan katta miqdorda Joul issiqligi ajralishi va o‘zakni qizdirishi mumkin. Transformatorning qizishini kamaytirish maqsadida o‘zak yaxlit holda emas, balki bir-biridan izolyatsiyalangan plastinkalardan yig‘iladi. Bunda Fuko tokining hosil bo‘lishi keskin kamayadi.

Fazoning biror qismida mavjud bo‘lgan magnit maydon energiyasini hisoblashdan oldin tok magnit maydonning energiyasini hisoblab chiqaylik. Tokli o‘tkazgich magnit maydonga kiritilsa, magnit maydon unga ta’sir ko‘rsatadi. Tokli o‘tkazgichni magnit maydonda ko‘chirishda bajarilgan ish quyidagi ifoda Bilan aniqlanadi, ya’ni:

$$dA = I * d\Phi_m \quad (20)$$

Bunda dA-elementar ish, tok manbaining energiyasi hisobiga bajariladi; $d\Phi_m$-tokli o‘tkazgichning harakatga kelishidan hosil bo‘lgan magnit oqimining o‘zgarishi.

Magnit maydon energiyasi elementar ishga teng, ya’ni:

$$dW_m = Jd\Phi_m \quad (21)$$

Magnit maydon oqimini nafaqat tokli konturni harakatga keltirish, balki zanjirdan oqayotgan tokni o‘zgartirish orqali ham o‘zgartirish mumkin. Tokning o‘zgarishiga mos bo‘lgan magnit oqimining o‘zgarishi:

$$d\Phi_m = LdJ \quad (22)$$

Ushbu ifodani (21) formulaga qo‘ysak, tok o‘zgarishiga mos bo‘lgan magnit maydonning energiya o‘zgarishini aniqlaymiz, ya’ni:

$$dW_m = LJdJ \qquad (23)$$

Induktivligi L bo‘lgan kontur kalit yordamida zanjirga ulansin. Bunda tokning qiymati O dan J gacha o‘zgaradi. Zanjirda esa induksiya EYUK hosil bo‘ladi. Bu EYUK da to‘plangan magnit maydon energiyasini aniqlash maqsadida yuqoridagi, ya’ni (23) formulani shu chegerada integrallaymiz.

$$W_m = L\int_0^o JdJ = \frac{LJ^2}{2} \qquad (24)$$

Demak, tok uyg‘otgan magnit maydonning energiyasi uchun formulani hosil qildik, ya’ni (24) formulani.

(24) formulada ishtirok etgan induktivlik tok magnit maydonining energiyasini to‘plovchi yoki jamlovchi bir qurilma vazifasini o‘tamoqda. Bu xususiyati Bilan induktivlik elektr energiyasini jamlovchi kondensatorga o‘xshashdir.

Endi fazoning ixtiyoriy qismida mavjud bo‘lgan magnit maydon energiyasini hisoblab chiqaylik. Bu masalani hal etish uchun induktivligi L bo‘lgan solenoidni olamiz. Bu solenoidga magnit singdiruvchanligi μ bo‘lgan ferromagnetik o‘zak joylashtiraylik. O‘ holda solenoidni induktivligi quyidagiga teng:

$$L = \mu_o \mu n^2 \nu \qquad (25)$$

Solenoidni tok manbaiga ulasak, solenoidning V hajmida magnit maydon energiyasi hosil bo‘ladi va quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$W_m = \frac{LJ^2}{2} = \frac{1}{2} = \mu\mu_0 n^2 J^2 \nu \qquad (26)$$

Bir birlik hajmda to‘plangan magnit maydon energiyasini aniqlash uchun yuqoridagi formulani V hajmga bo‘lamiz:

$$\omega_m = \frac{W_m}{\nu} = \frac{1}{2}\mu\mu_0 n^2 J^2 \qquad (27)$$

(27) ifoda magnit maydon energiyasining zichligini formulasi deyiladi. Energiyaning zichligini magnit maydon kuchlanganligi va magnit maydon induksiyasi orqali ifodalash mumkin. (27) formulada:

$$H = nJ \tag{28}$$

$$B = \mu\mu_0 nJ \tag{29}$$

(28) va (29) formulalarni e'tiborga olsak, magnit maydon energiyasi zichligini quyidagi formulalar orqali aniqlash mumkin:

$$\omega_m \frac{1}{2} BH = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu\mu_0} = \frac{1}{2}\mu\mu_0 H^2 \tag{30}$$

Keltirilgan ifodalardan ma'lumki, magnit maydon energiyasining zichligi magnit maydon manbaining tabiatiga va shakliga bog‘liq emas. Bu energiya magnit maydon mavjud bo‘lgan fazoda to‘plangan va ma'lum sharoitda boshqa turdagi energiyaga aylanadi, masalan, elektr energiyasiga.

Nazorat uchun savollar:

1. Elektromagnit induksiya hodisasi deb nimaga aytiladi?
2. Induksion tokning hosil bo‘lish shartlarini qanday tajribalar asosida ifodalash mumkin?
3. Faradey-Maksvell qonunini ta'riflang va matematik ifodasini yozing
4. O‘zinduksiya hodisasi deb nimaga aytiladi?
5. Konturning statik va dinamik induktivligi deb nimaga aytiladi?
6. O‘zaro induktivlik deb qanday kattalikka aytiladi?
7. Magnit maydon energiyasi tabiati jixatidan qaysi energiyaga o‘xshagan bo‘ladi?
8. Transformatsiya koeffitsiyenti nima?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Induksiya hodisasini tabiati, qonuni va amaliy qo‘llanilishini o‘rganib chiqish.
2. Transformatorni ishlash prinsipini, qo‘llanilishini va Fuko toklarini o‘rganib chiqish.
3. Induksion tokning ilmiy va amaliy ahamiyati to‘g‘risida ma'lumotlarni izlab topish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 2, 8, 9, 13

3.8 Mavzu: Elektromagnit maydoni. Maksvell tenglamalari

Darsning maqsadi: Elektromagnit maydoni va uning asosiy harakteristikalari, maydonni ilmiy va amaliy ahamiyati, Maksvell nazariyasi va tenglamalari to‘g‘risida bilimlar berish.

Asosiy savollar:

1. Maksvell nazariyasining umumiy harakteristikasi
2. Siljish toki
3. Maksvell tenglamalarini integral ko‘rinishi
4. Maksvell tenglamalarini sistemasi
5. Elektromagnit maydon energiyasini xizmat ko‘rsatish sohasida qo‘llanilishi

Tayanch so‘z va iboralar:

Fizik maydonlar – materiyaning alohida shakli; cheksiz kata erkinlik darajasiga ega bo‘lgan fizikaviy tizimlar.

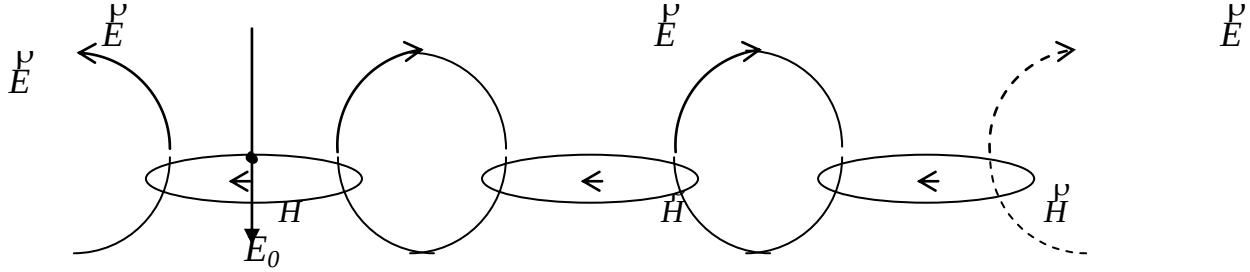
Energiya (yunoncha energeia – harakat, faoliyat) – har qanday ko‘rinishdagi materiya, xususan, jism yoki jismlar tizimini tashkil etuvchi zarralar harakatining hamda bu zarralarning o‘zaro va boshqa zarralar bilan ta’sirlarining miqdoriy o‘lchovi.

Elektromagnit maydon – elektr zaryadlarning o‘zaro ta’siri bevosita amalga oshadigan fizik reallik; materiyaning alohida shakli.

J.Maksvell elektromagnit nazariyasi – elektromagnit hodisalarning barcha qonuniyatlarini ifodalovchi bir necha tenglamalar sistemasi.

Maksvell elektromagnit maydon nazariyasini ishlab chiqdi, bu nazariyaga muvofiq, o‘zgaruvchan elektr maydoni o‘zgaruvchan magnit maydonini, o‘zgaruvchan magnit maydoni esa, o‘zgaruvchan elektr maydonini vujudga keltiradi. Bu ikkilamchi o‘zgaruvchan maydonlar uyurma harakterida bo‘ladi: vujudga keltirayotgan maydonning kuch chiziqlari vujudga kelayotgan

maydonning kuch chiziqlari bilan konsentrik o‘rab olingan. Natijada o‘zaro o‘ralgan elektr va magnit maydonlar sistemasi hosil bo‘ladi (1-rasm).



1-rasm.

Rasmda E_0 to‘g‘ri chiziq birlamchi o‘zgaruvchan elektr maydonini, H gorizontal aylanalar ikkilamchi o‘zgaruvchan magnit madoynini, vertikal E aylanalar esa – ikkilamchi o‘zgaruvchan elektr maydonini tasvirlaydi. O‘zgarmas elektr va magnit maydonlar yagona elektromagnit maydonning xususiy holatidir.

Dastlab zaryadlar va toklar bilan bog‘langan o‘zgaruvchan elektr va magnit maydonlar so‘ngra zaryadlar va toklardan mustaqil holda mavjud bo‘lishi va bir-birini hosil qilib fazoda qo‘yidagi tezlik bilan harakatlanishi mumkin:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon \mu_0 \mu}} \qquad (1)$$

(1) formulaga ε_0 va μ_0 larning son qiymatlari va o‘lchamlarini qo‘ysak, u paytda:

$$v = \frac{3 \cdot 10^8}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}} \cdot \frac{м}{с} \qquad (2)$$

bu yerda ε va μ – muhitning nisbiy dielektrik va magnit singdiruvchanlik-lari.

(2) formulaga muvofiq, vakuumda (ε=1, μ=1) elektromagnit maydonlar $v=3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$ tezlik bilan tarqaladi.

Fazoda harakatlanib elektromagnit maydon o‘ziga tegishli elektro-magnit energiyani olib o‘tadi. Elektromagnit energiya oqimining zichligi ρ, ya’ni ko‘chish yo‘nalishiga perpendikulyar yuza birligidan vaqt birligida olib o‘tilgan energiya qo‘yidagi munosabat bilan ifodalanadi:

$$\rho = \omega_{эм} \cdot V \qquad (3)$$

bu yerda ω_{em} – elektromagnit maydoni energiyasining zichligi va u quyidagiga

teng bo‘ladi:

$$\omega_{эм} = \omega_{э} + \omega_{м} = \frac{1}{2}\left(\varepsilon_0 \varepsilon E^2 + \mu_0 \mu H^2\right) \qquad (4)$$

Elektromagnit energiya oqimi o‘z yo‘lidagi to‘siqqa bosim bilan ta’sir qiladi. Bu bosim oqim zichligiga proporsional bo‘lib, qo‘yidagi formula bilan ifodalanadi:

$$P = (1 + X) \cdot \omega_{эм} \qquad (5)$$

bu yerda X – qaytarish koeffitsiyenti.

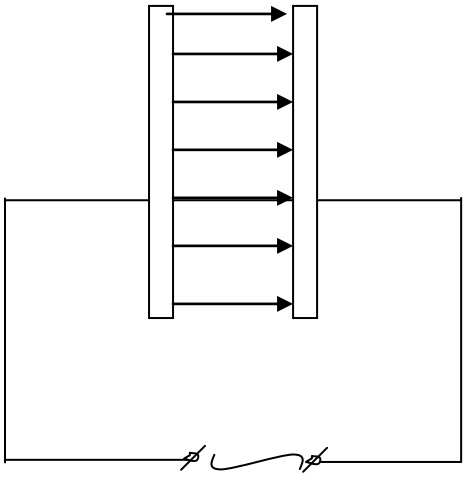
Agar to‘siq elektromagnit energiyasini to‘la qaytarsa, ya’ni X=1, u holda:

$$P = 2\omega_{эм} \qquad (6)$$

Agar to‘siq uni to‘la yutsa, ya’ni X=0, u holda:

$$P = \omega_{эм} \qquad (7)$$

Maksvell siljish toki tushunchasini kiritdi. Faraz qilaylik, yassi kondensator qoplamlariga o‘zgaruvchan e.yu.k. berligan bo‘lsin (2-rasm). U holda tok keltiruvchi simlarda elektronlarning harakatidan yuzaga kelgan o‘tkazuvchanlik toki oqadi, ya’ni:



2-rasm.

$$j_y - \frac{q}{S} = \frac{d}{dt}\left(\frac{q}{S}\right) = \delta \qquad (8)$$

bu yerda S – qoplamaning yuzasi;

q – qoplamada taqsimlangan zrayad;

δ - zaryadning sirt zichligi.

Maksvell tashqi zanjirida oquvchi o‘tkazuvchanlik toki kondensator ichida alohida tok-siljish toki bilan tutashadi deb faraz qildi. Siljish toki elektr maydon kuchlanganligining o‘zgarish tezligiga proporsional va tashqi zanjirdagi o‘tkazuvchanlik tokiga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$J_c = Д \qquad (9)$$

Vakuumdagi siljish toki elektr zaryadlarning siljishidan iborat bo‘lmaydi, shuning uchun bu tok joul issiqligi ajratmaydi.

Shunday qilib, Maksvell nazariyasiga asosan, o‘zgaruvchan elektr maydoni qamrab olgan fazoda siljish toki vujudga keladi. Berk bo‘lmagan konturlarda mavjud bo‘lgan o‘zgaruvchan o‘tkazuvchanlik toki hamma vaqt siljish toklari bilan berkiladi.

Siljish tokining kashf qilinishi Maksvellga elektr va magnit hodisalarining yagona nazariyasini yaratish imkonini beradi. Maksvell nazariyasining asosiy natijasi yorug‘lik tezligida tarqaluvchi elektro-magnit to‘lqinlar mavjudligining isbot qilinishi edi. Bu to‘lqinlarning xossalarini nazariy tekshirish Maksvellni yorug‘likning elektromagnit nazariyasini yaratishga olib keladi.

Nazariyaning asosini Maksvell tenglamalari tashkil qiladi. Mexani-kada Nyuton qonunlari, termodinamikada asosiy qonunlar qanday ahamiyatga ega bo‘lsalar, elektromagnetizmni o‘rganishda Maksvell tenglama-lari ham xuddi shunday ahamiyatga ega.

Maksvell tenglamalarining birinchi jufti quyidagicha bo‘ladi:

$$\oint E_e d\lambda = \int_S \left(\frac{\partial B}{\partial t}\right)_n dS \qquad (10)$$

$$\oint_S B_n dS = 0 \qquad (11)$$

Bu tenglamalarning birinchisi E ning qiymatlarini B vektorning vaqt bo‘yicha o‘zgarishi bilan bog‘laydi va elektromagnit induksiya qonunini ifodalaydi. Ikkinchi tenglama B vektorning kuch chiziqlari berk ekanligini aks ettiradi.

Maksvell tenglamalarining ikkinchi juftini quyidagi tenglamalar tashkil qiladi:

$$\oint H_e d\lambda = \int_S j_n dS + \int_S \left(\frac{\partial D}{\partial t} \right)_n dS \qquad (12)$$

$$\oint D_n dS = \int_V \rho dV \qquad (13)$$

bu yerda j – o‘tkazuvchanlik tokining zichligi.

Birinchi tenglama o‘tkazuvchanlik toki bilan siljish toki va ular yuzaga keltirgan magnit maydoni orasidagi bog‘lanishni aniqlaydi. Ikkinchi tenglama D vektorining kuch chiziqlari zaryaddan boshlanib, zaryada tugashi mumkin ekanligini ko‘rsatadi.

(10)-(13) tenglamalar Maksvellning integral shakldagi tenglamalaridir. Ular E yoki B ning biror kontur bo‘icha olingan qiymatlari bilan B mos holda D ning sirtning konturga tegib turgan nuqtadagi qiymatlari orasidagi bog‘lanishni beradi. Vektorlar analizi teoremalaridan foydalanib integral shakldagi tenglamalaridan differensial shakldagi tenglamalarga o‘tish mumkin. Differensial shakldagi tenglamalar biror nuqtadagi E yoki B ning qiymati bilan fazoning shu nuqtasidagi B mos holda D ning qiymati orasidagi bog‘lanishni beradi.

(10) formulaning chap tomoni uchun Stoks teoremasini qo‘llaymiz. U holda (10) tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\int_S (rotE)_n dS = -\int_S \left(\frac{\partial B}{\partial t} \right)_n dS \qquad (14)$$

Har ikkala integral ham bitta sirt bo‘yicha olinmoqda. Shuning uchun olingan tenglikni quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$\int_S \left(rotE + \frac{\partial B}{\partial t} \right)_n dS = 0 \qquad (15)$$

Shunday qilib, fazoning har bir nuqtasida

$$rotE = -\frac{\partial B}{\partial t} \qquad (16)$$

tenglik bajariladi.

(12) formulaga Stoks teoremasini qo‘llab, quyidagini topamiz:

$$rotH = j + \frac{\partial D}{\partial t} \qquad (17)$$

(13) formulaning chap qismiga Ostrogradskiy-Gauss teoremasini qo‘llaymiz. Natijada quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\int_V divD \cdot dV = \int_V \rho dV \qquad (18)$$

Integral olinadigan hajm ixtiyoriy tanlangan bo‘lsa, yuqoridagi munosabat har ikkala qismdagi integral ostidagi ifodalar fazoning har bir nuqtasida birday qiymatga ega bo‘lgan holdagina bajariladi, ya’ni:

$$divD = \rho \qquad (19)$$

Ostrogradskiy-Gauss teoremasini (11) formulaga qo‘llasak, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$divB = 0 \qquad (20)$$

Shunday qilib, Maksvell tenglamalari differensial shaklda quyidagicha yoziladi:

$$rotB = -\frac{\partial B}{\partial t} \qquad (21)$$

$$divB = 0 \qquad (22)$$

(21), (22) tenglamalarning birinchi jufti.

$$rotH = j + \frac{\partial D}{\partial t} \qquad (23)$$

$$divD = \rho \qquad (24)$$

Bu tenglamalarni yechishda ularni tashkil qilgan kattaliklar orasida mavjud bo‘lgan quyidagi munosabatlardan ifodalanadi:

$$D = \varepsilon\varepsilon_0 E \qquad (25)$$

$$B = \mu\mu_0 H \qquad (26)$$

$$j = \delta E \qquad (27)$$

(10)-(13) yoki (21)-(24) shaklda berilgan Maksvellning fundamental tenglamalari elektromagnit maydonni to‘liq tenglamalar sistemasini tashkil qilmaydi. Bu tenglamalarga muhitni xos xususiyatlarini harakter-laydigan kattaliklarini qo‘shish kerak. Muhitni xos xususiyatlarini harakterlaydigan

kattaliklarini bog‘lanishlari moddiy tenglamlar deyiladi. Moddiy tenglamalar quyidagiga teng:

$$D = \varepsilon\varepsilon_0 E \qquad (25)$$

$$B = \mu\mu_0 H \qquad (26)$$

$$j = \delta E \qquad (27)$$

bu yerda ε, μ, δ - muhitning elektromagnit xususiyatlarini harakterlaydigan kattaliklar.

Yettita tenglamlar, ya’ni (21)-(27) ning jami tinch holatdagi muhit elektrodinamikasining asosini tashkil qiladi.

Nazorat uchun savollar:

1. Maksvell elektromagnit maydon nazariyasi qanday ma’noga ega?
2. Qachon o‘zaro o‘ralgan elektr va magnit maydonlar sistemasi hosil bo‘ladi?
3. $v = 3 \cdot 10^8 \ \frac{M}{c}$ tezlik qanday ma’noga ega?
4. Siljish toki nima?
5. Nimaga siljish toki issiqlik ajratmaydi?
6. Siljish tokini kashf qilinishi nimani yaratish imkonini berdi?
7. Moddiy tenglamlar deb nimaga aytiladi?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Siljish toki to‘g‘risida ma’lumotlarni izlab topish.
2. Elektromagnit hodisalarning qonuniyatlarini o‘rganib chiqish.
3. J.Maksvell barcha tenglamalarini o‘rganib chiqish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 2, 8, 9, 13

3.9 Mavzu: O‘zgaruvchan elektr toki

Darsning maqsadi: O‘zgaruvchan tok, o‘zgaruvchan tok zanjirlari, tokni amaliy ahamiyati va qo‘llanilishi to‘g‘risida bilimlar berish.

Asosiy savollar:

1. O‘zgaruvchan tok. O‘zgaruvchan tokni qiymatlari
2. O‘zgaruvchan tokni oddiy zanjirlari
3. O‘zgaruvchan tokni murakkab zanjilari
4. O‘zgaruvchan tokni energiyasi va quvvati
5. Elektr energetikaning rivojlanishi

Tayanch so‘z va iboralar:

Aktiv kuchlanish – elektr zanjirining aktiv qarshiligida yuzaga keladigan qarshilik.

Aktiv quvvat – bir davr ichida o‘zgaruvchan tokdan hosil bo‘lgan foydali ish (issiqlik, mexanik energiya v sh.k.)ning o‘rtacha qiymati.

