

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

**BUXORO OZIQ-OVQAT VA YeNGIL SANOAT
TEXNOLOGIYASI INSTITUTI**



“UMUMIY FIZIKA” kafedrası

**“Oziq-ovqat mahsulotlari texnologiyasi”
fakultetining**

**5541100 “OOT” va 5140900 “MOOT”,
5140900 “M SERVIS”
yo’nalishlari bo’yicha**

**UMUMIY FIZIKA KURSIDAN
I - semestr uchun**

MA’RUZALAR MATNI

BUXORO 2009

Tuzuvchi: professor S.H.Astanov
asisstent R.J.Urunov

Taqrizchi: dotsent Z.A.Mo'minova

Annotatsiya

Ushbu ma'ruzalar matni O'zbekiston Respublikasi Oliy va O'rta maxsus ta'lim Vazirligi tomonidan №104-B 20 avgust 2006 yilda ro'yxatga olingan, №186 10 avgust 2006 yilda tasdiqlangan namunaviy dastur asosida tayyorlangan.

Ushbu ma'ruzalar matni "Umumiy fizika" kafedrasining №3 30 noyabr 2009 yilda kafedra yig'ilishida ko'rib chiqildi.

Ma'ruzalar matni institut uslubiy kengashi tomonidan №4 22 dekabr 2009 yilda tasdiqlandi.

1 - MA'RUZA. FIZIKA FANI. KINEMATIKA ASOSLARI.

Reja:

1. Fizika fani va uning tarkibiy qismlari. Fizika fanining mutaxassislik bilan o'zaro bog'liqligi. Oziq – ovqat texnologiyasi va uning mashina mexanizmlar va jihozlarida qo'llanilishi.
2. Sanoq tizimi. Moddiy nuqta kinematikasi. Moddiy nuqta va uning koordinatalari.
3. Fizik kattaliklar va ularning o'lchov birliklari.
4. Tezlanuvchan va sekinlanuvchan harakat kinematikasi.

Tayanch iboralar: fizikaviy qonunlar, sanoq tizimi, sanoq nuqtasi, moddiy nuqta, fizik kattaliklar: siljish, uzunlik, vaqt, harorat, massa, molyar massa, tok kuchi, yorug'lik kuchi, burchak kattaligi, (tekislikda va fazoda) tezlik, tezlanish, ilgarilanma harakat, tekis harakat va o'zgaruvchan harakat.

Ko'rgazmali qurollar: mavzuga oid slaydlar, plakatlar va komp'yuter texnikasi, fizik kattaliklar va ularning o'lchov birliklari animatsion dasturlar majmuasi, tekis harakatning animatsion dasturi, sanoq tizimida moddiy nuqta koordinatalarini aniqlashdagi animatsion dastur.

Mavzuning borishi

1. Fizika fani va uning tarkibiy qismlari. Fizika fanining mutaxassislik bilan o'zaro bog'liqligi. Oziq – ovqat texnologiyasi va uning mashina mexanizmlar va jihozlarida qo'llanilishi. Fizika, tabiat qonunlarni o'rganuvchi fan. Fizika fanining so'ngi yutuqlari boshqa tabiiy va amaliy fanlarning yanada rivojlanishi uchun zarur bo'lgan yangi o'lchov asboblari texnik qurilmalar va ular asosida yangi ilmiy tadqiqot usullarini yaratishga imkon bermoqda. Juda yuqori bosim, yuqori vakuum, yuqori chastotali elektromagnit maydon, ultratovush, lazer nurlari ta'sirlari sharoitlarida hamda koinot vaznsizlik holati sharoitlarida, kimyo, biologiya, geologiya sohalarida, meditsina va amaliy texnik fanlar sohasida yangi ilmiy izlanishlar olib bormoqda. Fizikaning barcha tabiiy fanlar bilan chambarchas bog'lanishi oqibatida qo'shimcha fanlar: astrofizika, biofizika, fizik-kimyo, geofizikalar hosil bo'lmoqda. Akademik S.I.Vavilov iborasi bilan aytilganda "Fizikaning tomirlari astronomiya, geologiya, kimyo, biologiya va boshqa fanlar ichiga juda chuqur kirib bormoqda".