Induktiv g‘altagi – sig‘imi va aktiv qarshiligi ancha kichik bo‘lgani holda katta induktivlik hosil qiladigan ko‘p o‘ramli spiralsimon o‘tkazgich.

Induktiv qarishilik – o‘zgaruvchan tok zanjiridagi to‘la qarshilikning bir qismi, ya’ni zanjirdagi induktivlik va tok chastotasiga mutanosib bo‘lgan hamda elektr qarilishi o‘lchoviga ega bo‘lgan kattalik.

Rezistor – tokni va kuchlanishni cheklash va ularni rostlash uchun elektr zanjiriga ulanadigan qurilma.

Kuchlanish rezonansi – o‘zgaruvchan tok elektr zanjiridagi sig‘im qarshilik induktiv qarshilikka teng bo‘lganda sodir bo‘lgan jarayon.

Reaktiv quvvat – elektr zanjirining induktivlik va sig‘im elementlaridan o‘zgaruvchan tok o‘tganda hosil bo‘ladigan quvvat.

To‘la qarshilik – aktiv va reaktiv qarshiliklardan iborat elektr zanjirining o‘zgaruvchan tokka ko‘rsatadigan qarshiligi.

Elektr energiyasi boshqa turdagi energiyalarga qaraganda hech shubhasiz katta afzalliklarga ega. Uni simlar orqali deyarli energiya isrof qilmasdan uzoq masofalarga uzatish mumkin, iste'molchilar o‘rtasida taqsimlash qulay. Eng muhimi, bu engergiyani oddiygina qurilmalar yordamida energiyaning boshqa turlariga: mexanik energiyaga, ichki energiyaga (jismlarning isishi), yorug‘lik energiyasiga va shu kabi energiyalarga aylantirish mumkin.

O‘zgaruvchan tokning o‘zgarmas tokka nisbatan shunday afzalligi borki, uning kuchi va kuchlanishini deyarli energiya yo‘qotmasdan juda keng chegaralarda o‘zgartirish (transformatsiyalash) mumkin. Ko‘pgina elektrotexnik va radiotexnik qurilmalar uchun o‘zgaruvchan tokni ana shunday o‘zgartirish kerak bo‘ladi. Lekin elektr energiyasini uzoqqa uzatishda kuchlanish va tokni transformatsiyalash ayniqsa zarurdir.

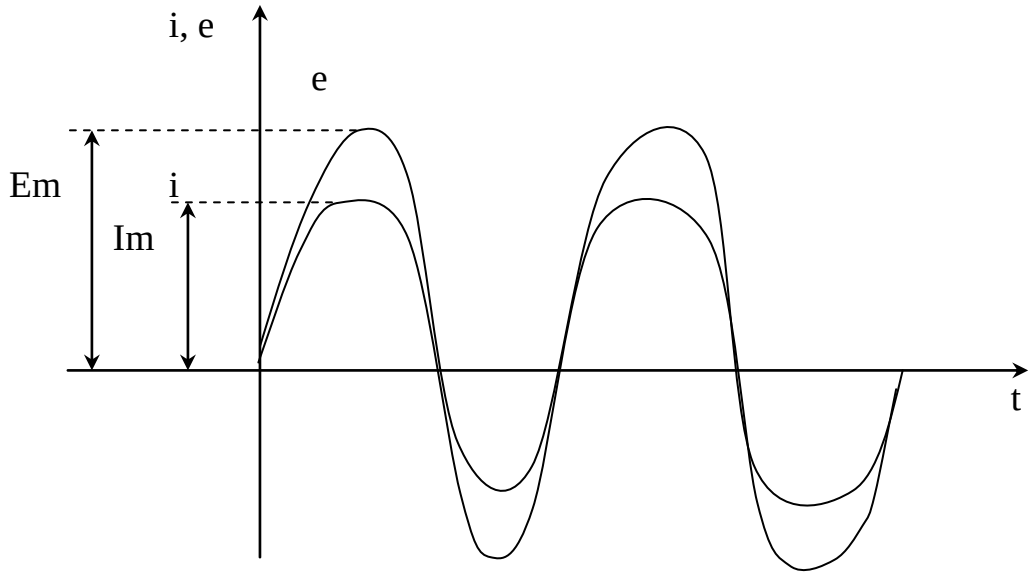
Elektr tokini generatorlar ishlab chiqaradi. Generator biror turdagi energiyani elektr energiyasiga aylantiruvchi qurilmadir.

Hozirgi vaqtda o‘zgaruvchan tokning elektromexanik induksion generatorlari eng muhim o‘rin tutadi. Bu generatorlarda mexanik energiya elektr energiyasiga aylantiriladi. Ularning ishlash prinsiplari elektromagnit induksiyasiga asoslangan. Bunday generatorlarning tuzilishi uncha murakkab emas. Shu bilan birga ular yetarli darajada yuqori kuchlanishda kuchli tok hosil qilish imkonini beradi.

Elektr ta'minoti sistemasiga energiya manbalari, kuchaytiruvchi va pasaytiruvchi podstansiyalar, elektr uzatish va taqsimlash liniyalari, elektr tarmoqlari va boshqa yordamchi qurilmalar kiradi.

Elektr energiyasini asosan, elektr stansiyalarida o‘rnatilgan uch fazali generatorlar ishlab chiqaradi.

Texnikada va amaliyotda o‘zgaruvchan tok ko‘p ishlatiladi, chunki o‘zgaruvchan tokni ishlab chiqarish va ishlatish qulay. Kengroq ma'noda aytganda, yo‘nalishi va miqdori jihatidan o‘zgaradigan har qanday tok o‘zgaruvchan tok deb ataladi. Ammo elektrotexnikada, ko‘pincha, davriy o‘zaruvchi toklar o‘zgaruvchan tok deb ataladi. O‘zgaruvchan tok, ya'ni davriy deb ataladi, chunki vaqt o‘tishi bilan tokning o‘zgarishi takrorlanadi. Tokning o‘tish vaqti o‘zgaruvchan tokni davri deyiladi. Ular ichida eng oddiysi va qulayi sinusoidal toklardir. O‘zgaruvchan tok, ya'ni sinusoidal deb ataladi, chunki tokning o‘zgarishi vaqtga nisbatan sinus qonuniga muvofiq ro‘y beradi. (1-rasm).



1- rasm

ii O‘zgaruvchan tokning bitta to‘la o‘zgarishi sikl deb aytiladi. Bitta siklning davom etish vaqti davr deyiladi. Bir sekund ichida bo‘lgan sikllar soniga o‘zgaruvchan tok chastotasi deyiladi.

Barcha elektrostansiyalarda hosil bo‘lgan o‘zgaruvchan tokning chastotasi f=50 Gs ga teng. Masalan, agar f=50 Gs teng bo‘lsa, u paytda bir sekund ichida EYUKni yoki tokning o‘zgarishini 50-ta to‘la sikllari ro‘y beradi.

O‘zgaruvchan tok yana siklik yoki davriy chastotasi ω bilan harakterlanadi. ω,f va T orasida bog‘lanishlar quyidagi formulalar bilan berilgan:

$$\omega = 2\pi f \qquad (1) \qquad\qquad \omega = \frac{2\pi}{T} \qquad (2)$$

O‘zgaruvchan tok o‘zining oniy qiymatlari bilan, ya’ni tok kuchining, kuchlanishni va EYUKni oniy qiymatlari bilan harakterlanadi. Tok kuchi vaqt bo‘yicha sinusoidal o‘zgaradi:

$$i = J_m \sin(\omega t + \alpha_0) \qquad (3)$$

Tokning ixtiyoriy paytdagi bu qiymatiga o‘zgaruvchan tokning oniy qiymati deyiladi. Tokning Jm eng katta qiymatiga o‘zgaruvchan tokning amplituda qiymati deyiladi (1-rasm).

O‘zgaruvchan tok manbaining EYUKsi ε yoki tashqi zanjir qismidagi kuchlanishi u ham, tok kuchi singari sinusoidal qonuniyatga bo‘ysinadi:

$$\varepsilon = E_m \sin(\omega t + \alpha_0) \qquad (4)$$

$$u = U_m \sin(\omega t+\alpha_0) \qquad (5)$$

(3), (4), (5) formulalardan ko‘rinadiki, EYUKning faza o‘zgarishi bilan tok kuchi, kuchlanishning faza o‘zgarishi bir xildir.

O‘zgaruvchan tokni o‘lchashi uchun uning o‘rtacha issiqlik ta’sirini o‘zgarmas tokning issiqlik ta’siri bilan taqqoslashiga asoslangan.

O‘zgarmas tok t=T vaqt ichida R qarshilikka ega bo‘lib Q_1 issiqlik ajratadi.

$$Q_1 = J^2 RT \qquad (6)$$

O‘zgaruvchan tok ham shu vaqt ichida R qarshilikdagi Q_2 issiqlik ajratadi:

$$Q_2 = \int_0^T i^2 R dt \qquad (7)$$

t = T vaqt ichida o‘zgarmas va o‘zgaruvchan toklar bir xil issiqlik miqdorini ajratadilar va shuning uchun:

$$Q_1 = Q_2 \qquad (8)$$

Yoki

$$J^2 RT = \int_0^T i^2 R dt \qquad (9)$$

O‘z navbatida (3) formuladan:

$$J_{эфф} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2 dt} \qquad (10)$$

yoki

$$J_{эфф} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T J_m^2 Sin^2 \omega t dt} = J_m \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T Sin^2 \omega t dt} =$$

$$J_m \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T \frac{1-\cos 2\omega t}{2} dt} = \sqrt{\frac{1}{T}\left(\int_0^T \frac{dT}{2} - \int_0^T \frac{\cos 2\omega t}{2} dt\right)}$$

$$\int_0^T dt = T \qquad (11)$$

cos2ωtdt = 0, chunki cos 2ωt funksiyasining T bir davr ichidagi qiymati nolga teng.

Shuning uchun tok kuchi effektiv yoki ta’siriy qiymati quyidagiga teng bo‘ladi:

$$J_{эфф} = \frac{J_m}{\sqrt{2}} \qquad (12)$$

Shunday qilib, sinusoidal o‘zgaruvchan tok uchun tok kuchining effektiv qiymati amplituda qiymatidan marta kichik bo‘ladi.$\sqrt{2}$

Xuddi shuningdek, EYUK va kuchlanishning effektiv qiymatlari ham amplituda qiymatlaridan marta kichik bo‘ladi. $\sqrt{2}$

$$E_{эфф} = \frac{\varepsilon_m}{\sqrt{2}}; \qquad U_{эфф} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}; \qquad (13)$$

O‘tkazgichda birday vaqt ichida o‘zgaruvchan tok ajratgan issiqlikka teng issiqlik ajrata oluvchi o‘zgarmas tokning tok kuchi J_{eff} ga o‘zgaruvchan tokning ta’sir yoki effektiv qiymati deyiladi.

Amalda o‘zgaruvchan toklar tok kuchi, EYUK va kuchlanishning faqat effektiv qiymatlari bilan harakterlanadi. Masalan, odatdagi tok tarmog‘i 220 V li effektiv kuchlanishdan iborat bo‘lib, uning amplitudasi, ya’ni kuchlanishning eng maksimal qiymati 310 V ga teng bo‘ladi.

O‘zgaruvchan tok zanjirlari o‘zgarmas tok zanjirlaridan farq qiladilar, chunki o‘zgaruvchan tok zanjirida tok kuchini, kuchlanishni va EYUK ni vaqt o‘tishi bilan o‘zgarishi ro‘y beradi.

O‘zgaruvchan tok zanjirlari quyidagi zanjirlardan tashkil topgan:

1. Aktiv qarshilikli (rezistorli) o‘zgaruvchan tok zanjiri.

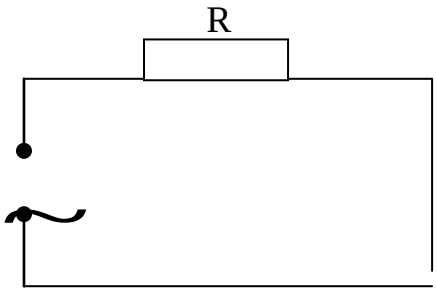
Elektr energiyani befoydali yuqotishiga olib keladigan qarshilik aktiv yoki rezistorli deyiladi va quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$R = \frac{\rho\lambda}{S}(1 + \alpha t) \qquad (14)$$

O‘z navbatida, α qarshilikning termik koeffitsiyenti bo‘lib, quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{R_1 - R_0}{R_0 \Delta t} \qquad (15)$$

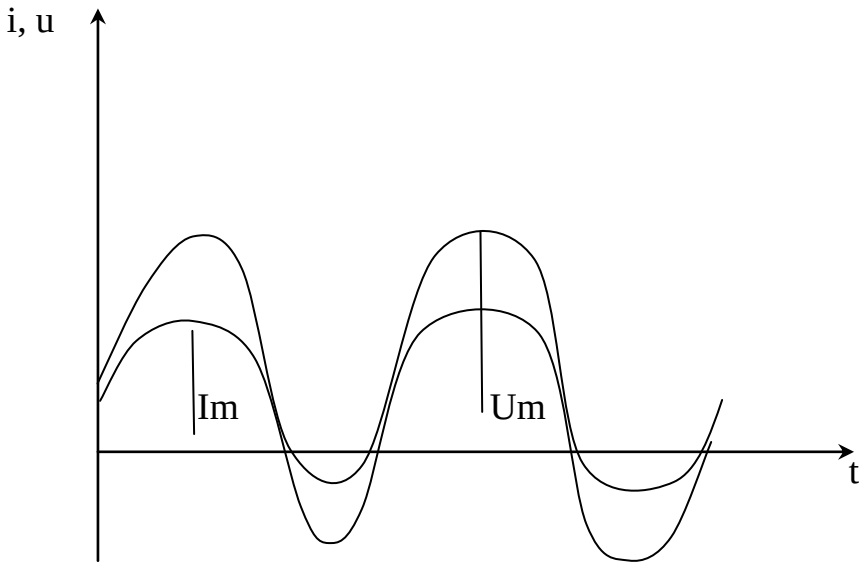
Aktiv qarshilikli o‘zgaruvchan tok zanjiri (2-rasm) eng oddiy zanjir hisoblanadi.



2-rasm

Ushbu zanjirda hamma elektr energiya tokning issiqlik ta’siriga sarflanadi.

Aktiv qarshilikli o‘zgaruvchan tok zanjirida i = f(t) va u= f(t) grafik tasvirlari 3-rasmda ko‘rsatilgan.



3- rasm

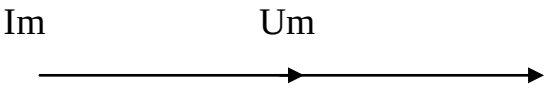
3-rasmdan biz ko‘riyapmizki tok kuchi va kuchlanish fazalari bir-biriga mos keladi va ular faqat amplituda qiymatlari bilan farq qiladilar, ya’ni $U_m > J_m$.

Om qonunidan foydalanib, tokning aktiv qarshilikli R rezistordan o‘tgan tok kuchining ifodasini topamiz:

$$J = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R}\sin\omega t = J_m \sin\omega t \qquad (16)$$

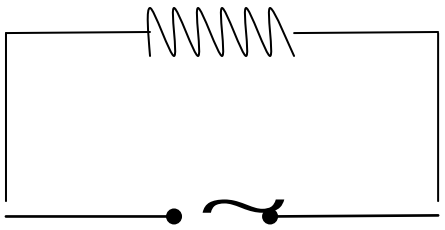
bunda $J_m = \frac{U_m}{R} -$ tok kuchining amplitudasi.

Shuningdek, aktiv qarshilikli o‘zgaruvchan tok zanjirida tokning kuchi va kuchlanishi bir xil fazada o‘zgarar ekan. Zanjirdagi J tok kuchi va U kuchlanishning vektorli diagrammasi 5-rasmda tasvirlangan.



5-rasm

2. Induktivlik qarshilikli o‘zgaruvchan tok zanjiri. Faraz qilaylik, faqat L induktiv g‘altak ulangan o‘zgaruvchan tok zanjiri berilgan bo‘lib (6-rasm), u ham o‘zgaruvchan tok manbaiga ulangan bo‘lsin.



6-rasm

Kuchlanishning t vaqtga bo‘lgan bog‘lanishi quyidagicha bo‘ladi:

$$U_L = U_m \text{ Sin } \omega t \qquad (17)$$

Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni R = 0 hol uchun yozilsa, quyidagi hosil bo‘ladi:

$$- U_L = U = \varepsilon_{o‘z} \qquad (18)$$

$$\varepsilon_{уз} = -L\frac{dJ}{dt}$$

bunda $\varepsilon_{o‘z}$ – o‘zinduktiya EYUK bo‘lib, u bo‘lganligidan:

$$U_L = U_{mL}\sin\omega t = L\frac{dJ}{dt} \qquad (19)$$

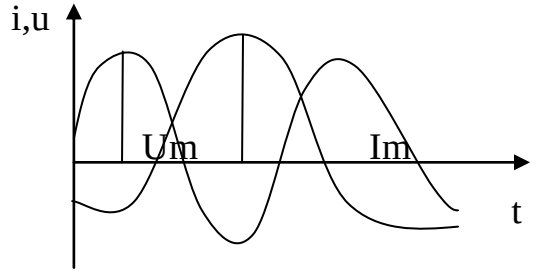
Oxirgi ifodadan tok kuchi J ning vaqtga qarab o‘zgarishi quyidagicha bo‘ladi:

$$J_m = \int_0^t \frac{U_m}{X_L}\sin\omega t dt = -\frac{U_m}{\omega L}\cos\omega t = J_{mL}\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \qquad (20)$$

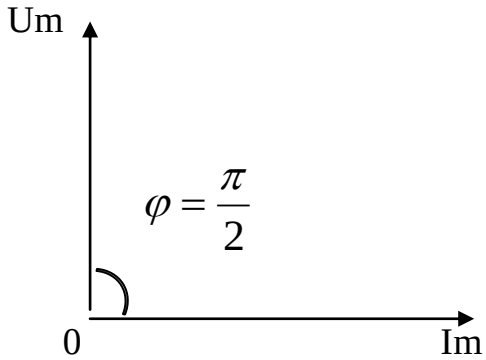
bunda J_{mL} tok kuchining amplituda qiymatiga teng:

$$J_{mL} = \frac{U_{mL}}{\omega L} = \frac{U_{mL}}{X_L} \qquad (21)$$

(17 va (18) formulalardan ko‘rinadiki, induktivli o‘zgaruvchan tok zanjiridagi tok kuchining fazasi kuchlanishdan $\frac{\pi}{2}$ ga orqada qolar ekan. Bu zanjirdagi i = f (t) va u = f (t) grafigi va vektor diagrammasi 7 va 8 rasmlarda tasvirlangan.



7-rasm



8-rasm

(21) formulada ko‘rsatilgan X_L induktivlik qarshilik deyiladi va u quyidagiga teng:

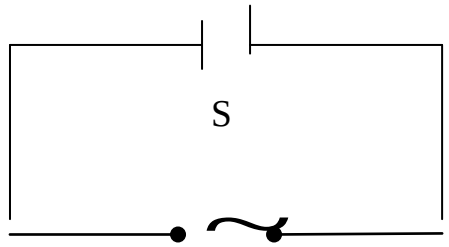
$$X_L = \omega L \qquad (22)$$

O‘zinduksiya xodisasi tufayli hosil bo‘lgan qarshilik X_L induktivlik qarshilik deyiladi. Shu qarshilik faqat o‘zgaruvchan tok zanjirida ro‘y beradi va o‘zgarmas tok zanjirida $X_L = 0$.

Xulosa: shunday qilib, agar o‘zgaruvchan tok zanjiri faqat induktivlik qarshilikka ega bo‘lsa, zanjirda Joul-Lens issiqligi ajralmaydi, chunki R=0. Shuning uchun, zanjirdagi induktivlikning ahamiyati shundaki, magnit maydon energiyasini to‘planib va uni tok manbaiga qaytarib berishdan iborat bo‘ladi.

3. Sig‘im qarshilikli o‘zgaruvchan tok zanjiri.

Elektr sig‘imi C ga teng bo‘lgan kondensatorli o‘zgaruvchan tok zanjiri berilgan bo‘lsin (9-rasm).



9-rasm

Bunday zanjirda omik va induktiv qarshilik nolga teng bo‘lsa, zanjirning uchlaridagi kuchlanish quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$U_c = U_{mc}\mathrm{Sin}\omega t \qquad (23)$$

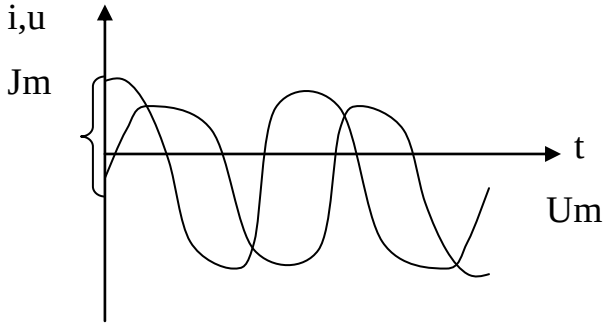
$$J_c = U_{mc} \cdot \omega c \cdot \cos \omega t = J_{mc} Sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \qquad (24)$$

bunda J_{mc} tok kuchining amplituda ifodasi bo‘lib, u

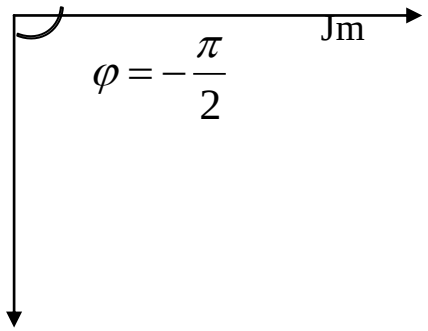
$$J_{mc} = U_{mc} \cdot \omega c = \frac{U_{mc}}{1/\omega c} \qquad (25)$$

(23) va (24) dan ko‘rinadiki, sig‘imli o‘zgaruvchan tok zanjiridagi tok kuchlanishdan faza bo‘yicha ga oldinga ketadi. $\frac{\pi}{2}$

Sig‘imli o‘zgaruvchan tok zanjiridagi i=f(t) va u=f(t) va ularning vektor diagrammasi 10 va 11-rasmlarda keltirilgan.



10-rasm



11-rasm

Berilgan zanjir uchun Om qonuni quyidagicha bo‘ladi.

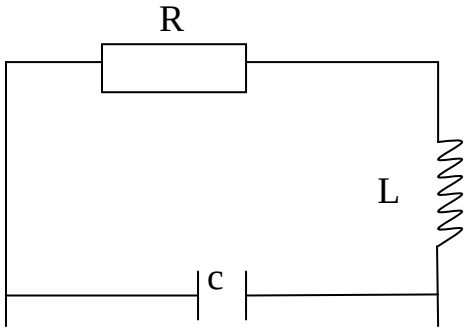
$$J_{mc} = \frac{U_{mc}}{1/\omega c} = \frac{U_{mc}}{X_c} \qquad (26)$$

Xs – kattalik sig‘im qarshilik deyilib, u quyidagiga teng:

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot c} \qquad (27)$$

Xulosa: faqat kondensator ulangan o‘zgaruvchan tok zanjirida Joul-Lens issiqligi ajralmaydi, chunki aktiv qarshilik nolga teng. Bunday zanjirda sig‘im elektr maydon energiyasini kondensator qoplamlari orasida to‘plash va bu energiyani qaytadan tok manbaiga uzatish vazifasini bajaradi. Shunday qilib, zanjirda davriy ravishda energiya manbaidan zanjirga va zanjirdan manbaga uzatilib turishi yuz beradi. Ideal holda bu protsessda energiya yo‘qolmaydi.

Umumiy holda o‘zgaruvchan tok zanjiri R aktiv qarshilikli o‘tkazgich, L induktivlikli g‘altak, C sig‘imli kondensator hamda tok manbaidan tuzilgan bo‘lsin (12-rasm).



12-rasm

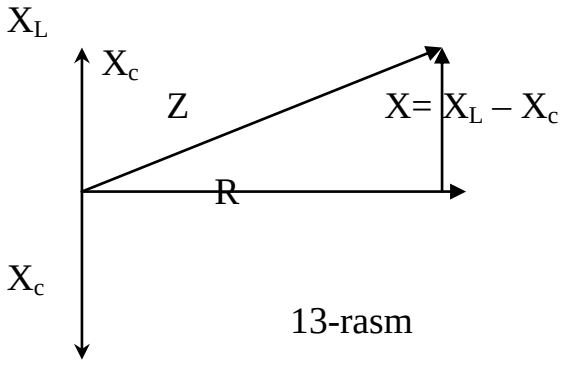
Agar L va C ketma-ket ulangan bo‘lsa, u paytda hosil bo‘lgan reaktiv qarshilikka X quyidagiga teng:

$$X = X_L - X_c = \omega L - \frac{1}{\omega C} \qquad (28)$$

Agar aktiv qarshilik R va reaktiv qarshilik X ketma-ket ulangan bo‘lsa, u paytda to‘la qarshilik Z quyidagiga teng bo‘ladi:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \qquad (29)$$

Qarshiliklarning vektor diagrammasi 13-rasmda tasvirlangan.



13-rasm

φ – aktiv va reaktiv qarshiliklar orasidagi burchak.

$U_L + U_c$ yig‘indiga teng bo‘lgan vektor, reaktiv kuchlanishi deyiladi va u U_p bilan belgilanadi.

$$U_P = U_L + U_C \qquad (30)$$

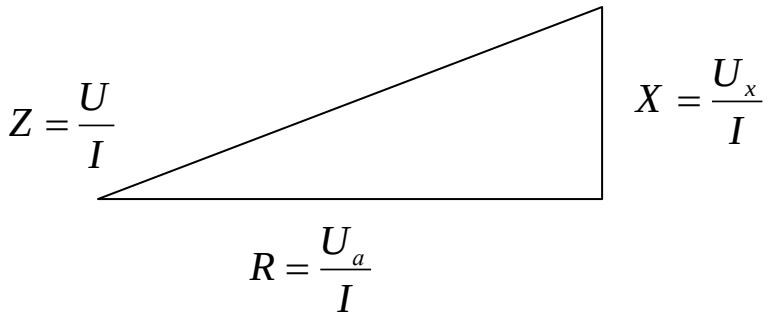
$U_p + U_a$ – geometrik yig‘indi (summa) tarmoqdan beradigan effektiv kuchlanishni ifodalanadi, ya’ni:

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_p^2} \qquad (31)$$

yoki

$$U = \sqrt{U_a^2 + (U_L - U_c)^2} \qquad (32)$$

Hamma kuchlanishlarni tok kuchi J ga bo‘lib chiqsak, u paytda qarshiliklarning uchburchakini hosil qilamiz (14-rasm).



14-rasm

Shu uch burchakdan:

$X_p = X_L - X_c$

Zanjirning to‘la qarshiligi esa:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_p^2}$$

yoki

$$Z = \sqrt{R + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \qquad (33)$$

Shuningdek, agar o‘zgaruvchan tok zanjirida R, X_L, X_c qarshiliklar ketma-ket ulangan bo‘lsa, u paytda Om qonuni quyidagicha bo‘ladi:

$$J = \frac{U}{Z} \qquad (34)$$

yoki

$$J = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \qquad (35)$$

Agar o‘zgaruvchan tok zanjiriga ketma-ket ulangan induktivlik va sig‘im qarshiliklar bir xil, ya’ni $X_L=X_c$ bo‘lsa, u paytda to‘la reaktiv qarshilik, ya’ni $X=X_L-X_c$ nolga teng bo‘ladi, shuning uchun tok kuchi va kuchlanishning vektorlari orasida faza siljishi ro‘y bermaydi va Om qonuni oddiy ko‘rinishda bo‘ladi:

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

Ushbu ro‘y beradigan hodisa kuchlanish rezonansi deyiladi, chunki g‘altakdagi kuchlanishning qiymati U_L va kondensatordagi kuchlanishning qiymati U_c tarmog‘idagi kuchlanishning qiymatidan ancha katta qiymatlarga ega bo‘ladilar.

Agar zanjirda kuchlanish rezonansi hodisasi ro‘y bersa, u paytda zanjirda energiya faqat aktiv qarshilikning issiqlik ta’siriga sarflanadi, lekin g‘altak va kondensator oralig‘ida energiya almashishi ro‘y beradi. Buning natijasida, agar kondensatorning elektr energiyasi kamaysa, g‘altakning magnit energiyasi oshadi, va teskari.

Rezonans sharti $U_{mL}=U_{mc}$ dan zanjirga ulangan o‘zgaruvchan tok manbaining rezonans siklik chastotasi ω_{rez} quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\omega_p L = \frac{1}{\omega_p c} \qquad (36)$$

yoki

$$\omega_p^2 = \frac{1}{LC} \qquad (37)$$

Bundan

$$\omega_p = \sqrt{\frac{1}{LC}} \qquad (38)$$

O‘zgaruvchan tok zanjirida ajralgan quvvat tok kuchi va kuchlanishlarning ta’sir (effektiv) qiymatlariga hamda tok bilan kuchlanish orasidagi fazaning siljishiga bog‘liq bo‘ladi. O‘zgaruvchan tok zanjirida ajralgan quvvat quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$P = J_{эфф} \cdot U_{эфф} \cdot \cos\varphi = \frac{J_m \cdot U_m}{2} \cos\varphi \qquad (39)$$

bunda φ- faza siljishi bo‘lib, cos φ – quvvat koeffitsiyenti deyiladi.

(39) formuladan ko‘rinadiki, o‘zgaruvchan tok zanjirida ajralgan quvvat cos φ ga bog‘liq bo‘lib, bunda ikki xil bo‘lishi mumkin:

1. Agar zanjirda faqat aktiv qarshilik R, ya’ni $X_L = 0$ va $X_c = 0$ bo‘lsa, $\varphi = 0$ yoki $\cos \varphi = 1$ bo‘ladi va quvvat maksimal qiymatga erishadi. Zanjirda ajralgan maksimal quvvatga to‘la quvvati deyilib, u esa S harfi bilan belgilanadi:

$$S = U_{ef} \cdot J_{ef} \qquad (40)$$

S to‘la quvvat voltamper (B · A) larda o‘lchanadi

$$[S] = 1\ B \cdot A$$

2. Agar zanjirda aktiv qarshilik bo‘lmasa, ya’ni R = 0, u holda

$u\frac{\pi}{2}$ ga yoki $\cos \varphi = 0$ bo‘lgani uchun (39) formuladan

$$P = J_{ef} \cdot U_{ef} \cdot \cos \varphi = 0$$

Binobarin, faqat reaktiv qarshilikli o‘zgaruvchan tok zanjirida ajralgan quvvat nolga teng. Buni quyidagicha tushuntirish mumkin: o‘zgaruvchan tok davrining birinchi yarmida tok manbadan zanjirga o‘tgan energiya davrining ikkinchi yarmida tok manbaiga qaytarilar ekan. Natijada energiya sarf bo‘lmaydi.

O‘zgaruvchan tokni uzatish liniyalarida quvvat koeffitsiyenti muhim ahamiyatga ega, chunki u zanjirda energiyani yo‘qotishini harakterlaydi. Elektr uzatish liniyalarini loyihalashda quvvat koeffitsiyentini yuksaltirishga harakat qilish kerak.

Bizning zamonamizda elektr energiyasi ishlab chiqarish va undan foydalanish darajasi jamiyatda ishlab chiqarish kuchlari taraqqiyotining asosiy ko‘rsatkichi bo‘lib qoldi. Bunda energiyaning eng universal va foydalanish uchun eng qulay turi bo‘lgan elektr energiyasi yetakchi o‘rin tutadi.

Texnikaning barcha asosiy sohalarida chuqur sifat o‘zgarishlari sodir bo‘lmoqda. Masalan, energetikadagi o‘zgarishi organik yoqilg‘i bilan ishlaydigan issiqlik elektr stansiyalardan atom elektr stansiyalariga o‘tish bilan bog‘langan. Materialshunoslik sohasida bunday o‘zgarishlar odatdagidan tashqari, biroq amaliyot uchun juda muhim xossalarga ega bo‘lgan sun’iy materiallar industriyasini yaratish bilan bog‘liqdir. Transport, qurilish, aloqa hozirgi zamon

texnikasining prinsipial jihatdan yangi, yanada unumliroq va takomillashgan sohalari bo‘lib bormoqda.

Sanoat va qishloq xo‘jaligi tobora kompleks avtomatlashtirilgan ishlab chiqarishga aylanib bormoqda. Kompleks avtomatlashtirish turli-tuman elektron boshqarish va nazorat-o‘lchov qurilmalariga tayanadi, bularsiz avtomatlashtirishni tasavvur qilish mumkin emas. Bu qurilmalarning ilmiy asoslari, shuningdek, ularning amalda ishlatilishi radioelektronika, qattiq jism fizikasi, atom yadrosi fizikasi va hozirgi zamon fizikasining boshqa qator bo‘limlari bilan chambarchas bog‘liqdir.

Energetikadagi o‘zgarishlarga atom energiyasining paydo bo‘lishi sabab bo‘ldi. Atom yoqilg‘isida saqlanadigan energiya zahiralari hali sarflanmagan odatdagi yoqilg‘i energiya zahiralaridan ko‘p marta katta bo‘ladi. Shuning uchun energetik maqsadda atom yoqilg‘isidan foydalanish katta ahamiyatga ega.

Termoyadro elektr stansiyalari kelgusida insoniyatni energiya manbalari haqidagi tashvishdan umrbod xalos qiladi.

Nazorat uchun savollar:

1. Elektr tok deb nimaga aytiladi? Tokning turlari.
2. Nimaga o‘zgaruvchan tok davriy tok deb ataladi?
3. O‘zgaruvchan tokni sikli deb nimaga aytiladi?
4. f=50 Gs bu ifoda qanday ma’noga ega?
5. O‘zgaruvchan tok qanday qiymatlarga ega?
6. Faqat kondensatordan tashkil topgan zanjir o‘zgaruvchan tok zanjirlarini qaysi turiga kiradi?
7. Induktiv qarshilik deb nimaga yatiladi?
8. $X = X_L – X_c$ ifoda qanday ma’noga ega?
9. Aktiv quvvat deb nimaga aytiladi?
10. Quvvat koeffitsiyenti nimani harakterlaydi?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. O‘zgaruvchan tok va uning amaliy ahamiyati to‘g‘risida ma’lumotlarni izlab topish.

2. O‘zgaruvchan tokni elementlarini, zanjirlarini o‘rganib chiqish.
3. Elektr energetika sohasini, O‘zbekistonda energetika sohasini o‘rganib chiqish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 2, 8, 9, 13

3.10 Mavzu: Elektromagnit tebranishlar va to‘lqinlar

Darsning maqsadi: Tebranish konturlarini ishlash prinsip iva amaliyotda qo‘llanilishi, elektromagnit to‘lqinlar va ularni shkalalari to‘g‘risida bilimlar berish.

Asosiy savollar:

1. Tebranish konturlari
2. Elektromagnit tebranishlarni turlari
3. Elektromagnit to‘lqinlar. Elektromagnit to‘lqin energiyasi
4. Elektromagnit to‘lqinlar shkalasi. Radioeshittirish va teleko‘rsatuvlar to‘g‘risida umumiy ma’lumotlar

Tayanch so‘z va iboralar:

Tebranish konturi – LC konturda elektr maydon energiyasini magnit maydon energiyasiga aylanishi yoki aksincha, natijasida zanjirda energiyaning so‘nmas tebranishlarni ro‘y berishi.

Radiopriyomnik – elektromagnit to‘lqinlar spektridan kerakli qismini ajratib olish uchun xizmat qiladigan asbob.

Radiouzatgich – nutq, tovush va signallarni radio orqali uzoqqa uzatuvchi asbob.

Radioaloqa – ikki yoki bir necha punktlar yoki harakatdagi ob’ektlar (kosmik kema, samolyot, kema va boshqalar) orasida radioto‘lqinlar vositasida amalga oshiriladigan hodisa.

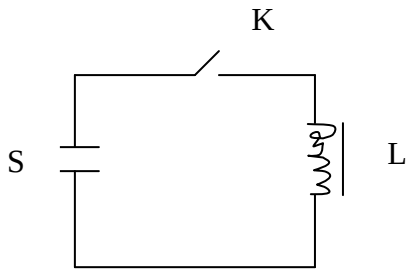
Teleko‘rsatuv – fan, texnika, madaniyat va turmushga doir ko‘rinadigan axborot va tasvirlarni radioelektron vositalar yordamida masofaga uzatish bilan bog‘liq bo‘lgan fan-texnika sohasi.

Elektromagnit tebranishlar – kondensator bilan g‘altak hosil qilgan elektr zanjirida tebranib turuvchi tokning hosil bo‘lish hodisasi.

Tebranishlarni o‘rganishda biz aytgan edikki, fizikaviy tabiatiga qarab tebranishlar ikkiga, ya’ni mexanik va elektromagnit tebranishlarga bo‘linadi.

Elektromagnit tebranishlar deb zaryadlar, toklar, elektr va magnit maydonlari kuchlanganliklarining o‘zaro bog‘liq davriy o‘zgarishiga aytiladi.

Shunga o‘xshash jarayonlar tebranish konturi deb ataluvchi sistemada elektr tebranishlari hosil bo‘lganda ro‘y beradi.



1-rasm

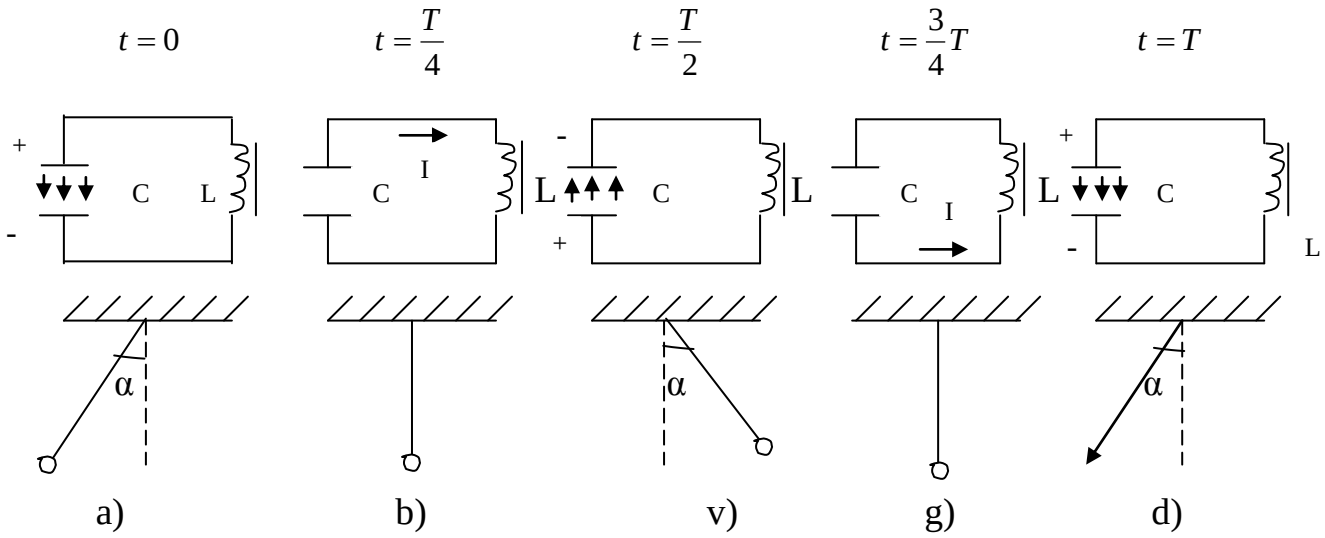
Tebranish konturi har qanday radiotexnik qurilmaning ajralmas qismi hisoblanadi. Radio o‘tkazgichlarda tebranish konturi fazoda elektromagnit to‘lqinlarni nurlantirish uchun, radio qabul qilgichlarda (radiopriyomniklarda) elektromagnit to‘lqin-lar spektridan kerakli qismini ajratib olish uchun xizmat qiladi.

Tebranish konturi deb bir-biri bilan o‘tkazgichlar yordamida ulangan C kondensator va induktivlik *L* dan iborat elektr zanjirga aytiladi (1-rasm).

Ideal tebranish konturida (aktiv qarshiligi *R* nolga teng) tebranishlar hosil bo‘lishini ko‘rib chiqamiz. Bunday konturda tebranish hosil qilish uchun kondensator qoplamalariga ma’lum miqdor elektr zaryadi berish yoki induktivlik g‘altagiga elektr toki uyg‘otish kerak.

Faraz qilaylik konturni ochib kondensatorni zaryadlantirdik (2a-rasm). Kondensator qoplamalari orasida elektron maydon hosil bo‘lib, uning energiyasi quyidagiga teng:

$$W_{\max} = \frac{CU_0^2}{2} \qquad (1)$$



2-Rasm.

bunda C – kondensator sig‘imi; U_0 – qoplamalar orasidagi maksimal kuchlanish.

Tebranish konturining bunday holati, muvozanat holatidan kichik burchak α – ga chetlashtirilgan matematik mayatnikning holatiga o‘xshaydi.

C kondensatorni L induktivlikka tutashtiramiz (2b-rasm). Kondensator zaryadsizlana boshlaydi va uning elektr maydoni kamaya boradi. Shu bilan birga konturda elektr toki paydo bo‘ladi va uning natijasida induktiv g‘altagida magnit maydoni hosil bo‘ladi.

Ideal konturda chorak davrdan keyin elektr maydon energiyasi to‘la magnit maydon energiyasiga aylanadi:

$$W_{\max} = E_{м} = \frac{LJ_0^2}{2} \qquad (2)$$

bunda L – g‘altak induktivligi; J – g‘altakdan oqayotgan tok kuchining maksimal qiymati. Bu holda kondensator qoplamalari orasidagi kuchlanish nolga teng, U=0. Tebranish konturining bunday holati matematik mayatnikning muvozanat holatidan o‘tish paytidagi holatga to‘g‘ri keladi. Bunda sistemaning potensial energiyasi to‘la kinetik energiyaga aylanadi.

Bunday keyin magnit maydoni tezda nolgacha kamayishi kerak, chunki uni qo‘llab turuvchi tok yo‘q. O‘zgaruvchan magnit maydoni induksiya tokini hosil qiladiki, u Lens qonuniga asosan, kondensatorning kamayayotgan zaryadsizlanish tokni quvvatlaydi. Shunday qilib, tok shu yo‘nalishi bo‘yicha oqib turib kondensatorni qayta zaryadlaydi. Kondensator qayta zaryadlanishi tugashi bilan

konturda tok tugaydi. Demak, yarim davrga teng vaqtdan keyin magnit maydoni yo‘qoladi, ya’ni magnit maydon energiyasi to‘la elektr maydon energiyasiga aylanadi (2v-rasm). Tebranish konturining bu holati matematik mayatnikning teskari tomonga α burchakka chetlashtirilgan holatiga o‘xshaydi.