Fizikada, hodisalarni tabiiy sharoitlarda o'rgatish - kuzatish deb, hodissalarni sun'iy ya'ni laboratoriya sharoitida amalga oshirishni esa eksperiment deb atash odat bo'lib qolgan. Eksperiment kuzatishga nisbatan bir qator afzalliklariga ega:

- a) vaqtni tejash mumkin.
- b) qulay sharoitlar yaratish mumkin.

Tajribalarda yig'ilgan axborotlar hodisani tushuntirish uchun gipotezalar (ilmiy faraz) yaratishga xizmat qiladi. Gipotezani yuzaga

keltiruvchi natijalar tajribalarda tasdiqlanmasa, bunday gipoteza sinovdan o'tmagan, ya'ni xato gipoteza deb hisoblanadi.

Aksincha, gipotezadan kelib chiquvchi natijalar tajribalarda tasdiqlansa gipoteza fizik nazariyaga aylanadi.

Fizika nazariya biror sohadagi bir qator hodisalarni, ularning mexanizmi va qonuniyatlarini tushuntira olishi kerak. Bundan tashqari fizik qonuniyat qayd qilinsa yangi hodisalarni oldindan aytib bera oladi.

Shuni qayd qilish lozimki, nazariyalar ham vaqt o'tishi bilan rivojlantiriladi. Demak, fizik nazariyalarning yaratilishi va sinalishi tajribalar bilan boshlanadi, tajribalar bilan isbotlanadi va rivojtiriladi. O'rta Osiyolik Farobiy, al-Xorazimiy, Beruniy kabi olimlar ijodida tabiatshunoslik fanlari muhim o'rin tutgan. Jumladan X-XI asrlarda yashab ijod qilingan Abu Rayxon Beruniy, Ibn Sino bilan bo'lgan yozishmalarda jismlarning harakati, yer geofizikasi, gidrostatika solishtirma og'irlik, issiqlik o'tkazuvchanlik, jismlarning issiqlikdan kengayishi sovuqlikda torayishi, elektrlanish va magnitlanish xususiyatlari, atmosferadagi fizik hodisalar, yorug'lik nurining qaytish va sinish qonuniyatlari, linzada nurning yo'li va vakuumning mavjudligi hamda moddalarning atom tuzilishi kabi sohalarda qimmatli fikrlarni yozib qoldirib, ba'zilarini tajriba asosida izohlab bergan.

Fizikaning texnikaning rivojlanishi o'zaro chambarchas bog'liq. Fizik kashfiyotlar texnikada fizik qonuniyatlar zahirida ko'riladi. Masalan 1) Elektromagnit to'lqinlarni tarqatish va qayd qilish radiotexnikada hayot bag'ishladi. 2) neytronlar va ular ta'sirida og'ir yadrolar bo'linishning ixtiro qilishida yadroviy energetika asos soldi. Hozirgi vaqtdagi yadroviy tadqiqotlarni zamonaviy texnik taraqqiyotini o'zida mujassamlashtirgan qurilmalarsiz (yadroviy reaktor, sinxrofazotron yarim o'tkazgichli mikrosxemalar, komp'yuterlar) tasavvur qilib bo'lmaydi. Hozirgi zamon energetikasi, radiotexnika, elektrotexnika, avtomatika va boshqa har bir texnikaviy sohani zamonaviy komp'yuterlashgan sohani fizikasiz tasavvur etish qiyin. Fizika va texnika yutuqlari atom energiyasidan tinchlik maqsadlarida foydalanish, xalq xo'jaligining ishlab chiqarish sohasini avtomatlashtirish, qudratli harbiy texnika bazasini yaratish imkoniyatlarini berdi. Demak, fan texnika taraqqiyoti bilan baravar qadam tashlaydigan har bir muxandis fizikasining asosiy qonuniyatlariga oid bilimlarni egalashi shart.

Fizika nurining umumiy tuzilishi. Birliklar tizimi. SI birliklar tizimida asosiy fizik kattaliklarning birliklari. Fizika kursini umumiy tuzilishi quyidagicha:

1. Mexanika.
2. Molekulyar fizika va termodinamika.
3. Elekt va magnetizm.
4. Tebranishlar va to'lqinlar.

5.Optika.