Bundan keyin kondensator yana zaryadlana boshlaydi, konturda yana tok oqa boshlaydi, lekin bu tokning yo‘nalishi oldingina nisbatan qarama-qarshi bo‘ladi, $t = \frac{3}{4}T$ vaqtdan keyin kondensator to‘la razryadlanadi, elektr maydon energiyasi magnit maydon energiyasiga aylanadi (2g-rasm), t=T vaqtdan konturning holati (2d-rasm) boshlang‘ich holatidagiday bo‘ladi. Undan keyin butun jarayon takrorlanadi.

Konturda tebranishlar yuzaga keladilar bunda kondensator qoplamalari orasidagi kuchlanish va tok kuchini davriy o‘zgarishlari vujudga keladi. Shu ravishda elektr maydon energiyasi magnit maydon energiyasiga va aksincha, magnit maydon enregiyasi elektr maydon energiyasiga aylanib turadi, ya’ni elektromagnit tebranishlar yuzaga keladi. Agar konturning qarshiligi nolga teng bo‘lsa, elektr maydon energiyasining magnit maydon energiyasiga aylanishi va uning aksi bo‘lgan jarayon cheksiz davom etishi mumkin, ya’ni so‘nmas elektromagnit tebranishlar vujudga keladi. Bu tebranishlar xususiy yoki erkin tebranishlar deb aytiladi, chunki ular tashqi majbur qiluvchi kuchlarsiz vujudga keladi.

Mexanik va elektr tebranishlar orasidagi o‘xshashlikdan foydalanib, konturdagi xususiy tebranishlar chastotasini topish mumkin. Prujinali mayatnikning tebranishini qaraganda, uning tebranish davri yukning massasi va prujinaning bikrligiga bog‘liqligini aniqlagan edik. Tebranish konturda massa rolini L induktivlik, bikrlik rolini sig‘imga teskari kattalik 1/S o‘ynaydi.

Shunday qilib, tebranish konturidagi erkin so‘nmas elektromagnit tebranishlarning davri Tomson formulasidan aniqlanadi:

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \qquad (3)$$

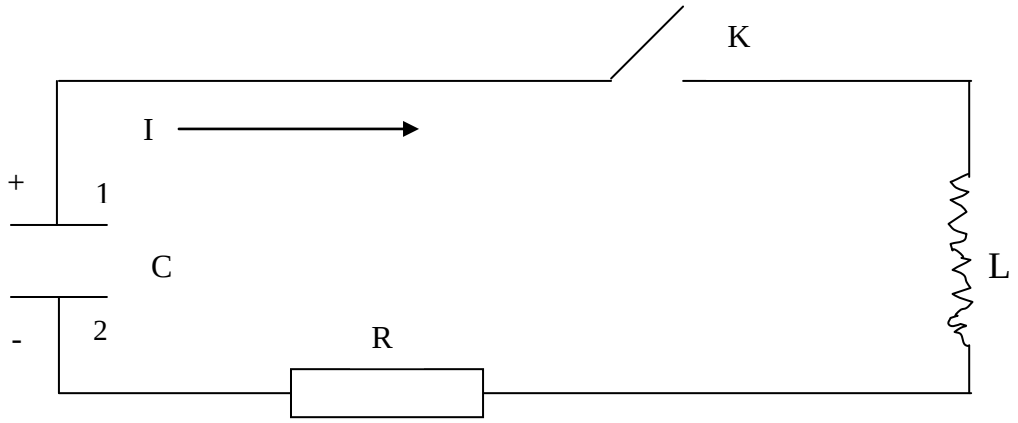
Tebranish davrini bilgan holda elektromagnit tebranishlarning xususiy chastotasi υ_0 va xususiy davriy chastota ω_0 ni aniqlash mumkin:

$$\upsilon_0 = 1/T = 1/2\pi\sqrt{1/LC} \qquad (4)$$

$$\omega_0 = 2\pi\upsilon_0 = \sqrt{1/LC} \qquad (5)$$

Tebranish konturida hosil bo‘luvchi o‘zgaruvchan elektr va magnit maydonlari fazoning kontur turgan joyda joylashgan bo‘ladi. Bunday kontur yopiq tebranish konturi deyiladi.

Hamma real konturlarining R qarshiligi noldan farqli bo‘ladi. Shuning uchun konturdagi erkin elektromagnit tebranishlar so‘nuvchi bo‘ladi. Ketma-ket ulangan S sig‘imi kondensator, induktivligi L bo‘lgan g‘altak, R elektr qarshilik va K kalitdan iborat elektr zanjirni ko‘ramiz (3-rasm).



3-rasm.

Kalit ulanmagan holda kondensatorni $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ potensiallar ayirmasigacha zaryadlab, kalitni ulasak, kondensator razryadlana boshlaydi. Natijada zanjirdan vaqt o‘tishi bilan o‘zgarib boruvchi J tok oqa boshlaydi. 3-rasmda ko‘rsatilgan zanjir uchun tok kuchining vaqt t – ga bog‘liq munosabatini aniqlaymiz. Soddalik uchun g‘altakning, simlarning va kalitning elektr qarshiligi nolga teng deb hisoblaymiz. Om qonuniga asosan zanjirning 1L R 2 qismi uchun quyidagini yozamiz:

$$JR = \Delta\varphi + \varepsilon \qquad (6)$$

bunda *J, Δφ, ε* – mos ravishda zanjirdagi tok kuchining oniy qiymati, kondensatorning 1 va 2 qoplamalari orasidagi potensiallar ayirmasi va

qaralayotgan zanjir qismida qo‘yilgan EYUK larning algebraik yig‘indisi. Zanjirning 1L R 2 qismida faqat o‘zinduksiya EYUK quyidagi bo‘lib, u g‘altakdan o‘zgaruvchan tok o‘tganda hosil bo‘ladi.

Shuning uchun

$$\varepsilon = -L\frac{dJ}{dt} \qquad (7)$$

u holda (6) tenglama quyidagi ko‘rinish oladi:

$$JR = \Delta\varphi - L\frac{dJ}{dt} \qquad (8)$$

Kondensatorning birinchi qoplamasidagi zaryadni q desak zanjirdagi tok kuchi quyidagicha bo‘ladi.

$$J = -\frac{dq}{dt} va \frac{dJ}{dt} = -\frac{d^2q}{dt^2} \qquad (9)$$

(9) formuladagi minus ishora qo‘yilishi sababi shundaki, (b) tenglamani tuzishda tokning 3-rasmda ko‘rsatilgan musbat deb qabul qilingan yo‘nalishiga kondensatorning birinchi qoplamasidagi musbat zaryadning kamayishi mos keladi ($dq/dt \angle 0$).

Kondensator qoplamalari orasidagi potensiallar ayirmasi quyidagiga teng:

$$\Delta\varphi = q/C \qquad (10)$$

(9) va (10) ifodalarni (8) tenglamaga qo‘yib hosil qilamiz:

$$L\frac{d^2q}{dt^2} + R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0 \qquad (11)$$

Bu differensial tenglama shakli bilan prujinaga osilgan yukning so‘nuvchi tebranishlari differensial tenglamasiga o‘xshaydi:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + ч\frac{dx}{dt} + кx = 0 \qquad (12)$$

Yukning massasi m o‘rniga zanjirning L induktivligi, qarshilik koeffitsiyenti r o‘rniga zanjirning qarshiligi R, prujinaning elastik koeffitsiyenti k o‘rniga sig‘imiga teskari bo‘lgan – 1/S kattalik kelmoqda.

Mexanika bo‘limida bizga ma’lumki, (12) tenglamaning yechimi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$X = A_0 \cdot e^{\frac{-rt}{2m}} \sin(\omega t + \alpha_0) \qquad (13)$$

$$\omega = \sqrt{k/m - r^2/4m^2} \qquad (14)$$

ω – prujinadagi yukning so‘nuvchi tebranishlari siklik chastotasi;

A_0 va φ_0 – amplituda va fazaning boshlang‘ich qiymati.

(13) va (14) formulalarda m, r va k larni L, R va 1/S lar almashtirib (11) differensial tenglama yechimini topamiz.

$$q = A_0 \cdot e^{\frac{-R}{2L}t} \sin(\omega t + d_0) \qquad (15)$$

$$\omega = \sqrt{1/LC - R^2/4L^2} \qquad (16)$$

Shunday qilib, zaryadlangan kondensatorni ketma-ket ulangan induktivlik va elektr qarshilikdan iborat zanjirga ulanganda kondensatordagi zaryad so‘nuvchi tebranishlar hosil qiladi. Shuning uchun qurilayotgan zanjir tebranish konturi degan nom olgan.

$$\beta = \frac{R}{2L} \qquad (17)$$

β kattalik so‘nish koeffitsiyenti deb ataladi. (15) dan ko‘rinadiki, kondensator zaryadi q ning tebranishlar amplitudasi A, quyidagiga teng:

$$A = A_0 \cdot e^{-\frac{R}{2L}t} = A_0 e^{-\beta t} \qquad (18)$$

Kondensatorning qoplamalari orasidagi potensiallar ayirmasi zaryad q ga proporsional. Shuning uchun

$$\Delta\varphi = \frac{q}{C} = \frac{A_0}{C} \cdot e^{\frac{-R}{2L}t} \sin(\omega t + \alpha_0) \qquad (19)$$

(15) va $J = -\frac{dq}{dt}$ formulalardan tebranish konturidagi tok kuchi uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$J = -\frac{dq}{dt} = A_0 \cdot e^{\frac{-R}{2L}t}\left[\frac{R}{2L}\sin(\omega t + \alpha_0) - \omega\cos(\omega t + \alpha_0)\right] \qquad (20)$$

Vaqtning boshlang‘ich paytida (t=0) kondensatorning zaryadi $q=q_0$ bo‘lsin deb faraz qilamiz. Bu vaqtda zanjirda tok bo‘lmaydi va (15) hamda (20) formulalardan hosil qilamiz:

$$A_0 \sin\alpha_0 = q_0 \text{ va } R/2L \sin\alpha_0 - \omega\cos\alpha_0 = 0$$

Bu holda boshlang‘ich faza α_0 va boshlang‘ich amplituda A_0 lar uchun quyidagi munosabatni hosil qilamiz:

$$tg\alpha_0 = \frac{\omega}{R/2L} = \frac{\omega}{\beta} = \sqrt{\frac{4L}{R^2C} - 1} \qquad (21)$$

$$A_0 = q_0\sqrt{1+\frac{\beta^2}{\omega^2}} = \frac{q}{\sqrt{1-\frac{R^2C}{4L}}} \qquad (22)$$

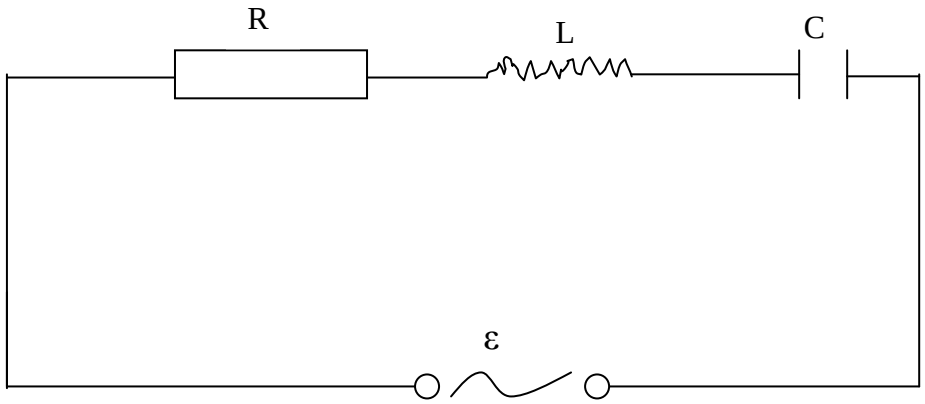
Shunday qilib konturdagi tebranishlarning boshlang‘ich faza va amplitudasi uning parametrlari: sig‘im, induktivlik va qarshiligiga bog‘liq bo‘ladi.

Konturda so‘nmas tebranishlarning davri T quyidagiga teng:

$$T = \frac{2\Pi}{\omega} = \frac{2\Pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}} \qquad (23)$$

Konturdagi o‘zgaruvchan elektr toki o‘zgaruvchan magnit maydonini hosil qiladi. Shu bilan birga kondensatorning elektr maydoni ham o‘zgaradi. Shuning uchun bir qaralgan kondensator zaryadning va konturdagi tokning erkin tebranishlari erkin elektromagnit tebranishlar deb ataladi. Bu tebranishlar energiyasi boshlang‘ich holatda zaryadlangan kondensatorning elektr energiyasiga teng bo‘ladi. Keyin, konturdagi elektromagnit tebranishlar sekin asta kamayib boradi, chunki elektr toki oqish jarayonida Joul-Lens issiqligi ajaraladi. Undan keyin elektromagnit tebranishlar energiyasining sochilish yuz beradi va ular so‘nadi. So‘nmas elektromagnit tebranishlar hosil qilish uchun tashqaridan konturga Joul-Lens issiqiligi tufayli yo‘qolayotgan energiyani to‘ldirish uchun energiya berib turish kerak. Bu holda biz endi erkin emas, balki majburiy elektromagnit tebranishlar bilan ish ko‘ramiz. Bunday tebranishlar hosil qilish uchun tebranish konturiga davriy o‘zgaruvchan EYUKga ega bo‘lgan tok manbaini ulash kerak (4-rasm).

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \sin \omega t \qquad (24)$$



4-rasm.

Bu holda konturda majburiy tebranishlar hosil bo‘ladi, uning chastotasi tok manbaining EYUK ω chastotasi bilan belgilanadi. Konturdagi tok kuchining amplitudasi nafaqat, kontur parametrlari, ya’ni R, L, C va EYUK chastotasi ω ga ham bog‘liq. Agar ω tebrainsh konturining xususiy tebranishlari chastotasi ω_0 ga teng yoki unga yaqin bo‘lsa, konturdagi tok kuchi amplitudasining keskin oshishi hodisasi ro‘y beradi, ya’ni rezonans hodisasi yuzaga keladi. Tok kuchi uchun rezonans chastota quyidagiga teng:

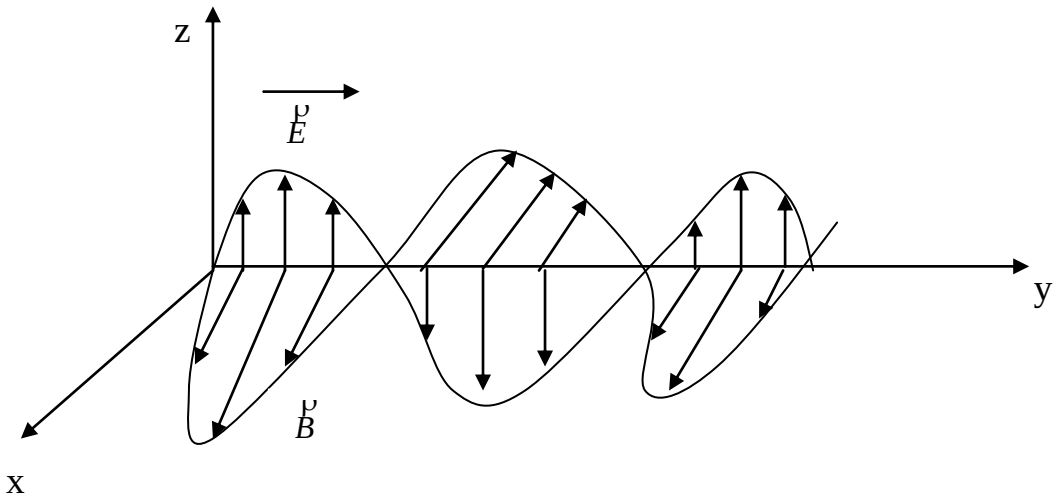
$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} \qquad (25)$$

Rezonans chastotasi konturning aktiv qarshiligiga bog‘liq emas.

Hozirgi vaqtda so‘nmas tebranishlar hosil qilish uchun avtotebranishli sistemalar ishlatiladi.

O‘zgaruvchan elektr va magnit maydonlari bir-biriga bog‘liq. Ular bir-birini qo‘llaydilar va ularni hosil qilgan manbaga bog‘liq bo‘lmagan holda fazoda elektromagnit to‘lqin sifatida tarqaladilar.

Elektr maydon kuchlanganligi Ye va magnit maydon induksiyasi V davriy o‘zgarayotgan o‘zgaruvchan elektromagnit maydonining fazoga tarqalishiga, elektromagnit to‘lqin deb aytiladi. Elektromagnit to‘lqinni grafigini o‘zaro perpendikulyar bo‘lgan ikkita tekislikda yotgan sinusoidalar sifatida ko‘rsatish mumkin. Bitta sinusoida elektr maydon kuchlanganligi Ye vektorning tebranishini, ikkinchisi – magnit induksiya vektori V tebranishini akslantiradi (5-rasm).



5-rasm.

Elektr va magnit maydonlar kuch chiziqlari o‘zaro perpendikulyar, demak E va B vektorlar o‘zaro perpendikulyar tekislikda yotadilar va ular tarqalishi yo‘nalishiga perpendikulyardirlar.

Shunday qilib, elektromagnit to‘lqinlar ko‘ndalang to‘lqinlar.

Maksvell nazariyasiga muvofiq elektromagnit to‘lqinlarning tarqalish tezligi chekli miqdor bo‘lib, u to‘lqin tarqalayotgan muhitning elektr va magnit xususiyatlari bilan belgilanadi:

$$V = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0 \varepsilon \mu}} \qquad (26)$$

Bunda ε_0 va μ_0 – elektr va magnit doimiylaridir;

ε va μ - muhitning nisbiy dielektrik va magnit singdiruvchanliklari.

Agar elektromagnit to‘lqin bo‘shliq (vakuum) da tarqalayotgan bo‘lsa, $\varepsilon=1$, $\mu=1$, demak elektromagnit to‘lqinning bo‘shliqdagi tarqalish tezligi:

$$C = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = \frac{1}{\sqrt{8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Elektromagnit to‘lqinning bo‘shliqdagi tarqalish tezligi yorug‘likning bo‘shliqdagi tarqalish tezligiga teng:

$$C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Agar bir jinsli muhitda elektromagnit to‘lqinning tarqalish tezligini v desak, tebranish davrini T va to‘lqin uzunligini λ desak,

$$\lambda = v \cdot T \qquad (27)$$

bo‘ladi. Bo‘shliq uchun

$$\lambda_0 = c \cdot T \qquad (28)$$

To‘lqinning tezligi muhitning ε va μ lariga bog‘liq bo‘lgani uchun, bir muhitdan ikkinchisiga o‘tishda, v va λ o‘zgaradi, lekin chastota o‘zgarmay qoladi.

Fazoda tarqalayotgan elektromagnit to‘lqin W energiyani o‘tkazadi. Elektromagnit maydon energiyasi deganda elektr va magnit maydonlar energiyalarining yig‘indisi tushuniladi:

$$W = W_э + W_м \qquad (29)$$

Shunga xos holda elektromagnit maydon energiyasining zichligi, elektr va magnit maydonlar energiyalari zichliklarining yig‘indisidan iborat bo‘ladi:

$$\omega = \omega_э + \omega_м = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu\mu_0 H^2}{2} \qquad (30)$$

Elektromagnit to‘lqin yorug‘lik tezligi C bilan tarqalishi uchun, birlik yuzadan, birlik vaqt davomida quyidagi miqdorda energiya oqimi o‘tadi:

$$S = \omega \cdot C = 1/2\left(\varepsilon\varepsilon_0 E^2 + \mu\mu_0 H^2\right)C \qquad (31)$$

Maksvell nazariyasidan kelib chiqadigan quyidagi

$$C = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0\varepsilon\mu}} \qquad (32)$$

munosabatdan foydalanib (31) formulani quyidagi ko‘rinishga keltirish mumkin:

$$S = 1/2\sqrt{\frac{\varepsilon\varepsilon_0}{\mu\mu_0}}E^2 + 1/2\sqrt{\frac{\mu\mu_0}{\varepsilon\varepsilon_0}}H^2 \qquad (33)$$

Yo‘nalishi elektromagnit to‘lqin tarqalish yo‘nalishi bilan bir xil bo‘lgan va (33) formula bilan aniqlangan S vektori, Umov-Poyinting vektori deb ataladi. U son jihtadan elektromagnit to‘lqin birlik yuzadan birlik vaqt ichida olib o‘tadigan energiyaga teng.

P.N.Lebedev, A.A.Glagoleva-Arkadeva kabi olimlarning tadqiqotlari elektromagnit to‘lqinlarning hamma xususiyatlari yorug‘lik xususiyati bilan bir xil ekanligini ko‘rsatadi. Bundan shunday muhim xulosa kelib chiqadiki, yorug‘lik elektromagnit to‘lqindan iborat. Keyingi tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, nafaqat ko‘zga ko‘rinadigan yorug‘lik, balki infraqizil va ultrabinafsha nurlanishlar,

rentgen va gamma nurlar ham elektromagnit to‘lqin tabiatiga ega ekanlar. Demak elektromagnit to‘lqinlarning chastotasi va to‘lqin uzunliklari juda keng diapozonni egallar ekan.

Barcha turdagi elektromagnit to‘lqinlar fazoda bir xil tezlik bilan tarqaladilar. Ular bir-biridan faqat to‘lqin uzunliklari bilan farq qiladilar:

$$\lambda = \frac{c}{\upsilon}$$

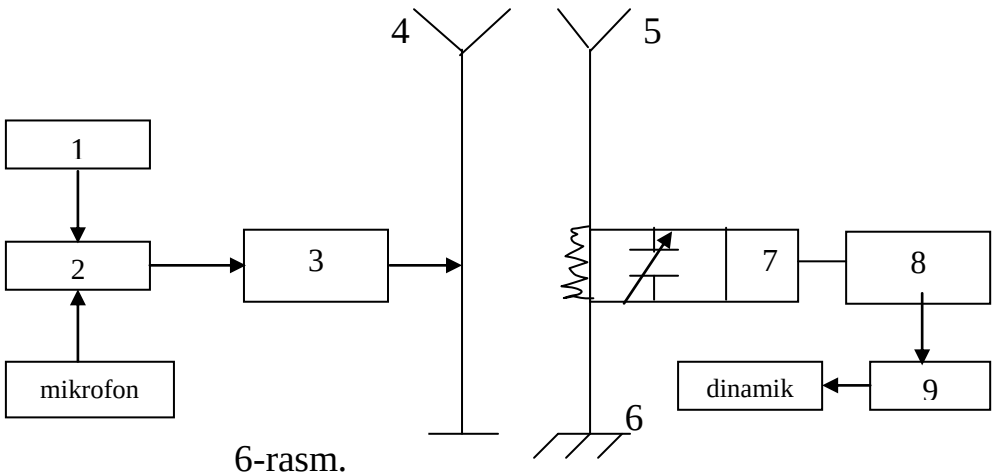
Bunda C – yorug‘lik tezligi; υ - chastota.

Radioto‘lqinlar va ultraqisqa to‘lqinlar (UTQ) bir necha kilometrdan bir necha santimetrgacha to‘lqin uzunligiga ega. Ularni har xil konstruksiyali vibratorlar yordamida hosil qilinadi. Infraqizil nurlanish, ko‘zga ko‘rinadigan yorug‘lik va ultrabinafsha nurlarni har xil temperaturaga qizitilgan jismlar chiqaradilar. Temperatura qancha yuqori bo‘lsa, ular chiqarayotgan elektromagnit to‘lqinlarning to‘lqin uzunligi shuncha qisqa bo‘ladi. Rentgen nurlari zaryadli zarracha elektronlarning keskin tormozlanishi natijasida hosil bo‘ladi. Gamma nurlar atom yadrolarining radiokativ yemirilishi natijasida nurlanadilar.

Uzoq masofalarda signallarni uzatishda elektromagnit to‘lqinlardan foydalanish g‘oyasini birinchi bo‘lib 1889 yilda A.S.Popov ilgari surgan edi.

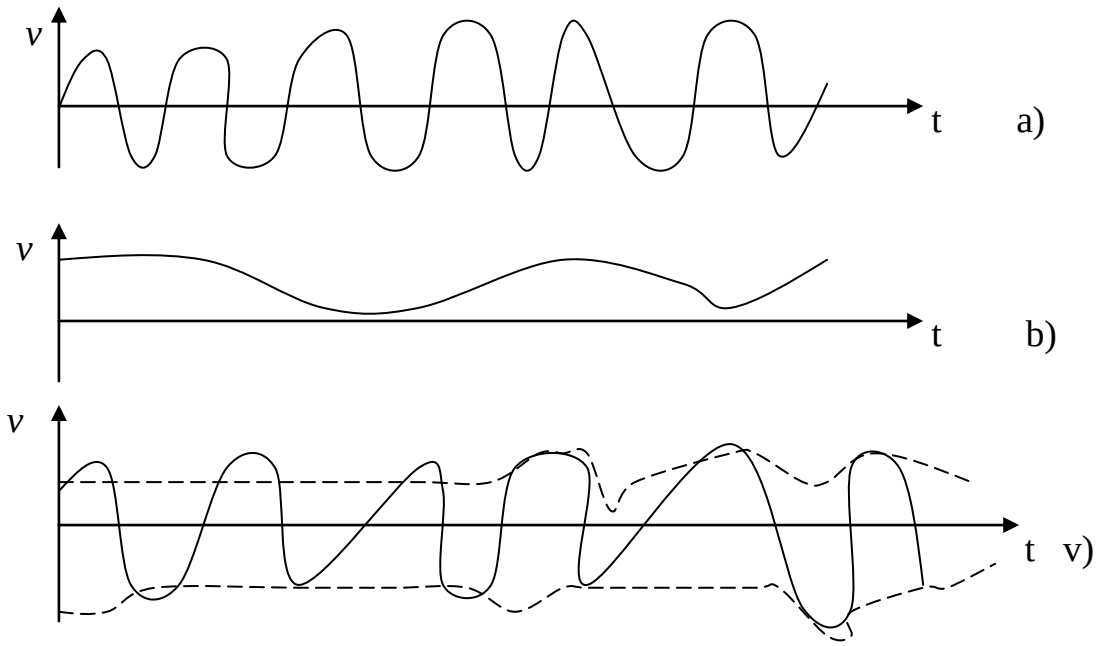
Radioaloqa – bu elektromagnit to‘lqinlar yordamida informatsiyani masofaga uzatishdir. Radioaloqaning ko‘rinishlari radioeshittirish (so‘z va musiqani uzatish) va teleko‘rsatuv (tasvirni uzatish) dir.

Hozirgi zamon radiouzatgich va radio qabul qilgichning funksional sxemasi 6-rasmda ko‘rsatilgan.



6-rasm.

So‘nmas (1) tebranishlar generatori yuqori chastotali tebranishlar hosil qiladi. Tovush tebranishlari mikrofon yordamida elektr tebranishlariga aylantiriladi. (1) generatordan tebranishlar va tovush tebranishlar modulyator deb ataluvchi (2) qurilmaga tushadi. Bu qurilmada tovush tebranishlari ta’sirida generator ishlab chiqqan tebranishlarning amplitudasi (amplitudali moldulyatsiya) yoki chastotasi (chastotali modulyatsiya) o‘zgaradi. Amplitudavay modulyatsiyaning misoli 7-rasmda ko‘rsatilgan.



7-rasm.

7a-rasmda generatorning signali, 7b-rasmda modulyatorda mikrofondan tushuvchi signal, 7v-rasmda modulyatsiyalangan signal ko‘rsatilgan. So‘z va musiqani uzatish uchun modulyatsiya tovush chastotasida $(10\div13)\cdot10^3$ Gs amalga oshiriladi.

(3) kuchaytirgichda kuchaytirilgandan keyin modullangan tebranishlar (4) uzatuvchi antennaga o‘tadilar. Bu antenna ochiq tebranish konturi bo‘lib, efirda elektromagnit to‘lqinlar tarqatadi.

Radiouzatgichdan ma’lum masofada radio qabul qilgich joylashgan. Elektromagnit to‘lqinlar radio qabul qilgichning (5) antennasiga kelib, (5b) konturda elektromagnit tebranishlar hosil qiladilar. (5b) konturda sig‘imi o‘zgaradigan kondensator ulangan. Kondensator sig‘imini o‘zgartirib, konturning

xususiy tebranishlar chastotasini o‘zgartirish mumkin. Shunday yo‘l bilan qabul qiluvchi konturni qabul qilinadigan elektromagnit to‘lqinlar chastotasi bilan rezonansga keltiriladi. Qabul qilinayotgan yuqori chastotali tebranishlar (7) – kuchaytirgichga o‘tadi va undan esa detektorga tushadi. Detektorda yuqori chastotali modullangan tebranishlarni past chastotali tebranishlarga aylanish jarayoni sodir bo‘ladi. Keyinchalik past chastotali tebranishlar (9) kuchaytirgich yordamida kuchaytiriladi va dinamikka uzatiladi. Mikrofonga kelib tushayotgan informatsiya dinamik yordamida qayta tiklanadi.

Radioeshittirish uchun radioto‘lqinlarning hamma diapazonlari ishlatiladi.

Televideniye sxemasi radioeshittirish sxemasi bilan deyarli bir xil. Farqi shundaki, uzatkichda tebranishlar nafaqat tovush signallari, balki tasvir signallari ham modulyatsiya qilinadi. Uzatish telekamerasida tasvir elektron nur trubkasi yordamida qayta tiklanadi. Uzatilayotgan va qabul qilinayotgan signallar shunday sinxronlashtirilganki, televizor trubkasidagi elektron nurining harakati uzatuvchi telekamera nurining harakatini takrorlaydi.

Hozirgi paytda elektromagnit to‘lqinlar yordamida qo‘zg‘almas va harakatlanuvchi ob’ektlar tasvirini uzatish (fototelegrafiya, televideniye), samolyot va kemalarni boshqarish (radionavigatsiya), Yer ostida masofani aniq o‘lchash (radiogeodeziya) mumkin. Radioantenna va radioteleskoplar yordamida koinotning juda uzoq nuqtalarida joylashgan ob’ektlarni radiozond qilish va ulardan kelayotgan to‘lqinlarni qabul qilish imkoniyati ochildi.

Nazorat uchun savollar:

1. Qanday tebranishlarga elektromagnit tebranishlar deyiladi?
2. Tebranish konturi qanday tuzilgan?
3. Elektromagnit tebranishlarda qanday energiya turlari ishtirok etadi?
4. Aktiv qarshiliksiz tebranish konturidagi tebranishning davri formulasini yozing.
5. Aktiv qarshilikli konturda qanday elektromagnit tebranishlar hosil bo‘ladi?
6. Majburiy elektromagnit tebranishlar deb qanday tebranishlarga aytiladi?
7. Elektromagnit to‘lqin deb nimaga aytiladi?
8. Elektromagnit to‘lqinlar shkalasi nimadan iborat?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Tebranish konturlari, elektromanit tebranishlarni o‘rganib chiqish.
2. Elektromagnit to‘lqinlarni o‘rganib chiqish.
3. Radioaloqa va teleko‘rsatuvlar to‘g‘risida ma’lumotlarni izlab topish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 2, 8, 9, 13

IV- Bob. Kvant fizikas. Kvant – optikaviy hodisaning asoslari

4.1 Mavzu: Kvant fizikasi. Kvant – opitkaviy hodisaning asoslari

Darsning maqsadi: Issiqlik nurlanishi, uning harakteristikalari va amaliy ahamiyati, fotoeffekt hodisasi va uning servis sohalarida qo‘llanilishi va quyosh batareyasi to‘g‘risida bilimlar berish.

Asosiy savollar:

1. Issiqlik nurlanishi va uning harakteristikalari
2. Nurlanishning kvant harakteri
3. Fotonlar. Yorug‘lik kvantining energiyasi, massasi va impulsi
4. Fotoeffekt hodisasi. Fotoeffekt qonunlari
5. Fotoelementlar, fotoqarshiliklar va ventili fotoelementlarni qo‘llanilishi

Tayanch so‘z va iboralar:

Issiqlik nurlanishi – tabiatda elektromagnit nurlanishning eng keng tarqalgan turi.

Jismning to‘la nur chiqarish qobiliyati – jism sirtining birlik yuzidan bir sekunda chiqariladigan energiya kattaligidir.

Elekromagnit kvant nazariyasi – M.Plakni eismlarning issiqlik nurlanish tushunchasiga porsiya, ya’ni kvantlarni kiritilish.

Foton – elektromagnitning nurlanish kvanti; elementar zarra.

Fotorezistor – yorug‘lik nurlanishi ta’sirida qarshiligini o‘zgartiradigan yarim o‘tkazgichli asbob.

Fotoqarshilik – elektr qarshiligi yorug‘lik ta’sirida o‘zgaradigan asboblar.

Fotoelektr hodisalari – elektromagnit nurlanish ta’sirida moddada vujudga keluvchi elektr hodisalar.

Fotoelektron emissiyasi – metallar sirtiga tushgan yorug‘lik, ultrabinafsha va boshqa nurlar ta’sirida yuz beradigan hodisa.

Fotoelement – nur ta’sirida moddaning elektrlanishiga asoslangan tok manbai; yorug‘lik nurlarini elektrga aylantiradigan asbob.

Fotoeffekt – yorug‘lik energiyasi ta’sirida materialdan elektronlarning urib chiqarilish hodisasi.

Tabiatda elektromagnit nurlanishning eng keng tarqalgan turi issiqlik nurlanishi, u moddaning ichki energiyasi hisobiga bajariladi va shuning uchun nurlanayotgan jismning sovishiga olib keladi. Nur chiqarish, temperaturasi absolyut noldan farq qiladigan istalgan temperaturadagi barcha jismlarga xosdir. Issiqlik nurlanishi tutash spektrga ega bo‘lsa-da, ammo unda energiya taqsimoti temperaturaga bog‘liq: past temperaturada issiqlik nurlanishi asosan infraqizil nurlanishdan, yuqori temperaturalarda esa ko‘rinadigan va ultrabinafsha nurlanishdan iborat.

Har qanday jism o‘zi nurlanishi bilan birga boshqa, atrofdagi jismlar chiqarayotgan nur energiyasining bir qismini yutadi; bu protsessni nur yutish deb atalaladi. Nur yutish protsessi muayyan jismning isishiga olib keladi.

Ravshanki, muayyan jism nur chiqarish yo‘li bilan energiyasini yo‘qota boradi, aynan shu vaqtda nur yutishi bilan energiya olib oxiri issiqlik yoki nur muvozanati holatini olish kerak, bunda nur chiqarish hisobiga energiya yo‘qolishi, nur yutish hisobiga energiya olishini kompensatsiyalanadi.

Demak, nurlanishning hamma turlaridan faqat issiqlik nurlanishi muvozanat bo‘lishi mumkin.

Nur chiqarish va nur yutish protsesslarini miqdoriy jihatdan baholash uchun ushbu harakteristikalar kiritiladi.

Nurlanishni uning energiyasi bilan harakterlaydilar. Nurlanish energiyasini uning o‘tish vaqtiga bo‘lgan nisbati nurlanish oqimi deb ataladi, ya’ni:

$$\Phi_e = \frac{W}{t} \qquad (1)$$

Jism sirtining birlik yuzidan 1 sekundda chiqariladigan energiya kattaligi energetik yorituvchanligi deb ataladi, ya’ni:

$$R_e = \frac{\Phi_e}{S} \qquad [R_e] = 1\frac{Vt}{m^2} \qquad (2)$$

Yuqorida keltirilgan harakteristikalar nurlanishni spektral tarkibini hisobga olmaydilar. Umumiy holda jismning chiqargan (yutgan) nuri energiyasining miqdori turli xil to‘lqin uzunliklar uchun turlicha bo‘ladi. Shuning uchun ham spektral nur chiqarish (nur yutish) qobiliyati degan tushuncha kiritiladi.

Energetik yorituvchanlikni spektral zichligi deb, to‘lqin uzunliklarining tor interval uchun hisoblangan nur chiqarish qobiliyatiga aytiladi, ya’ni:

$$r_\lambda = \frac{\Delta R_e}{\Delta \lambda} \qquad (3)$$

Jismning yutish koeffitsiyenti – jismning yutgan nuri energiyasini shu jismga tushayotgan hamma nurlar energiyasini nisbatidan iborat, ya’ni:

$$\alpha = \frac{\Phi'_e}{\Phi_e} \qquad (4)$$

Yutish koeffitsiyenti jismning temperaturasiga bog‘liq. Demak, to‘lqin uzunligi va temperaturaning funksiyasidir.

Temperaturalari turlicha bo‘lgan va faqat nur chiqarish va nur yutish yo‘li bilangina energiya almasha oladigan ikkita jismdan iborat sistemani tasavvur qilaylik. Bir oz vaqt o‘tgandan keyin bunday sistemada issiqlik muvozanati yuz beradi. Termodinamik muvozanat holatida energetik yorituvchanlikni spektral zichligini yutish koeffitsiyentiga nisbati o‘zgarmas kattalik bo‘lib, u jismni tabiatiga bog‘liq bo‘lmay, hamma jismlar uchun to‘lqin uzunligi hamda temperaturaning birday (universal) funksiyasi hisoblanadi, ya’ni:

$$\frac{r_{\lambda_1}}{\alpha_{\lambda_1}} = \frac{r_{\lambda_2}}{\alpha_{\lambda_2}} = f(T, \lambda) \qquad (5)$$

Bunday munosabat Kirxgof qonuni deyiladi va quyidagi ma’noni bildiradi:

Jism bir xil nurni qancha ko‘p yutsa, o‘sha nurni shuncha ko‘p chiqaradi.

O‘ziga tushuvchi hamma nur energiyasini har qanday temperaturada butunlay yutadigan jismni absolyut qora jism deb ataladi va bunday jism uchun $\alpha_\lambda = 1$, $\alpha_\lambda < 1$ bo‘lgan jismlar kulrang jismlar deb ataladi.

Tabiatda absolyut qora jismlar mavjud emas. Qurum yoki platina qorasi o‘z xususiyatlari bilan absolyut qora jismga yaqin.

Absolyut qora jismning nurlanishi nazariy tushuntirish fizika tarixida misli ko‘rilmagan darajada katta ahamiyatga ega bo‘ldi – u energiya kvanti tushunchasining kashf etilishiga olib keldi.

Energetik yorituvchanligining temperaturaga bog‘liqligi Stefan-Bolsman qonunida tavsiflanadi:

Absolyut qora jismning energetik yorituvchanligi uning absolyut temperaturasining to‘rtinchi darajasiga proporsionaldir, ya’ni:

$$R_e = \sigma T^4 \qquad (6)$$

bu yerda σ - Stefan-Bolsman doimiysi;

$$\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \frac{Vt}{m^2 \cdot K^4}$$

To‘lqin uzunligining temperaturaga bog‘liqligi Vin qonuni bilan ifodalanadi:

Absolyut qora jismning maksimum nurlanishiga to‘g‘ri kelgan to‘lqin uzunlik absolyut temperaturasiga teskari proporsionaldir, ya’ni:

$$\lambda_m \cdot T = b \qquad (7)$$

bu yerda b – Vin doimiysi;

$$b = 0{,}28979 \cdot 10^{-2} m \cdot K$$

Stefan-Bolsman va Vin qonunlari absolyut qora jism nurlanishining xususiy qonunlaridir. Ular turli temperaturalarda energiyaning to‘lqin uzunliklar bo‘yicha taqsimlanishining umumiy manzarasini bermaydi.

1900 yilda nemis olimi Plank dadil g‘oyani aytgan, bu gipotezaga ko‘ra elektromagnit energiya butunlay aniq alohida porsiyalarda yoki kvantlarda chiqishi va tarqalishi mumkin.

Kvant energiyasining miqdori nurlanish chastotasiga to‘g‘ri proporsional:

$$\varepsilon = h\,v \qquad (8)$$

bu yerda $h = 6{,}62 \cdot 10^{-34}$ J · s – Plank doimiysi yoki kvant ta’siri.

Plank issiqlik nurlanishining kvant harakteri to‘g‘risidagi tasavvurga asoslangan holda absolyut qora jismning energetik yorituvchanligining spektral zichligi quyidagi ifodasini olgan:

$$r_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{k\lambda t}} - 1} \qquad (9)$$

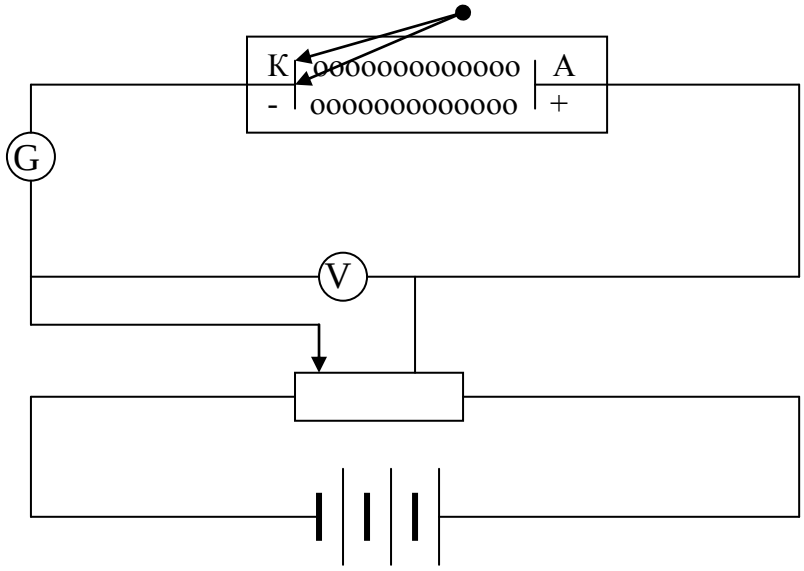
Plank formulasi (9) tajriba ma’lumotlariga to‘lik mos keladi.

Plank nazariyasi asosida Eynshteyn 1905 yilda yorug‘lik kvant nazariyasini yaratdi.

Moddaning yorug‘lik ta’sirida elektronlar chiqarish xodisasi fotoelektrik effekt yoki fotoeffekt deyiladi. Bu hodisani 1887 yilda G.Gers ochgan va 1888 yilda A.G.Stoletov tomonidan tekshirilgan.

Tashqi fotoeffektni metallarda kuzatiladi. Yorug‘lik ta’sirida elektronlarni modda chegarasidan chiqishi tashqi fotoeffekt deb ataladi. Agar elektronlar faqat o‘z atomlari va molekulalari bilan bog‘lanishni yo‘qotsayu, lekin yoritilayotgan moddaning ichida erkin elektronlar sifatida qolsa va shu bilan barcha moddaning elektr o‘tkazuvchanligini oshira borsa, u vaqtda bunday fotoeffektni ichki fotoeffekt deb ataladi.

Tashqi fotoeffektni tekshirishda foydalaniladigan prinsipial o‘lchovi sxema 1-rasmda tasvirlangan.



1-rasm

Batareyaning manfiy qutbi metall plastinka katodga musbat qutbi yordamchi elektrod anodga ulangan. Elektr zanjiri ochiq bo‘lganidan unda tok yo‘q. Yorug‘lik bilan katodni yoritilganda, yorug‘lik undan elektronlarni uzib chiqaradi, ular elektr maydon ta’sirida anodga tomon harakatlanadi. Natijada asbob zanjiridan fototok o‘tadi uni galvonometr bilan o‘lchanadi. Anod bilan katod orasidagi kuchlanish potensiometr yordamida o‘zgartirilishi mumkin.