6.Atom va yadro fizikasi elementlari.

Oziq – ovqat texnologiyasi va uning mashina mexanizmlar va jihozlarida qo'llanilishi. Fizika qoidasi yoki jismning o'lchash hamda hisoblash mumkin bo'lgan xarakteristikasi fizik kattalik deyiladi. Fizik kattaliklarni o'lchash deganda, shu kattalik bilan bir xil bo'lgan va bir birlik qilib olingan fizik kattalik bilan taqqoslash tushuniladi. Fizik kattaliklarning ba'zilar to'g'ridan - to'g'ri o'lchansa, ba'zilarini ularning o'zaro analitik bog'lanish ifodasini hisoblab topiladi. Fizik kattaliklarni o'lchash uchun birliklar sistemasi tuziladi. Birliklar sistemasini tuzish uchun esa bir – biriga bog'liq bo'lmagan bir necha fizik kattaliklarni va ularning birliklarini asosiy kattaliklar bilan qonuniy bog'lanish ifodasidan hosil qilinadi. Bunday kattaliklar hosilaviy birliklar deyiladi. Asosiy birliklarning to'plami birliklar sistemasi deyiladi. 1960 yildan boshlab Yer yuzasidagi barcha mamlakatlar o'rtasida o'zaro kelishib olingan xalqaro birliklar sistemasi "SI" qabul qilingan.

XX - asr aloqa tarmoqlarning keskin rivojlanish asri bo'lib hisoblanadi. Bu davrda axborot kommunikasion texnologiyalar davri bo'lib qoladi. Axborotlarni uzatish bu elektromagnit to'lqinlarning tarqalish tezligi bilan amalga oshadi. Axborotlarni uzatish va qabul qilish quyidagi yo'llar bilan amalga oshadi.

1. Radio va televidiniya aloqalari tizimi.
2. Internet tizimi.
3. Uyali telefonlar tizimi.
4. Elektron pochta tizimi.

Bu tizimlarni ishlashda elektromagnit to'lqinlarning manba tomonidan tarqatilishi va ularni yer su'niy yo'ldoshlaridan qabul qilishi, uni kuchaytirib zarur bo'lgan yo'nalish orqali axborot qabul qiluvchilarga yetkazishdan iborat bo'ladi.

1904 yilda O'zbekistonda ishga tushirilgan telefon tarmog'iga 1500 dan ortiq telefon raqami mavjud, shaharlararo 25000 dan ortiq kanal mavjud. Uyali aloqa vositasida esa MTS, Beeline, Coscom, Ucell, Uzmobil, Perfectum mobile kabi aloqalar vositasi xizmat qiladi. Internet tarmog'i orqali ishlaydigan aloqalar vositasida esa quyidagilar mavjud.

- | | | |
|---|---|---|
| 1. www.rambler.ru | 2. www.mail.ru | 3. www.yandex.ru |
| 4. www.yahoo.com | 5. www.mail.uz | 6. www.info.uz |
| 7. www.google.ru | 8. www.ziyo.uz.net | |
| 9. www.ioffe.ru | 10. www.info.com | |

Internet provayderlari: Uzmacom, Buzton, Uzneta va boshqalar mavjud.

2. Sanoq tizimi. Moddiy nuqta kinematikasi. Moddiy nuqta va uning koordinatalari. Yuqorida qayd qilib o'tilganidek, mexanika harakat jism

joylashuvining boshqa jismlarga nisbatan o'zgarishini ko'rsatadi. Demak, uning holati qaysi jismga nisbatan o'rganilayotgan bo'lsa, shu jism go'yoki sanoqning boshiga aylanadi. Poyezd harakati vokzalga, futbol harakati futbolchiga nisbatan joylashuvining o'zgarishiga qarab aniqlanadi. Mexanik harakatni to'la tavsiflash uchun esa uning makon va zamondagi holatini to'la ko'rsata oladigan sanoq sistemasini kiritish zarur. ***Jism bilan bog'langan va unga nisbatan boshqa jismlar yoki moddiy nuqtalarning harakati (yoki muvozanati) o'rganiladigan koordinatalar sistemasi va vaqtni o'lchash asbobidan iborat sistemaga sanoq sistemasi deyiladi.***

Moddiy nuqta kinematikasi. Moddiy nuqta va uning koordinatalari. Moddiy nuqtaning A holatdagi vaziyat r_1 radiusi vektor orqali belgilansa, B holatdagi vaziyat r_2 radius – vektor orqali ifodalanadi. U holda moddiy nuqtaning oxirgi va boshlang'ich vaziyatlarni ifodalovchi radius – vektorlar ayirmasi ya'ni A va B nuqtalarning tutashtiruvchi vektor moddiy nuqtaning ko'chish deyiladi.

$\Delta \vec{r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$. Moddiy nuqta A va B ga yetib keluvchi bir qator oraliq vaziyatlardan o'tadi. Bu vaziyatlarni ifodalovchi nuqtalar to'plami ΔS egri chiziqni tashkil qiladi. Bu egri chiziq moddiy nuqtaning troyektoriyasi deb, egri chiziq uzunligi esa moddiy nuqtalarning bosib o'tgan yo'l deyiladi. Harakat troyektoriyalari to'g'ri va egri chiziqlardan iborat bo'lishi mumkin.

Klassik mexanikada fazo, vaqt izotrop va bir jisimli, ya'ni turli yo'nalishlarida fazodagi barcha nuqtalarning fizik xossalari bir xil deb hisoblanadi. Demak, klassik mexanika tasavvurlariga asosan vaqt fazoga bog'liq emas. Bu haqida Nyuton quyidagicha yozgan:

"Absolyut, haqiqiy yoki matematik vaqt o'z - o'zidan ichki tabiati bilan biror tashqi narsaga bog'liq bo'lmay tekis o'tadi".

Moddiy nuqtaning fazo o'tgan yo'li vaqt bilan quyidagicha bog'langan: $S=f(t)$. Bu tenglama moddiy nuqtaning harakat tenglamasidir. Agar vaqtga nisbatan 3 ta uzluksiz va bir qiymatli funktsiyalar: $X=X(t)$; $Y=y(t)$; $Z=z(t)$ berilgan bo'lsa, moddiy nuqtaning harakati to'la aniqlangan bo'ladi. Bu tenglamalar sistemasi nuqta harakatining kinematik tenglamalari deyiladi. Bu tenglamalar nuqta harakatining vektor tenglamasi $\vec{r} = \vec{r}(t)$ ga ekvivalent: $\vec{r}$ - radius vektor.

3. Fizik kattaliklar va ularning o'lchov birliklari. Xalqaro uzunlik birligi "1 metr" uzunlik kripton - 86 atomining 2P10 va 5d5 sathlari orasidagi o'tishga mos bo'lgan nurlanishning vakuumdagi to'lqin uzunligidan 1650763,73 marta katta bo'lgan uzunlikka teng.

Animatsiya.

Xalqaro etaloni 1 kilogramm (kg). Massa birligi qilib, silindr shaklida yasalgan platina va iridiy qotishmasidan tayyorlangan Xalqaro prototipning massasi qabul qilingan.

Animatsiya.

Xalqaro vaqt etaloni 1 sekund deb, seziy ^{133}Cs atomi asosiy holatining ikki o'ta nozik tebranma sathlari orasidagi o'tishiga mos bo'lgan nurlanish davridan 9192631770 marta katta bo'lgan vaqt oralig'i qabul qilingan. Bu vaqt birligi seziy atomining 9192631770 marta to'la tebranish uchun ketgan vaqtni ifodalaydi.

Animatsiya.

Uglerod-12 ning 0,012 kg massasidagi atomlar soniga teng strukturaviy elementlardan (atom, molekula) tashkil topgan sistemadagi moddanig miqdori 1 mol deb qabul qilingan.

Animatsiya.

Suvning uchlamchi nuqtasini xarakterlovchi termodinamik temperaturaning $1/273,16$ ulushi (1K) 1 Kelvin deb, qabul qilingan.

Animatsiya.