Stoletov fotoeffektni atroflicha o‘rganib, quyidagi qonunlarini aniqladi tashqi fotoeffekt uchun:

1. To‘yinishi J fototoki yorug‘lik oqimiga to‘g‘ri proporsionaldir:

$$J = k F \qquad (10)$$

Bunda k – proporsionallik koeffitsiyenti bo‘lib, yoritilayotgan

sirtning fotosezgirligi deb ataladi. $[k] = 1\frac{мкА}{лм}$ o‘lchanadi.

2. Tushayotgan yorug‘lik chastotasi ortishi bilan fotoelektronlarning tezligi ortadi va yorug‘likning intensivligiga bog‘liq emas.

3. Fotoeffekt yorug‘likning intensivligiga bog‘liq bo‘lmagan holda berilgan metall uchun fotoeffektning «qizil chegarasi» deb ataladigan aniq minimal chastotadan boshlanadi.

Tashqi fotoeffekt qonunlarini yorug‘qlikning kvant nazariyasi asosida izohlash mumkin. Bu nazariyaga ko‘ra, yorug‘lik oqimining kattaligini vaqt birligida metall sirtiga tushadigan yorug‘lik kvant (foton) larining soni bilan aniqlanadi. Har bir foton faqat bitta elektron bilan o‘zaro ta’sirlashadi. Shuning uchun fotoelektronlarning maksimal soni yorug‘lik oqimiga proporsional bo‘lishi kerak.

Elektron yutgan fotonning energiyasi hv elektronning metalldan chiqishi ishi A ni bajarishga sarflanadi. Bu energiyaning qolgan qismi fotoelektronning kinetik enegiyasi ga sarflanadi ya’ni: $\frac{mV^2}{2}$

$$h\nu = \frac{mV^2}{2} + A \qquad (11)$$

(11) tashqi fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi deb ataladi.

Eynshteyn tenglamasi fotoeffekt xodisasi uchun energiya saqlash qonunini ifodalaydi.

(11) formulaga muvofiq yorug‘likning chastotasi kamayishi bilan fotoelektronlarning energiyasi ham kamayadi. Biror yetarlicha

kichik chastota $\nu=\nu_0$ da (yoki to‘lqin uzunlik λ_0 da) fotoelektron-

larning kinetik energiyasi nolga teng bo‘lib qoladi va $\frac{mV^2}{2} = 0$

bunda fotoeffekt to‘xtaydi. $h\nu_0 = A$ bo‘lganda, ya’ni fotonning hamma energiyasi elektronni chiqarish ishiga sarflangan bo‘ladi. U vaqtda

$$\nu_0 = \frac{A}{h} \quad \text{yoki} \quad \lambda_0 = \frac{hc}{\lambda} \qquad (12)$$

(12) fotoeffektning «qizil chegarasi» ni aniqlaydi. Bu formulalardan fotoeffektning «qizil chegarasi» chiqish ishining kattaligiga, ya’ni fotokatod materialiga bog‘liqligi kelib chiqadi.

Ishlash prinsiplari tashqi fotoeffekt xodisasiga asoslangan asbob fotoelement deb ataladi va u texnikada keng qo‘llaniladi.

Fotoelement yordamida kino «tilga kirdi», tasvirni o‘tkazgichlar orqali masofada uzatish mumkin.

Undan tashqari, fotoelementlar fotoreleda keng qo‘llaniladi. Fotorele yordamida xilma-xil mexanizmlarni ishga keltirish mumkin. Fotorele yordamida detallarni rangi va shakliga qarab sortlash mumkin, elektrodvigatel va stanoklarni ishga tushirish yoki to‘xtatish mumkin, mayaklarni va ko‘cha chiroqlarini o‘z vaqtida yoqib, o‘z vaqtida o‘chiradi.

Oziq-ovqat mahsulotlarini tayyorlash texnologiyasida ham fotorelelardan foydalanish mumkin.

Ichki fotoeffektga asoslangan asboblar yarim o‘tkazgichli fotoelementlar yoki fotoqarshiliklar deb ataladi.

Fotoqarshiliklar ovozli kino, televideniyeda, avtomatika, telemexanikada va signalizatsiyada keng qo‘llaniladi.

Fotoelementlarning yana bir turi – ventilli fotoelementlar ichki fotoeffektga asoslangan.

Ventilli fotoelement tok generatori bo‘lib uning yordamida yorug‘lik energiyasini bevosita elektr energiyasiga aylantirish mumkin.

Quyosh batareyalari deb atalgan kremniyli fotoelementlar batareyalari kosmik yo‘ldoshlari va kemalarda radioqurilmalarni tok bilan ta’minlashda muvaffaqqiyatli qo‘llanilmoqda.

Yorug‘likning chiqishida va yutilishadi namoyon bo‘ladigan xossalari korpuskulyar xossalar deb ataladi. Yorug‘lik zarrachasining o‘zi esa foton yoki yorug‘lik kvanti deyiladi.

Foton, xuddi zarrachalar kabi, energiyaning muayyan porsiyasiga ega va uning energiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\varepsilon = h\,v \qquad (13)$$

Nisbiylik nazariyasiga ko‘ra, energiya bilan massa orasidagi bog‘lanish quyidagi ifoda orqali berilgan:

$$\varepsilon = mc^2 \qquad (14)$$

Plank gipotezasiga muvofiq, fotonni energiyasi quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$\varepsilon = mc^2; \qquad \varepsilon = h\nu \qquad (15)$$

Tenglamalarni o‘ng tomonlarini tenglashtirib, fotonni massasi uchun ifodani hosil qilasiz:

$$m = \frac{h\nu}{c^2} \qquad (16)$$

yoki $s = \lambda\nu$ ni nazarga olsak, u paytda

$$m = \frac{h}{c\lambda} \qquad (17)$$

Fotonning impulsi

$$R = mc \qquad (18)$$

(18) formulada m o‘rniga (16) va (17) formulalar orqali topgan ifodasini yozsak, u paytda:

$$P = \frac{h\nu}{c} \quad \text{yoki} \quad P = \frac{h}{\lambda} \qquad (19)$$

Chastota qanchalik katta bo‘lsa, fotonning energiyasi va impulsi shunchalik katta va yorug‘likning korpuskulyar xossalari shunchalik yaqqol namoyon bo‘ladi.

Nazorat uchun savollar:

1. Issiqlik nurlanishi nima tufayli ro‘y beradi?
2. Issiqlik nurlanishi boshqa elektromagnit nurlanishlardan nima bilan farq qiladi?
3. Fe, Re, r_λ, α lar qanday ma’noga ega?
4. Agar $\alpha < 1$ bunday jism nima deb ataladi?
5. Plank doimiysi nimaga teng?
6. Fotoeffektni turlari.
7. Fotonning harakteristikalari deb qaysi fizik kattaliklarni qabul qilingan?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Issiqlik nurlanishi va uning amaliy ahamiyatini o‘rganib chiqish.

2. Fotoeffekt hodisasini o‘rganib chiqish.
3. Fotoeffekt hodisasiga asoslangan asboblar, qurilmalar to‘g‘risida ma’lumotlarni izlab topish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 2, 8, 10, 13

4.2 Mavzu: Mikrozarrachalarning to‘lqin xususiyatlari

Darsning maqsadi: Zarrachalarning korpuskulyar-to‘lqin ikki yoqlamalikning tabiati, Shryodinger tenglamalari, Geyzenbergning noaniqlik prinsipi to‘g‘risida bilimlar berish.

Asosiy savollar:

1. Zarrachalarning korpuskulyar-to‘lqin ikki yoqlamalikni tabiati
2. De-Broyl to‘lqini ba’zi xususiyatlari
3. Shryodinger tenglamalari
4. Geyzenbergning noaniqlik prinsipi

Tayanch so‘z va iboralar:

Dualizm – dualizm, ikki yoqlamalik.

Korpuskulyar-to‘lqin uzunligi – kvant nazariyasi asosiga ko‘ra mikroob’ektlar ham to‘lqin, ham zarra tabiatiga egadir degan ta’limot.

Shryodinger tenglamasi – kvant mexanikasining asosiy tenglamasidir.

To‘lqin funksiyasi – kvant mexanikasida mikrozarraning holatini ifodalovchi funksiya.

Geyzerberg noaniqlik prinsipi – mikrozarralarning ikki yog‘lama tabiatini aks ettiradi.

Bor nazariyasida kamchiliklar bo‘lgani sababli kvant nazariya asoslari va elementar zarralar tabiati haqidagi tasavvurlarni tanqidiy qarab chiqishga to‘g‘ri keladi. Elektronning aniq koordinatalari va aniq tezlik bilan harakterlanuvchi

kichik mexanik zarra deb tasavvur qilish qanchalik tugallangan fikr ekanligi fiziklar oldida gavdalangan muammolardan biri bo‘ldi.

Yorug‘likning tabiati haqidagi bilimlarimizning chuqurlashishi natijasida optikaviy hodisalarda o‘ziga xos dualizm borligi aniqlandi. Yorug‘likning to‘lqin tabiatini bevosita ko‘rsatuvchi xususiyatlari ham borki, ular yorug‘likning korpuskulyar tabiatini bevosita ko‘rsatadi.

Fransiya olimi Lui de-Broyl dualizm (ikkilanmalik) faqat optikaviy hodisalarga xos xususiyat bo‘lmay, balki u universal ahamiyatga ega degan gipotezani ilgari surdi.

De-Broyl moddaning zarralari korpuskulyar xususiyat bilan birga to‘lqin xususiyatga ham ega deb faraz qilib, modda zarralariga yorug‘lik uchun o‘rinli bo‘lgan bir manzaradan ikkinchisiga o‘tish qoidalarini qo‘lladi. Ma’lumki foton energiya va impulsga ega, ya’ni:

$$E = h\nu \qquad (1)$$

$$P = \frac{h\nu}{c} \qquad (2)$$

bu yerda (1) foton energiyasining formulasi; (2) foton impulsini formulasi.

De-Broyl g‘oyalariga asosan, elektronning yoki boshqa bir zarraning harakati to‘lqin protsessi bilan bog‘liq bo‘lib, uning to‘lqin uzunligi quyidagiga teng6

$$\lambda = \frac{h}{m\nu} \qquad (3)$$

bu yerda $m\nu$ – harakatlanuvchi zarraning impulsi.

De-Broyl gipotezasiga asoslab, Borning birinchi postulatini tushuntirish mumkin, ya’ni:

$$m_e \nu_n r_n = n\frac{h}{2\pi} \qquad (4)$$

(4) formula Borning birinchi postulatining formulasi. (3) formuladan h ni qiymatini ifodalaymiz:

$$h = \lambda \cdot m\nu \qquad (5)$$

(4) formulaga h ni qiymatini (5) dan qo‘yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$2\pi r_n = n\lambda \qquad (6)$$

bu yerda r_n – n orbitaning radiusi;

λ - de-Broyl to‘lqinini uzunligi.

Bu munosabat ko‘rsatdiki, de-Broyl gipotezasi nuqtai nazaridan de-Broyl to‘lqinlarining butun sonlari joylashadigan orbitalar turg‘un (statsionar) bo‘ladi.

Moddaning zarralari to‘lqin xususiyatlariga ega, shuning uchun ularni interferensiya va difraksiyasini kuzatish mumkin.

De-Broyl gipotezasi eksperimental ravishda tasdiqlandi. Devisson va Jermer kristall plastinkada sochilayotgan elektronlar dastasi difraksion manzara hosil qilishini kuzatdilar.

Shtern va uning xodimlari difraksion hodisalar, shuningdek atom va molekulyar dastalarda ham kuzatilishini ko‘rsatdilar. Yuqorida aytib o‘tilgan hamma hollarda difraksion manzara (3) munosabat bilan aniqlanadigan to‘lqin uzunligiga to‘g‘ri keladi.

Shuningdek, elektron, fotonga o‘xshab, ikkilanmalik korpuskulyar – to‘lqin tabiatiga ega. Korpuskuyalr $E = h\nu$ va to‘lqin $\lambda = \frac{h}{m\nu}$ harakteristikalari bir-birlari bilan kvant ta’siri, ya’ni Plank doimiyligi bilan bog‘langan.

Elementar zarralar – elektronlar, protonlar, neytronlar va boshqa oddiy zarralar, shuningdek elementar zarralardan tarkib topgan murakkab zarralar – molekulalar, atomlar, atomlar yadrolari va h.k. mikrozarralar deb ataladi. Mikrozarralarning to‘lqin xususiyatini aniqlash, shu kabi zarralarning tabiatini klassik mexanika to‘g‘ri ifodalab bera olmasligini ko‘rsatdi. Mikrozarralarning to‘lqin xususiyatlarini ham hisobga oluvchi mikrozarralar mexanikasini yuzaga keltirish zarurati tug‘ildi. Shredinger, Geyzenberg, Dirak va boshqalar yuzaga keltirgan yangi mexanika to‘lqin yoki kvant mexanikasi deyiladi.

Shredinger tenglamasi kvant mexanikasining asosiy tenglamasi bo‘lib hisoblanadi. Nyuton dinamikasining tenglamalarini nazariy keltirib chiqarish mumkin emas, balki uni ko‘p tajriba faktlarining umumlashmasidir. Shunga o‘xshash Shredinger tenglamasini ham oldindan ma’lum bo‘lgan munosabatlardan

keltirib chiqarish mumkin emas. Uni boshlang‘ich asosiy faraz deb hisoblab, uning to‘g‘riligini undan kelib chiqadigan natijalarning tajriba faktlari bilan aniq mos tushishi bilan isbotlash mumkin.

Mikrozarraning holati kvant mexanikasida to‘lqin funksiyasi deb ataluvchi funksiya bilan ifodalanib, uni Ψ harfi bilan belgilangan. U koordinatalar va vaqt funksiyasi bo‘lib, quyidagiga teng:

$$-\frac{\eta^2}{2m}\Delta\Psi + U\Psi = i\eta\frac{\partial\Psi}{\partial t} \qquad (7)$$

(7) formula Shredingerning vaqt tenglamasi deb ataladi.

Bu yerda i - mavhum birlik;

η - Palnk doimiysining 2π ga bo‘lingani;

m - zarraning massasi;

Δ - Laplas operatori $\left(\Delta\Psi = \frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\Psi}{\partial z^2}\right)$;

U - zarraning potensial energiyasi.

Ψ to‘lqin funksiyaning ko‘rinishi U potensial energiya orqali, ya’ni boshqacha aytganda zarraga ta’sir qiluvchi kuchlarning harakteri orqali aniqlanishi (7) tenglamadan kelib chiqadi. Umuman aytganda, U kattalik koordinatalar va vaqt funksiyasidir. Statsionar kuch maydoni uchun U vaqtga oshkor bog‘liq emas. Keyingi holda Ψ funksiya ikkita ko‘paytuvchiga ajraladi. Ulardan biri faqat vaqtga, ikkinchisi esa faqat koordinatalarga bog‘liq bo‘ladi:

$$\Psi(x,y,z,t) = e^{-i(E/\eta)t}\Psi(x,y,z) \qquad (8)$$

bu yerda E – zarraning to‘liq energiyasi.

(8) funksiyani (7) tenglamaga qo‘yib quyidagini hosil qilamiz:

$$-\frac{\eta^2}{2m}\Delta\Psi e^{-i(E/\eta)t} + U\Psi e^{-i(E/\eta)t} = i\eta\left(-i\frac{E}{\eta}\right)\Psi e^{-i(E/\eta)t} \qquad (9)$$

(9) tenglamaning hamma hadlarini umumiy bo‘lgan $e^{-i(E/\eta)t}$ ko‘paytmaga qisqartirib, va tegishli almashtirishlarni bajarib, Ψ funksiyani aniqlovchi quyidagi differensial deb tenglamani hosil qilamiz:

$$\Delta\Psi + \frac{2m}{\eta}(E - U)\Psi = 0 \qquad (10)$$

(10) tenglama statsionar holat uchun Shredinger tenglamasi yoki vaqt ishtirok etmagan Shredinger tenglamasi deb ataladi.

Agar $U = 0$ bo‘lgan holda (zarra shartga ko‘ra erkin), ya’ni t ga bog‘liq emas, statsionar holatlar uchun quyidagi Shredinger tenglamasini hosil qilamiz:

$$\Delta\Psi + \frac{2m}{\eta^2}E\Psi = 0 \qquad (11)$$

Bu tenglama $U = 0$ bo‘lgan hol uchun (10) tenglama bilan mos tushadi.

Shunday qilib, erkin harakatlanuvchi zarra uchun Shredinger tenglamasini hosil qildiq.

Shredinger tenglamasining ahamiyatli tomonlari uning yordami bilan fazoning turli nuqtalarida zarraning bo‘lish ehtimolini topish mumkinligi bilangina chegaralanmaydi. Bu tenglamadan va to‘lqin funksiyaga qo‘yiladigan shartlardan bevosita energiyani kvantlash qoidasi kelib chiqadi.

Differensial tenglamalar nazariyasida Shredinger tenglamasi ko‘rinishidagi tenglamalar yuqorida ta’riflangan shartlar, ya’ni bir qiymatlilik, cheklilik va uzluksizlikni qanoatlantiruvchi E parametrning istalgan qiymatlari uchun yechimga ega bo‘lishlari isbot qilinadi. Bu tanlangan qiymatlar parametrning xususiy qiymatlari, tenglamaning ularga mos kelgan yechimlari esa masalaning xususiy funksiyalari deb ataladi.

To‘lqin funksiyalar doim shunday “normalangan” bo‘lishi kerakki, natijada quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\int \psi\psi^* dV = 1 \qquad (12)$$

Integrallash x, y va z o‘zgaruvchilarining hamma o‘zgarish sohalari bo‘yicha bajariladi. (12) integral zarraning bo‘lishi mumkin bo‘lgan hamma hajm elementlaridan topish ehtimollarining yig‘indisini, ya’ni zarraning fazoning biror nuqtasidan topish ehtimolini beradi. Bu muqarrar voqeaning ehtimolidir, shuning uchun u birga teng bo‘lishi kerak.

Kvant mexanikasi statistik harakterga ega ekan. Kvant mexanikasi bo‘yicha zarraning fazodagi o‘rnini yoki zarra harakatlanayotgan trayektoriyani aniqlash mumkin emas. Faqat zarraning fazoning turli nuqtalarida qanday ehtimollikda bo‘lishligini to‘lqin funksiya yordamida oldindan aytib berish mumkin.

Klassik mexanika har bir momentida zarraning egallangan o‘rni va tezligini aniq ko‘rsatib beradi. Ammo haqiqatda esa bunday emas. Kvant mexanikasi mikrozarraning haqiqiy tabiatini ochib beradi. Aniq o‘rin egallash va trayektoriya tushunchalarini mikrozarralarga qo‘llab bo‘lmaydi. Aniq trayektoriya bo‘yicha bo‘lgan harakat bilan to‘lqin xususiyatlarini hech qachon birgalikda qarab bo‘lmaydi.

Mikrozarralarda trayektoriyaning bo‘lmasligi haqidagi tasdiq qator hollarda tajribalardan olingan faktlarga zid bo‘lganday ko‘rinadi. Masalan, Vilson kamerasida mikrozarraning harakat yo‘li tuman tomchilari hosil qilgan ingichka izlar shaklida namoyon bo‘ladi. Elektron-nur trubkasidagi elektronlarning harakatini klassik qonunlar asosida aniq hisoblab topish mumkin. Bu qarama-qarshilik shu bilan tushuntiriladiki, trayektoriya va aniq o‘rin tutish tushunchasini mikrozarralarga qo‘llash mumkin ekan, lekin aniqlik ma’lum darajagacha taqribiy bo‘ladi.

Mikrozarraning fazodan aniq o‘rin olish tushunchasini unga qo‘llash mumkinligining aniqlik darajasi Geyzenberg ko‘rsatgan noaniqlik munosabati orqali beriladi. Bu munosabatga asosan zarra bir vaqtning o‘zida aniq qiymatlarga ega bo‘la olmaydi. Masalan, zarraning x koordinatasi va shu koordinataga mos keluvchi impulsning P_x tashkil etuvchisi bir vaqtda bir xil aniqlikda bo‘lmaydi. Bu kattaliklarning qiymatlari orasidagi noaniqliklar quyidagi shartni qanoatlantiradi:

$$\Delta x \cdot \Delta P \geq \eta \qquad (12)$$

Bunday yozish koordinata va unga mos keluvchi impuls noaniqliklarining ko‘paytmasi η tartibidagi kattalikdan kichik bo‘la olmasligini bildiradi. Bu kattaliklardan biri x yoki P_x qanchalik aniq topilgan bo‘lsa, ikkinchi kattalikning noaniqligi shunchalik katta bo‘ladi. Zarraning shunday holatlari ham bo‘ladiki,

kattaliklardan biri aniq qiymatga ega bo‘ladi, lekin bu vaqtda ikkinchi kattalik butunlay noaniq bo‘ladi.

Noaniqliklar munosabati mikrozarralarning ikkiyoqlama korpuskulyar – to‘lqin tabiatini aks ettiradi. Bu munosabat bir qator muhim natijalarni olish uchun yetarli bo‘ladi. Xususan, u oddiy atom o‘lchamini va bunday atomdagi elektronning minimal energiyasini baholashga imkon beradi.