Amper (A) - vakuumda bir-biridan 1m masofada joylashgan ikki parallel, cheksiz uzun, kesim yuzlari juda kichik to'g'ri o'tkazgichlardan o'tganda har bir o'tkazgichning bir metr uzunligida $2 \cdot 10^{-7}$ N o'zaro ta'sir kuch hosil qiladigan o'zgarmas tok kuchiga teng.

Animatsiya.

Kandela deb, suyuq platinaning 2042 K qotish temperaturasidagi va bosim 101325 Pa bo'lganda m^2 ning 600000 bo'lagi bir qismi yuzasidan perpendikulyar yo'nalishda chiqadigan yorug'lik kuchiga teng kattalikka aytiladi.

Animatsiya.

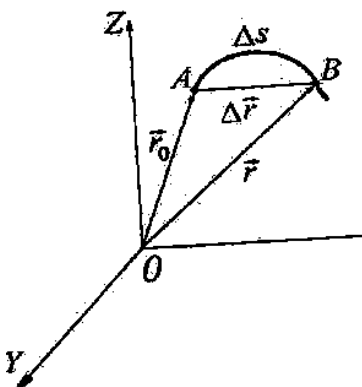
Aylanadan uzunligi radiusga teng bo'lgan yoyni ajratadigan ikki radius orasidagi burchak 1 radian (1 rad) deb qabul qilingan

Animatsiya.

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

Animatsiya.

5. Tezlanuvchan va sekinlanuvchan harakat kinematikasi. Samalyot poyezddan, yengil avtomobil avtobusdan, velosipedchi piyodadan tezroq harakatlanadi degan iboralar qo'llaniladi. Bundan tezroq harakatlanayotgan vosita bir xil vaqt davomida ko'proq masofaga ko'chishi nazarda tutiladi. **Vaqt birligida bosib o'tilgan yo'lga tezlik deyiladi (slyad).**



Tezlik vektori. Tezlik harakatlanayotgan nuqtaning ko'chishiga va buning uchun sarflangan vaqtga bog'liq kattalik ekan. Tezlik nafaqat harakat tezligi, balki uning yo'nalishini ham ko'rsatadigan vektor kattalikdir.

$$\vec{v}_{o'r} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}.$$

Oniy tezlik. A nuqtada bo'lgandagi tezligini topaylik. Shu maqsadda harakatlanish vaqti Δt ni tobora kichraytira boramiz, ya'ni $\Delta t \rightarrow 0$. Δt cheksiz kichraytirib borilganda, o'rtacha tezlik $\vec{v}_{o'r}$ oniy tezlik $\vec{v}$ ga intiladi.

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{v}_{o'r} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}; \quad v = \frac{ds}{dt}$$

Oniy tezlik deb, moddiy nuqta radius – vektoridan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga yoki moddiy nuqtaning berilgan vaqtdagi tezligiga aytiladi.

Tekis harakatda tezlik. Moddiy nuqtaning tekis harakati deb, bir xil vaqt oralig'ida bir xil yo'l bilan o'tiladigan harakatga aytiladi (slayd).

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

Tezlikning SI dagi birligi. $[v] = \frac{[s]}{[t]} = \frac{1m}{1s} = 1 \frac{m}{s}$

Tezlanish. Tezlikning vaqt birligida o'zgarishi deyiladi.

$$\text{O'rtacha va oniy tezlanish } \vec{a}_{o'r} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad \vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{a}_{o'r} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Tezlanishning SI dagi birligi. Tezlanishning ta'rifiga asosan uning birligi quyidagicha aniqlaymiz.

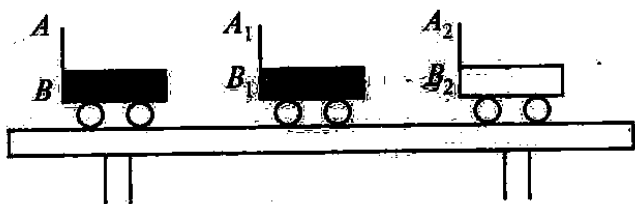
$$[a] = \frac{[v]}{[t]} = \frac{1 \frac{m}{s}}{1s} = 1 \frac{m}{s^2}; \quad a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$$

Ilgarilanma harakatda kinematikasi. Har qanday harakatni ham ilgarilanma, ham aylanma harakatlar yig'indisi sifatida qarash mumkin. Agar qattiq istalgan nuqtasiga biriktirilgan to'g'ri chiziq harakat davomida o'zining dastlabki holatiga parallel bo'lib qolsa, bunday harakatga ilgarilanma harakat deyiladi.

Tezlanuvchan harakat uchun

$$v_t = v_0 + at$$

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$



Sekinlanuvchan harakat uchun $v_t = v_0 - at$; $S = v_0 t - \frac{at^2}{2}$

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar:

1. Fizika fani nimani o'rganadi?
2. Fizika fani qaysi tarkibiy qismlardan iborat?
3. Moddiy nuqtaning jismning geometrik parametrlarga qanday bog'liqligi mavjud.
4. Sanoq nuqtasi sanoq tizimidan qanday parametrlarda farq qiladi.
5. Vektor va skalyar kattaliklar haqida tushuncha bering.
6. SI o'lchov birligida qanday asosiy fizik kattaliklar mavjud? Assosiy fizik kattaliklarni ta'riflang.
7. Hosilaviy fizik kattaliklar va ularning o'lchov birliklari qanday aniqlanadi?
8. Tekis va o'zgaruvchan harakatlar o'zaro qanday farqlanadi?
9. Tezlik nima va ularning o'lchov birligi qanday?
10. Tezlanish nima va ularning o'lchov birligi qanday?

Uyga vazifa

1. Skalyar va vektorlar ustida amallar.
2. www.rambler.ru, www.mail.ru, www.yandex.ru, www.yahoo.com, www.mail.uz, www.info.uz, www.google.ru, www.ziyo.uz.net, www.ioffe.ru, www.info.com ochishni o'rganish.
3. Fizik kattaliklar va ularning o'lchov birliklarni mustaqil o'rganing.

2 - MA'RUZA. AYLANMA HARAKAT KINEMATIKASI. MODDIY NUQTA DINAMIKASI.

Reja:

1. Aylanma harakat va uning parametrlari.
2. Aylanma harakat bilan chiziqli tezliklari orasidagi bog'lanish. Aylanma harakat vaqtida normal va tangensial tezlanishlar.
3. Massa. Mexanikada kuchlar va ularning klassifikatsiyasi.
4. Nyuton qonunlarining oziq-ovqat ta'lim yo'nalishi bo'yicha qo'llanilishi. Harakat miqdori va kuch impulsi.

Tayanch iboralar: burchak tezligi va tezlanishi, to'g'ri chiziq, aylanish chastotasi, aylanish davri, massa, kuch, og'irlik kuchi, elastiklik kuchi, ishqalanish kuchi, reaksiya kuch, markazga intilma kuch, kuch impulsi harakat miqdori.

Ko'rgazmali qurollar: mavzuga oid slaydlar, plakatlar va komp'yuter.

O'tgan mavzuni takrorlash uchun savollar.

1. Fizika fani va uning tarkibiy qismlari nimadan iborat?
2. Moddiy nuqtaning jismning geometrik parametrlarga qanday bog'liqligi mavjud?
3. Vektor va skalyar kattaliklar haqida tushuncha bering.
4. SI o'lchov birligida qanday asosiy fizik kattaliklar mavjud? Asosiy fizik kattaliklarni ta'riflang.
5. Tekis va o'zgaruvchan harakatlar o'zaro qanday farqlanadi.
6. Tezlik nima va ularning o'lchov birligi qanday?
7. Tezlanish nima va ularning o'lchov birligi qanday?

Mavzuning borishi.