Nazorat uchun savollar:

1. Zarrachalarning ikki yog‘lamaligi nima?
2. De-Broyl to‘lqinlari nima?
3. Shryodinger tenglamasini fizik ma’nosi.

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Mikrozarralarni tabiati to‘g‘risida ma’lumotlarni izlab topish.
2. Mikrozarralarni to‘lqin va korpuskulyar xususiyatlarini o‘rganib chiqish.
3. Shryodinger tenglamalarini va Geyzenbergning noaniqlik prinsipini o‘rganib olish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 2, 9, 10, 13

4.3 Mavzu: Atomning energetik sohalarining diskretligi. Vodorod atomi tuzilishining kvant nazariyasi

Darsning maqsadi: Atom tuzilishini, atom spektrlarini, atom energiyasi to‘g‘risida bilimlar berish.

Asosiy savollar:

1. Vodorod atomini chiziqli spektrlari
2. Vodorodga o‘xshash sistemalar uchun K.Bor nazariyasi
3. Kvant holatlari. Energiyani kvant ahamiyatlari
4. Kvant mexanikasida vodorodga o‘xshash sistema. Vodorod atomining asosiy holati
5. Harakatning kvant tnglamasi. Fizik kattaliklarni operatorlari to‘g‘risida tushuncha.

Tayanch so‘z va iboralar:

Atom fizikasi – fizikaning atom xossalari, elektron qobiqlari tuzilishi, elektronlar va ionlar xossalari, ularning elektromagnit maydonidagi harakatini o‘rganadigan bo‘limi.

Atom to‘qnashuvlari – atom zarralarining yadro tuzilishi va holati o‘zgarmagan holda o‘zaro ta’sirlashuv jarayoni.

Atom energiyasi – atomlarning markazida joylashgan atom yadrosida sodir bo‘ladigan jarayonlar natijasida ajralib chiqadigan energiya.

Spektr (lotincha spectrum – tasavvur, tasvir) – tizimni yoki jarayonni tavsiflovchi biror-bir fizik kattalikning barcha qiymatlari majmui.

XX asrning boshida har bir atomning tarkibiga elektronlar kirishini to‘liq ravishda tasdiqlangan edi. Shu bilan birga atom yaxlitligicha elektr jihatdan neytral ekanligi ham ma’lum edi. Bundan elektronlarning manfiy zaryadlari atom tarkibiga kiruvchi qandaydir boshqa zarralarning musbat zaryadi bilan kompensatsiyalanishi kelib chiqadi.

1911 yilda ingliz fizigi Rezerford atom tuzilishining yadroviy (planetar) modelini taklif qildi. Bu modelga muvofiq, atomning hamma musbat zaryadi va deyarli butun massasi (> 99,94 %) atomning o‘lchami (10^{-8} sm.) ga nisbatan juda ham kichik o‘lchamga (10^{-13} sm.) ega bo‘lgan atom yadrosida to‘plangan. Yadro atrofi berk (elliptik) orbita bo‘yicha elektronlar atomning elektron qobig‘ini hosil qilib harakatlanadi. Yadro zaryadi elektronlar zaryadi yig‘indisining absolyut qiymatiga teng.

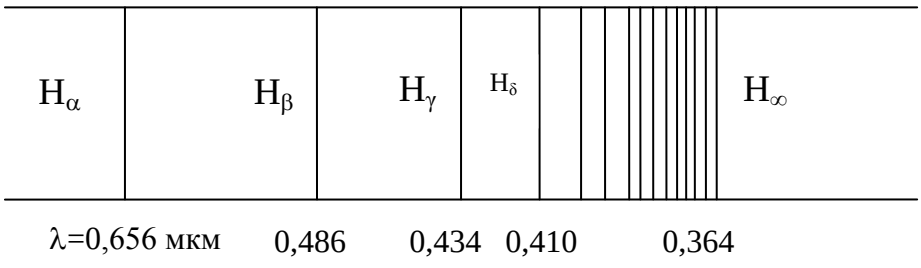
Ammo atom tuzilishi to‘g‘risidagi Rezerford modeli klassik fizika qonunlari doirasida joylashmaydi. Haqiqatan ham klassik elektrodinamika qonunlariga muvofiq elektron yadro atrofida aylanib, ya’ni tezlanishli harakatlanib, elektronning aylanish chastotasiga teng chastotali elektromagnit to‘lqinlarni uzluksiz nurlantirishi kerak. Bunday nurlanish energiyaning uzluksiz kamayishi bilan birgalikda sodir bo‘lganidan, elektron spiral bo‘ylab harakatlanib, asta-sekin

yadroga yaqinlashib borishi va oxiri yadroga tushishi lozim. Elektron yadroga yaqinlashgan sari, elektronning aylanish chastotasi va shu bilan birga elektromagnit nurlanish chastotasi ham uzluksiz o‘zgara borishi kerak. Demak, tutash nurlanish spektrini berishi kerak.

Shunday qilib, klassik fizika nuqtai nazaridan atom tutash nurlanish spektrini beradigan turg‘unmas sistemadan iboratdir. Darvoqe, yuqoridagi ikkala nuqtai nazar ham tajribaga ziddir. Haqiqatda atomlar nurlanishning chiziqli spektrlarini harakterlovchi juda turg‘un sistemadan iborat.

Siyraklashtirilgan gaz yoki metall bug‘lari ko‘rinishdagi izolyatsiyalangan atomlar alohida spektral chiziqlardan iborat spektr chiqaradi. Shu munosabat bilan atomlar chiqargan spektr chiziqli spektr deb nom olgan.

Atom spektrlarini o‘rganish atom tuzilishini bilish kaliti bo‘lib xizmat qiladi. Eng avval atom spektrlaridagi chiziqlar tartibsiz joylashgan bo‘lmay, balki ular guruh-guruh bo‘ladi, yoki boshqacha aytganda chiziqlar seriyalariga ajralishi aniqlangan edi. Buni eng oddiy atom-vodorod atomi spektrida yaqqol ko‘rish mumkin. 1-rasmda atomar vodorod spektrining ko‘rinuvchan va yaqin ultrabinafsha sohasidagi qismi ko‘rsatilgan.



1-rasm

H_α, H_β, H_γ va H_δ simvollar bilan ko‘rinuvchan chiziqlar belgilangan. H_∞ seriya chegarasini ko‘rsatadi. Ravshanki, chiziqlar tartibsiz bo‘lmay, balki ma’lum tartibda joylashadi. Chiziqlar orasidagi oraliq uzunroq to‘lqindan qisqaroq to‘lqinga o‘tgan sari ma’lum qonuniyat bilan kamaya boradi.

Shveyratsiya fizigi Balmer ko‘rinuvchan seriyadagi vodorod chiziqlarining to‘lqin uzunliklari quyidagi formula bilan aniqlanadi, ya’ni:

$$\lambda = \lambda_0 \frac{n^2}{n^2 - 4} \qquad (1)$$

Bu yerda λ_0 - konstanta;

n - butun son, n=3, 4, 5 va h.k. qiymatlarni qabul qiladi.

Balmer vodorodning nurlanish spektrining ko‘rinadigan qismida chastotasi quyidagi empirik formula bilan ifodalanadigan chiziqlar seriyasi borligini aniqlangan:

$$\nu = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad (2)$$

bu yerda n=3, 4, 5, 6…; R – Ridberg doimiysi.

Balmer seriyasi sxematik ravishda 1-rasmda ko‘rsatilgan. Spektral chiziqlarning pastiga ularga mos to‘lqin uzunliklar qiymatlari qo‘yilgan. Chapdan birinchi H_α chiziq ravshan qizil ranga ega. Balmer formulasida unga n=3 mos keladi. H_β chiziq – havo rang (n=4), H_γ chiziq – ko‘k (n=5) va H_δ chiziq – binafsha (n=6). Bu seriyaning qolgan chiziqlari spektrning ultrabinafsha qismida yotadi.

(2) formula, xuddi (1) formula kabi, Balmer formulasi deb ataladi. Vodorod atomining spektral chiziqlariga tegishli seriya esa Balmer seriyasi deb ataladi. Keyingi tekshirishlar vodorod spektrida yana bir necha seriya borligini ko‘rsatdi. Spektrning ultrabinafsha qismida Layman seriyasi mavjud. Qolgan seriyalar infraqizil sohada yotadi. Bu seriyalar quyidagi formulalar ko‘rinishida berilganlar:

Layman seriyasi $\nu = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ n=2, 3, 4 …; (3)

Pashen seriyasi $\nu = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ n=4, 5, 6 … (4)

Vodorod atomi spektridagi hamma chiziqlarga mos chastotalarni quyidagi formula orqali ifodalash mumkin:

$$\frac{1}{\lambda} = R_1\left(\frac{1}{i^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad (5)$$

bu yerda $\frac{1}{\lambda}$ - to‘lqin soni; R_1 – doimiy, R_1=1,097·$10^7 \frac{1}{м}$.

Berilgan i uchun n soni $i+1$ dan boshlab hamma butun sonlarni qabul qiladi. (5) ifoda Balmerning umumlashgan formulasi deb ataladi.

Seriyaning turi	i	n
Layman	1	2, 3, 4 …
Balmer	2	3, 4, 5 …
Pashen	3	4, 5, 6 …

$\lambda = \frac{c}{\nu}$ va $\frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c}$ ni nazarga olib, (3) formulani quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$\nu = R\left(\frac{1}{i^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad (6)$$

bu yerda $R = R_1 \cdot c = 3{,}29 \cdot 10^{15} c^{-1}$ - Ridberg doimiysi.

n ning orta borishi bilan har bir seriyada chiziqning chastotasi seriya chegarasi deb ataluvchi $\frac{R}{i^2}$ chegaraviy qiymatga intiladi. 1-rasmda Balmer seriyasining chegarasi H_∞ simvol bilan belgilangan. $T(n) = R/n^2$ ifodaning

$$\frac{R}{1^2}, \frac{R}{2^2}, \frac{R}{3^2}, \ldots \qquad (7)$$

qiymatlarini olaylik.

Vodorod spektridagi istalgan chiziqning chastotasi (5) qatordagi ikkita sonning ayirmasi shaklida berilishi mumkin. Bu sonlar spektral term yoki to‘g‘ridan-to‘g‘ri term deb ataladi. Spektroskopiyada term deb $2\pi c$ marta kichik qiymatga ega bo‘lgan sonlarga aytiladi. Masalan, Balmer seriyasidagi birinchi chiziqning chastotasi T(2)-T(3) ga teng.

Boshqa atomlar spektrlarini o‘rganish bu hollarda ham chiziq chastotalarini ikkita term ayirmasi shaklida beriladi:

$$\nu = T_1(i) - T_2(n) \qquad (8)$$

Ammo T(n) term odatda vodorod atominikiga nisbatan murakkab ko‘rinishga ega bo‘ladi.

Bu prinsipning haqqoniyligini ko‘pgina tajriba natijalari tasdiqlaydi. Uning isbotlanishi atom tuzilishi bilan, atom ichida ma’lum chastotali spektral chiziqni nurlanishi jarayonlari bilan bog‘liq.

Atomlarning nurlanish va nur yutish spektrlarining chiziqli harakteri atomning energiyani istalgan miqdorda emas, balki aniq porsiyalar-kvantlardagina chiqarishini yoki yutishini bildiradi. Bundan shu kelib chiqadiki, atom aniq, diskret, energetik holatlardagina bo‘la oladi. Atom bir energetik holatdan boshqa enregetik holatga o‘tishida boshlang‘ich va oxirgi, ya’ni nurlanishidan oldingi va keyingi holatlardagi energiyalarining ayirmasiga teng kvant energiyani nurlantirishi yoki yutishi mumkin.

Atomning energetik holatlarining diskretligi to‘g‘risidagi tasavvurga tayanib, daniyalik fizik N.Bor Rezerfordning atom modelini takomillashtirib, atom tuzilishining kvant nazariyasini yaratdi. Bu nazariyaning asosida ikkita postulat, ya’ni Bor postulatlari bor.

1. Elektronlar atomda ixtiyoriy orbitalar bo‘yicha emas, balki aniq orbitalar bo‘yicha harakatlana oladi. Elektronlarning statsionar orbitalarda harakatlanishida energiya chiqarish yoki yutish ro‘y bermaydi.

Statsionar yoki turg‘un deb ataladigan bu orbitalarda elektronning harakat miqdori momenti $\frac{h}{2\pi}$ kattalikka karrali bo‘ladi:

$$m_e v_n r_n = n\frac{h}{2\pi} \qquad (9)$$

bu yerda m_e – elektron massasi; v_n – n orbitada elektronni tezligi; r_n – n orbitaning radiusi; n – kvant son deb ataladigan butun son ($n\neq 0$); h – Plank doimiysi.

Ravshanki, (9) formula orbitalar radiusini kvantlash shartidan iborat.

2. Elektronning bir statsionar orbitadan boshqasiga o‘tishi aniq kvant enregiyani chiqarish yoki yutish bilan sodir bo‘ladi. Kvantning $h\nu$ kattaligi atomning nur sochishdan oldingi va keyingi statsionar holatlari enregiyalari E_1 va E_2 ning ayirmasiga teng:

$$h\nu = E_2 - E_1 \qquad (10)$$

(10) munosabatni chastotalar sharti deb ataladi.

Shunday qilib, atom chiqaradigan elektromagnit to‘lqinlar chastotasi atomdagi elektronlarning aylanish chastotasi bilan emas, balki atomning statsionar holatlari energiyalarining ayirmasi bilan aniqlanadi.

Atomning diskret energiyaviy sathlarining mavjudligi Frank va Gers o‘tkazgan tajribalari bilan tasdiqlangan.

Oddiy atom – vodorod atomini ko‘ramiz. Vodorod atomida bir elementar zaryad e ga ega bo‘lgan yadro atrofida bitta elektron harakatlanadi. Yadro tomonidan elektronga kulon tortishish kuchi ta’sir etadi va unga markazga intilma kuchlanishni beradi. Shuning uchun

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\cdot\frac{ee}{r_n^2}=\frac{m_e v_n^2}{r_n} \qquad (11)$$

bu yerda e – elektron va proton zaryadi.

Borning birinchi postulati ro‘y berishi uchun (9) formuladan foydalanamiz. Bundan v_n tezlikni aniqlaymiz va tezlikni kvadratga ko‘tarib (11) ga qo‘yamiz. (9) formuladan:

$$v_n=\frac{n}{m_e r_n}\cdot\frac{h}{2\pi} \qquad (12)$$

$$v_n^2=\frac{n^2}{m_e^2 r_n^2}\cdot\frac{h^2}{4\pi^2} \qquad (13)$$

(13) ifodani (11) ga qo‘yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\cdot\frac{ee}{r_n^2}=\frac{m_e n^2\cdot h^2}{m_e^2 r_n^2\cdot 4\pi^2 r_n} \qquad (14)$$

Hosil bo‘lgan ifodadan r_n ni topamiz, ya’ni:

$$r_n=n^2\,\frac{h^2\varepsilon_0}{\pi m_e e^2} \qquad (15)$$

(15) formula vodorod atomining statsionar obitalari radiusi ifodasi deb ataladi.

Yadroga eng yaqin orbitaning n=1 radiusi quyidagiga teng:

$$r_Б=0{,}528\cdot10^{-10}\,м$$

r_B – birinchi bor radiusi va atom fizikasida u esa uzunlikni birligi bo‘ladi.

Endi atomdagi elektronning to‘la energiyasini E ni aniqlaylik. Bu energiya elektronning orbita bo‘yicha harakatining kinetik enregiyasi E_k va elektronning yadroga tortilish potensial energiyasi E_n ning yig‘indisidan iborat:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r_n};\ E_n = -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_n};\ E = E_k + E_n = -\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r_n} \qquad (16)$$

Demak, elektronning to‘la enregiyasi manfiy va absalyut kattaligi jihatidan uning kinetik enregiyasiga teng.

Orbita radiusi (15) ifodasini (16) formulaga qo‘yib, quyidagini olamiz:

$$E = -\frac{1}{n^2} \cdot \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} \qquad (17)$$

Bu formulaga ko‘ra istalgan statsionar orbita uchun elektron energiyasini hisoblash mumkin. Masalan, yadroga eng yaqin orbita uchun, n=1 quyidagini olamiz:

$$E = -21{,}68 \cdot 10^{-19}\ Ж = -13б55эВ$$

(17) tenglamadan xulosa chiqadi. Agar n=1 u paytda atom minimal energiyaga ega va asosiy energetik holatda joylashgan. n>1 bo‘lgan holatlar uyg‘onganlar deb ataladi.

Statsionar orbitada bo‘lgan elektronning to‘la energiyasi kattaligini atomning energiya sathi yoki energetik sathi deb ataladi.

(17) formulaga binoan, atomning enregiyasi kvant soni n ning ortishi yoki boshqacha aytganda, elektron orbitasi radiusi ortishi bilan oshadi. Bu yerda E energiyaning manfiyligini e’tiborga olish kerak, shuning uchun uning absolyut qiymatining kamayishiga energiyaning ortishi to‘g‘ri keladi.

Elektron yadroga eng yaqin orbita (n=1)da harakatlanganda atom minimal energiyaga (E= -13,55 eV) elektron eng uzoq orbita (n=∞)da harakatlanganda maksimal enregiyaga (E=0) ega bo‘ladi.

Elektron biror statsionar orbitadan boshqa orbitaga o‘tganda, energiya kvanti nurlanadi, bu energiya kvanti atomning nurlanishidan keyingi energetik sathlarining ayirmasiga teng.

Elektron uzoqroq orbitaga, ya’ni atomning yuqoriroq energetik sathga, o‘z-o‘zidan o‘tishi mumkin emas. Bunday o‘tishni amalga oshirish uchun atomga tashqaridan ma’lum miqdorda energiya berish kerak, ya’ni atomni uyg‘otish kerak.

Shunday qilib, atom tamomila aniq chastotali (uzunlikli) to‘lqinlarnigina chiqarishi va yutishi mumkin, vodorod spektrining chiziqli harakteri ham shu bilan bog‘langan.

Borning ikkinchi postulatidan, elektron biror statsionar orbitadan boshqa orbitaga o‘tganda, energiya kvanti nurlanadi yoki yutiladi:

$$h\nu = E_2 - E_1 = \frac{me^4}{8h^3\varepsilon_0^2}\left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2}\right) \qquad (18)$$

(18) munosabatidan yutgan yoki chiqarilgan fotonning ν chastotasini yoki λ to‘lqin uzunlikgini aniqlash mumkin:

$$\nu = \frac{me^4}{8h^2\varepsilon_0^2}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \qquad (19)$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{me^4}{8h^3\varepsilon_0^2 c}\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \qquad (20)$$

(19) va (20) formulalar serial formulalar deb ataladi. (19) formula Balmerning umumlashtirilgan formulasini ifodalaydi. (20) formulada:

$$R = \frac{me^4}{8h^3\varepsilon_0^2 c} \qquad (21)$$

R – Ridberg doimiysi.

(20) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \qquad (22)$$

(22) formulani empirik serial formulalar (2), (3) va (4) bilan solishtirish shuni ko‘rsatadiki, ular (22) formulaning xususiy hollari ekan. Haqiqatan ham n_1=1 va n_2= 2, 3, 4 … (22) formula Layman seriyasini; n_1=2 va n_2= 3, 4, 5 … Balmer seriyasini, n_1=3 va n_2= 4, 5, 6 … Pashen seriyasini beradi.

Demak, Layman seriyasining spektral chiziqlari vodorod atomi tomonidan elektronning ikkinchi, uchinchi va boshqa orbitalardan birinchiga o‘tishida nur

chiqaradi. Balmer seriyasi chiziqlari elektronning uchinchi, to‘rtinchi, beshinchi va boshqa orbitalardan ikkinchiga o‘tishida nur chiqaradi. Pashen seriyasi chiziqlari elektronning to‘rtinchi, beshinchi, oltinchi va boshqa orbitalardan uchinchiga o‘tishida nur chiqaradi.

Vodorod atomi tuzilishining qarab chiqilgan nazariyasi vodorodsimon atomlar deb ataluvchi, ya’ni faqat bitta elektronga ega bo‘lgan ionlashgan atomlarga ham qo‘llaniladi. Ammo bu holda formulalarni chiqarishda yadro zaryadini C ga emas, balki eZ ga teng deb qo‘yish kerak.

Borning spektral formulasi (22)ni vodorodsimon atomlarga tatbiq qilinganda ushbu ko‘rinishni oladi:

$$\nu = RZ^2\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \qquad (23)$$

Borning kvant nazariyasi fizikaning rivojlanishida g‘oyat muhim ahamiyat o‘ynadi. Kvant nazariyasi vodorod atomi tuzilishini va vodorod spektrining murakkab strukturasini miqdor jihatdan tushuntirib, atom ichidagi protsesslarni o‘rganishga to‘g‘ri yondashish yo‘lini belgilab berdi. Ko‘p elektronli atomlar spektrlarini Bor nazariyasidan bevosita foydalanib hisoblash mumkin emas. Bu nazariyani yanada takomillashtirish, hamma xususiyatlarini miqdor jihatdan tushuntiruvchi hozirgi zamon kvant mexanikasini yaratish bilan tugallandi.

Pauli prinsipiga asosan, atomda to‘rttala (n, λ, m, S) kvant sonlari aynan har xil bo‘lgan ikkita va undan ortiq elektron bo‘lishi mumkin emas. Agar n, λ, m kvant sonlari bir xil bo‘lganda ham $S = \pm\frac{1}{2}$ bilan bir-biridan farq qiladi. Pauli prinsipi atomlarning ichki spektrlarini o‘rganishda va Mendeleev davriy sistemasini nazariy asoslashda katta ahamiyatga ega.

Shunday bo‘lsa-da, Bor nazariyasi ko‘p elektronli atomlar tuzilishining va ularning spektrlarining umumiy belgilarini sifat jihatdan tushuntirish imkonini beradi, jumladan ximiyaviy elementlarning Mendeleev davriy sistemasida joylashish qonuniyatlarini asoslash imkonini beradi.

Shredinger tenglamasining ahamiyatli tomonlari uning yordami bilan fazoning turli nuqtalarida zarraning bo‘lish ehtimolini topish mumkinligi bilangina chegeralanmaydi. Bu tenglamadan va to‘lqin funksiyaga qo‘yiladigan shartlardan bevosita energiyani kvantlash qoidasi kelib chiqadi.

Shredinger tenglamasiga parametr sifatida zarraning E to‘liq energiyasi kiradi. Differensial tenglamalar nazariyasida Shredinger tenglamasi ko‘rinishidagi tenglamalar quyidagi shartlar, ya’ni bir qiymatlik, cheklilik va uzluksizlikni qanoatlantiruvchi E parametrning qiymatlari uchun yechimga ega yuo‘lishalri isbot qilinadi. Bu tanlangan qiymatlar parametrning xususiy qiymatlari, tenglamaning ularga mos kelgan yechimlari esa masalaning xususiy funksiyalari deb ataladi.

Ψ - funksiyaning topilishi bilan u yoki bu dinamik o‘zgaruvchi kattaliklarning qiymati haqidagi masala ko‘tarilmaydi. Ψ - funksiyaning bilganda biron-bir dinamik o‘zgaruvchan kattalikning qiymatini qanday topish mumkin?

Har bir dinamik o‘zgaruvan kattalikka Ψ -funksiya ustidan ma’lum bir matematik operatsiya mos keladiki, uning yordamida o‘zgaruvchining qiymati topiladi.

Boshqacha qilib aytganda har bir dinamik o‘zgaruvchi uchun ma’lum operator mos keladi. Bu operator yordamida o‘zgaruvchining qiymati aniqlanadi.

Nazorat uchun savollar:

1. Rezerfordni atom tuzilishining yadroviy modeli qanday model deyiladi?
2. Spektr deb nimaga aytiladi?
3. Balmer seriyasi nimani aniqlaydi?
4. Atom energiyasi nima?

Talabaning mustaqil ish topshiriqlari:

1. Atomni tuzilishi, xossalari to‘g‘risida ma’lumotlarni izlab topish.
2. Bor postulatlari, Balmer, Lamon va Pashen seriyalarini o‘rganib chiqish.
3. Atom energiyasi, atom elektr stansiyasi, atom energiyasi bo‘yicha xalqaro agentlik (MAGATE)ni o‘rganib chiqish.

Tavsiya etiladigan adabiyotlar ro‘yxati: 2, 8, 9, 10, 13

«Fizika» fanidan test savollari

1. Mexanik harakatning falsafiy ta’rifini bering.
A. Mexanik harakat ob’ektiv reallikning harakatining eng oddiy turi.
B. Mexanik harakat ob’ektiv reallikning shakli.
C. Mexanik harakat ob’ektiv reallikning eng asosiy harakatining turi.
D. Mexanik harakat ob’ektiv reallikning qonuni.

2. Moddiy nuqtaning vaziyatini fazoda nima aniqlaydi?
A. Radius-vektor.
B. Ko‘chish.
C. Sanoq sistemasi.
D. Botib o‘tgan yo‘l.

3. Harakat trayektoriyasiga nisbatan mexanik harakat qanday bo‘ladi?
A. To‘g‘ri chiziqli va egri chiziqli.
B. To‘g‘ri chiziqli tekis harakat.
C. Tekis harakat.
D. Aylanma harakat.

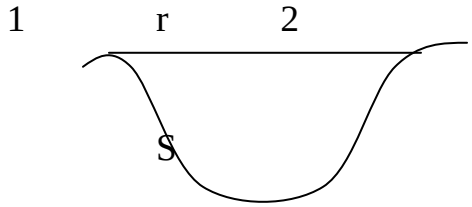
4. Egri chiziqli harakatining kinematik kattaliklari.
A. Og‘ish burchagi, burchak tezligi, tezlanishi, aylanish davri va chastotasi.
B. Burchak tezlanishi va og‘ish burchagi.
C. Aylanish davri va chastotasi.
D. Aylanish davri va burchak tezligi.

5. Moddiy nuqtaning aylana bo‘ylab harakati, harakatining qaysi turiga to‘g‘ri keladi?
A. Egri chiziqli harakatga.
B. Notekis haraktga.
C. Tekis harakatga.
D. Aylanma harakatga.

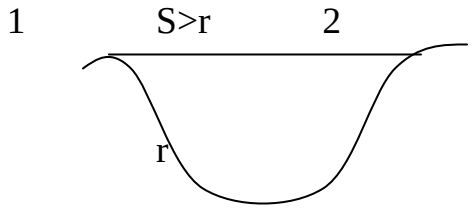
6. Bosib o‘tgan yo‘l qanday o‘lchanadi?
A. Trayektoriya bo‘ylab o‘lchanadi.
B. Vaziyatlar orasida masofa bilan o‘lchanadi.
C. Radius-vektorini o‘zgarishi tufayli o‘lchanadi.
D. Moddiy nuqtani vaziyatini o‘zgarishi tufayli.

7. Egri tarektoriyani qaysi rasmida S va ch to‘g‘ri ko‘rsatilgan?

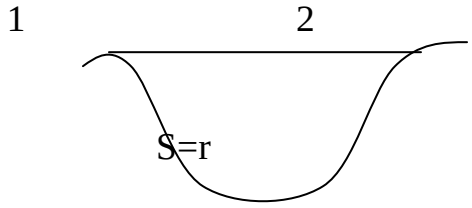
A.



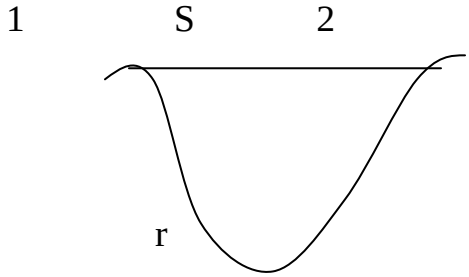
B.



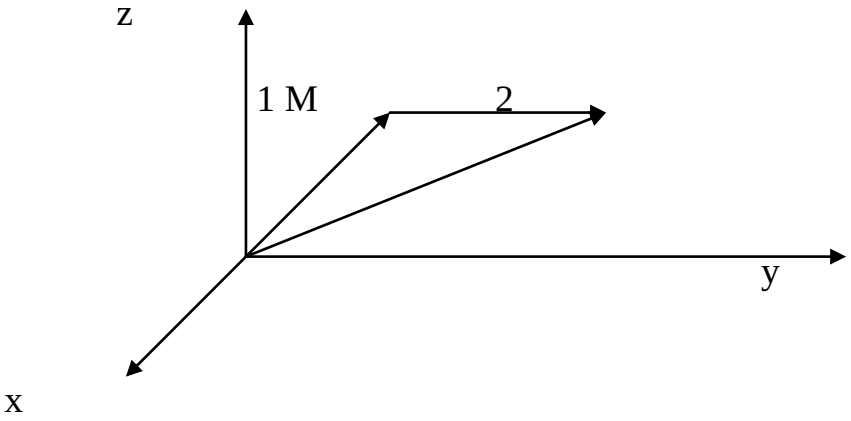
C.



D.

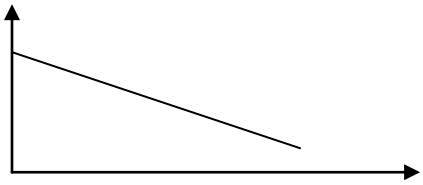


9. Quyidagi rasm qanday ma’noga ega?



A. Moddiy nuqtani fazoda vaziyatini aniqlash rasmi.
B. Moddiy nuqtani bosib o‘tgan yo‘lini rasmi.
C. Moddiy nuqtani harakatini rasmi.
D. Boshlang‘ich va oxirgi vaziyatlarini aniqlovchi rasm.

10. Quyidagi grafikda qaysi kattaliklar orasidagi bog‘lanish ko‘rsatilgan?

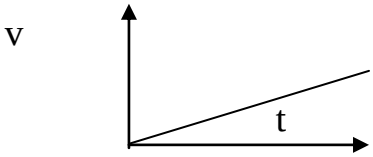


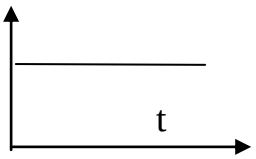
A. $v = f(t)$.
B. $r = f(t)$.
C. $a = f(t)$.
D. $S = f(t)$.

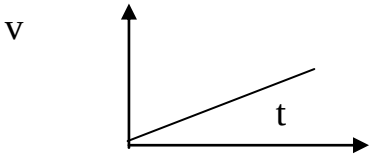
11. Qattiq jismning harakatlari orasidagi bog‘lanishni qaysi formula ko‘rsatadi?

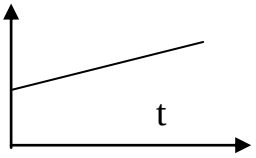
A. $\vec{v} = r\vec{\omega}$;
B. $\vec{\omega} = \vec{v}r$;
C. $v = \frac{dr}{dt}$;
D. $v = \frac{dS}{dt}$;

12. Quyidagi formulaga qaysi rasm mos keladi? $v = v_0 - at$.

A. 

B. 

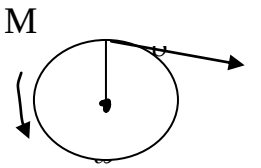
C. 

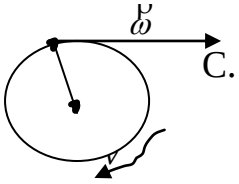
D. 

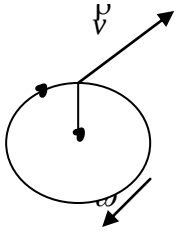
13. To‘la tezlanishning formulasi?

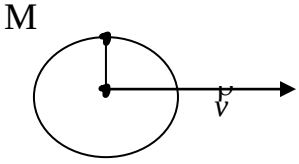
A. $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$
B. $a = \sqrt{a_t^2 - a_n^2}$
C. $a = a_t^2 - a_n^2$;
D. $a = \frac{dv}{dt} + \frac{v^2 R}{}$;

14. Aylanma harakat qilinayotgan moddiy nuqta uchun qaysi rasmda chiziqli tezlikni yo‘nalishi to‘g‘ri ko‘rsatilgan?

A 

B. 

C. 

D. 

15. Impulsning saqlanish qonunini ko‘rsating?

A. $P = const$;

B. $\sum_{i=1}^{n} F_i = d\sum_{i=1}^{n} m_i v_i$;

C. $\sum_{i=1}^{n} F_i = 0$;

D. $F = \frac{dP}{dt}$;

16. Agar harakat to‘g‘ri chiziqli va ch-S bo‘lsa mexanik ishning formulasi qanday bo‘ladi?

A. $A = F \cdot S$;

B. $A = F \cdot ч \cdot \sin\alpha$;

C. $A = F \cdot S \cdot \cos\alpha$;

D. $A = F \cdot S \cdot \sin\alpha$.

17. Dinamikani asosiy qonunini tenglamasi qaysi?

A. $F \cdot \Delta t = \Delta P$;

B. $P = const$;

C. $F = \frac{dP}{dt}$;

D. $\Delta P = const$.

18. Agar $A = F \cdot ч \cdot \cos\alpha$ formulada α = 0 bo‘lsa, u paytda mexanik ish qanday bo‘ladi?

A. $A = A_{\max}$;

B. $A = A_{\min}$.

C. $A = 0$;

D. $A < 0$;

19. Mashinaning foydali ish koeffitsiyenti nimaga teng?

A. $\eta = \frac{A_ф}{A} \cdot 100\%$;

B. $\eta = \frac{A}{A_ф} \cdot 100\%$;

C. $\eta = \frac{A_ф}{N_ф} \cdot 100\%$;

D. $\eta = \frac{N}{N_ф} \cdot 100\%$;

20. Kinetik energiya deb nimaga aytiladi?

A. Kinetik energiya harakat energiyasi.

B. Kinetik energiya jismlarning o‘zaro ta’sir energiyasi.

C. Jismning massasiga bog‘liq energiya.

D. Jismning holatiga bog‘liq energiya.

21. Quvvat formulasi va o‘lchov birligi qaysi?

A. $N = \frac{\Delta A}{\Delta t}$, $[N] = Bm$;

B. $N = \frac{\Delta A}{t}$, $[N] = 1\frac{Bm}{c}$;

C. $N = A \cdot t$, $[N] = 1Ж$;

D. $N = \frac{\Delta W}{\Delta t}$, $[N] = Bm$;

22. Qattiq jism qanday harakatga ega?

A. Ilgarilanma va aylanma.

B. Mexanik harakatga.

C. Tekis harakatga.

D. Aylanma harakatga.

23. Aylanma harakatni kinematik kattaliklari qaysi?

A. $\varphi, \omega, \beta, T, \nu$;

B. S, ω, β;

C. $\varphi, \nu\omega$;

D. ν, β;

24. Harakat qilayotgan qattiq jismni to‘la energiyasi nimaga teng?

A. $W = \frac{m\nu}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$;

B. $W = \frac{I \cdot \omega^2}{2} - \frac{m\nu^2}{2}$;

C. $W = \frac{m\nu}{2} + \frac{I\omega}{2}$;

D. $W = \frac{I\omega^2}{2}$;

25. Mexanik tebranishlarni turlari qanday?

A. Majburiy, so‘nuvchi, erkin.

B. Erkin, majburiy.

C. So‘nuvchi, majburiy.

D. Ko‘ndalang, bo‘ylama.

26. Tebranishlarni eng sodda turini nima tashkil etadi?

A. Garmonik tebranishlar.

B. Majburiy tebranishlar.

C. Erkin tebranishlar.

D. Mexanik tebranishlar.

27. Garmonik tebranma harakatini tenglamasi qaysi?
A. $x = A \cdot \sin \omega t$;
B. $x = A \cdot \sin Tt$;
C. $x = A \cdot \sin 2\pi t$;
D. $x = A \cdot \sin \nu t$.

28. r, S, v, a belgi qanday ma'noga ega?
A. Mexanik harakatni kinetik kattaliklari.
B. Mexanik harakatni kinetik kattaliklari.
C. Ilgarilanma harakatni dinamik kattaliklari.
D. Materiya harakatini belgisi.

29. Avtomashinani spidometri qanday vazifani bajaradi?
A. Harakat tezligini aniqlanadi.
B. Harakat davomida bosib o'tgan masofani o'lchab beradi.
C. Harakatga sarflangan vaqtni o'lchab beradi.
D. Harakatni burchak tezligini aniqlab beradi.

30. Jismlarni bir-biriga nisbatan ta'sir va aks ta'sirlarni nima ifodalanadi?
A. $\vec{F}$;
B. A.
C. $\vec{v}$;
D. $\vec{a}$;

31. Qaysi fizik kattalik sin yoki cos funksiyasini agrumenti bo'ladi?
A φ;
B. $\vec{\omega}$;
C. $\vec{\beta}$;
D. X;

32. Gaz molekulalariga ega bo'lgan tezliklari orasidagi bog'lanish.
A. $\vec{v}_{кв} > \bar{v}_{ap} > v_э$;
B. $\bar{v}_{кв} > v_э > \bar{v}_{ap}$;
C. $\bar{v}_{кв} < \bar{v}_{ap} < v_э$;
D. $\bar{v}_{кв} > \bar{v}_{ap} < v_э$;

33. Menisk nimani aniqlaydi?
A. Suyuqlikni ho'llash va ho'llanmaslik xususiyatini.
B. Suyuqlikni oquvchanligini.
C. Suyuqlikni ho'llanmasligini.
D. Kapillyarlik hodisasini.

34. O‘rtacha arifmetik tezlik formulasini ko‘rsating?

A. $\bar{v}_a = \sqrt{\frac{8}{\pi}\frac{RT}{\mu}}$.

B. $\bar{v}_a = \sqrt{\frac{8}{\pi}\frac{RT}{\mu^2}}$;

C. $\bar{v}_a = \sqrt{\frac{8RT}{\mu}}$;

D. $\bar{v}_a = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$;

35. Issiqlik sig‘imini formulasi va o‘lchov birligi?

A. $c = \frac{dQ}{dT}, \quad [c] = 1\frac{Ж}{К}$.

B. $c = \frac{dQ}{mdT}, \quad [c] = 1\frac{Ж}{кг \cdot К}$.

C. $c = \frac{dQ}{MdT}, \quad [c] = 1\frac{Ж}{моль \cdot К}$.

D. $c = \frac{dT}{dQ}, \quad [c] = 1Ж$.

36. Holat tenglamasini ko‘rsating?

A. $f(P,V,T) = 0$.

B. $f(P,m,T) = 0$.

C. $f(S,V,T) = 0$.

D. $f(P,V,S) = 0$.

37. Kelvin shkalasida - 273 ^{0}S nimaga teng?

A. 0 K;

B. 1 K;

C. 10 K;

D. 100 K;

38. Adibatik protsessni tenglamasi yana nima deb ataladi?

A. Puasson tenglamasi.

B. Puasson koeffitsiyenti.

C. Puasson aksiomasi.

D. Puasson tezligi.

39. Agar P=const bo‘lsa termodinamikaning I qonuni qanday aniqlanadi?

A. $dQ = dU + dA$;

B. $dQ = dU - dA$;

C. $dQ = dU$;

D. $dQ = dA$;

41. Fazoda jismni holatini aniqlaydigan mustaqil koordinatalarni soni deb nimaga aytiladi?
A. Molekulalarni erkinlik darajasini soni.
B. Molekulalarni tezliklarini erkinligi.
C. Molekulalarni energiyasini erkinligi.
D. Molekulalarni erkinlik darajasi.

42. Dalton qonunini formulasini ko‘rsating?
A. $P = P_1 + P_2 + P_3 + ... + P_n$;
B. $V = V_1 + V_2 V_3 + ... + V_n$;
C. $P = P_1 - P_2 - P_3 + ... + P_n$
D. $P = P_1 + P_2 + P_3 + ...P_n$;

43. Issiqlik mashina nimaga misol bo‘ladi?
A. Termodinamik sistemaga.
B. Termodinamik protsessga.
C. Tebranayotgan sistemaga.
D. Yopiq sistemaga.

44. Qaysi protsessda termodinamikani birinchi qonunida dU=0 bo‘ladi?
A. $T = const$;
B. $V = const$;
C. $P = const$;
D. $\rho = const$;

45. Termodinamikaning I qonuni T=const bo‘lganda qanday yoziladi?
A. $dQ = dA$;
B. $dQ = -dU$;
C. $dA = dU$;
D. $dQ = dT$.

46. Barcha mollar uchun Mendeleev-Klapeyron tenglamasi qaysi?
A. $PV = \nu RT$;
B. $PV = RT$;
C. $\nu PV = RT$;
D. $\nu PV = \nu RT$.

47. Tebranma harakatni energiyasi nimaga teng?

A. $W = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2$;

B. $W = \frac{1}{2} m\omega A^2$;

C. $W = \frac{1}{2} m\omega^2 A$;

D. $W = \frac{1}{2} m^2 \omega A$;

49. Termodinamikaning I qonunining formulasini ko‘rsating?

A. $dQ = dA - dM$;

B. $dQ = dA + U$;

C. $Q = U + \Delta A$;

D. $dQ = dU + dA$;

50. Mexanik tebranishlarni kinematik kattaliklari.

A. $\nu, \varphi, T, A, \omega$;

B. $r, \omega, \beta, \varphi, T$;

C. r, S, ν, a, t;

D. $\nu, \omega, t, A, \varphi$

ADABIYOTLAR

1. I.V.Savelev. Umumiy fizika kursi. Toshkent., O‘qituvchi, 1989, 2- b.
2. R.I.Grabovskiy. Fizika kukrsi. Toshkent., O‘qituvchi, 1985.
3. Ismoilov M., Habibullayev P., Xaliulin M. Fizika kursi., - Toshkent, O‘zbekiston, 2000.
4. Abdullayev G. Fizika. - Toshkent, O‘qituvchi, 1989.
5. Savelev I.V. «Umumiy fizika kursi», Toshkent, O‘qituvchi, 1989, 1-bob.
6. Savelev I.V. «Umumiy fizika kursi» - Toshkent, O‘qituvchi, 1988.
7. Rasulmuhamedov A.G, Kamolov J., Izbosarov B.F. «Umumiy fizika kursi» – Toshkent, O‘qituvchi, 1989.
8. Nazarov O‘.Q. Umumiy fizika kursi. Toshkent, O‘zbekiston, 2002, II-jild.
9. Sivuxin D.V. “Umumiy fizika kursi”, Toshkent, O‘qituvchi, 1980, 3-bob.
10. Sivuxin D.V. «Umumiy fizika kursi». Toshkent, O‘qituvchi, 1984, IV jild.
11. Savelev I.V. «Umumiy fizika kursi». Toshkent, O‘qituvchi, 1985, III jild.
12. Volkenshteyn V.S. «Umumiy fizika kursidan masalalar to‘plami». Toshkent, O‘qituvchi, 1985.
13. Axmadjanov O. Fizika kursi. Toshkent, O‘qituvchi, 1989, I, II, III jildlar.
14. Mirashnikov M. Yego velichestvo universalniy zakon soxraneniya i razvitiya prirodi, M., 1999.
15. Sovremennaya fizik. M., 2005.
16. Ilin V.N. Termodinamika i sotsiologiya. Fizicheskiye osnovi sotsialnix protsessov i yavleniy. M., 2005.