1. Aylanma harakat va uning parametrlari. Aylanish davri va chastotasi. *Agar qattiq jismning barcha nuqtalari aylanish o'qi deb ataluvchi ma'lum o'q atrofida aylana bo'ylab harakatlansa, bunday harakatga aylanma harakat deyiladi. Agar material nuqtaning aylanish burchakli tezligi o'zgarmas ($\omega = \text{const}$) bo'lsa, bunday harakatga tekis aylanma harakat deyiladi. Aylanish davri – T deb, material nuqta bir marta to'la aylanib chiqishi uchun, ya'ni 2π burchakka burilish uchun ketgan vaqtga aytiladi.*

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

Moddiy nuqtaning vaqt birligidagi to'la aylanishlar soniga aylanish chastotasi – n deyiladi. $n = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$ yoki $\omega = 2\pi n$. Chiziqli tezlik

chastota va davr bilan quyidagicha bo'ladi. $v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi Rn = R\omega$

2. Aylanma harakat bilan chiziqli tezliklari orasidagi bog'lanish.
Aylanma harakat vaqtida normal va tangensial tezlanishlar. *Aylana bo'ylab harakatlanayotgan moddiy nuqtaning vaqt birligida burilish burchagiga burchak tezlik deyiladi.*

Burchak tezlikning birligi. $[\omega] = \frac{[\varphi]}{[t]} = 1 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 1 \frac{1}{\text{s}} = 1 \text{S}^{-1}$

Matematika kursidan ma'lumki Δs yoyning uzunligi burilish burchagi $\Delta\varphi$ va radiusi R ning ko'paytmasiga teng, ya'ni $\Delta s = R \cdot \Delta\varphi$

Unda chiziqli tezlikning aniqlanish ta'rifiga asosan

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

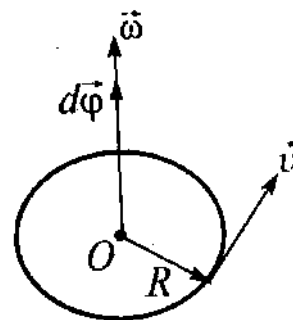
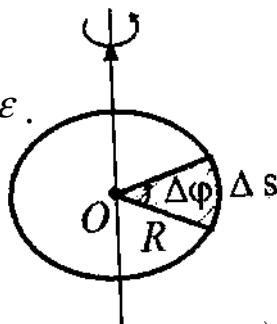
Burchak tezlikning vaqt birligida o'zgarishiga burchak tezlanish deyiladi.
Burchak tezlanishining o'rtacha qiymati.

$$\varepsilon_{o'r} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t}$$

Tezlanishning tangensial tashkil etuvchisi

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{d(\omega R)}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = R\varepsilon.$$

a_t - vektor A nuqtaga urinma bilan ustma-ust tushadi, shuning uchun unga urinma



tezlanish yoki, tangensial tezlanish deyiladi. $\vec{a}_t = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$.

$\Delta\vec{V}$ tezlik o'zgarishini ikki tashkil etuvchiga: tangensial va normal $\Delta\vec{V}_n$ ga ajratish mumkin: $\Delta\vec{V} = \Delta\vec{V}_t + \Delta\vec{V}_n$

Tezlanishning normal tashkil etuvchisi. $a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(R\omega)^2}{R} = \frac{R^2\omega^2}{R} = \omega^2 R$

3. Massa. Mexanikada kuchlar va ularning klassifikatsiyasi.

Massa bu jismda mavjud bo'lgan modda miqdorini belgilaydi. Ma'lum massali jism harakat qilishi uchun unga boshqa jismning ta'siri vujudga kelishi lozm. Mexanikaning dinamika bo'limida jismlar harakatini, mazkur harakatini yuzaga keltiruvchi sabablar mohiyati bilan bog'lab o'rganiladi. Dinamikaning asosiy vazifasi 2 qismdan iborat.

Kuch va jism harakati holatining o'zgarishi orasidagi boholash Nyutonning harakat qonunlarida ifodalanadi. Kuchning koordinata o'qlarida proyeksiyalarini (kuch vektorining komponentlar) x, y, z lar bilan belgilasak, unda harakat tenglamalari quyidagicha bo'ladi.

$$F_x = m \frac{d^2 X}{dt^2}, \quad F_y = m \frac{d^2 Y}{dt^2}, \quad F_z = m \frac{d^2 Z}{dt^2}$$

Kuch vektor kattalik bo'lib, jismga boshqa jismlar maydonlar tomonidan ko'rsatilayotgan mexanik ta'sirning o'lchov hisoblanadi va bu ta'sir natijasida jism yoki tezlanish oladi yoki o'zining shakli va o'lchamlarini o'zgartiradi.

Fizikada kuchni F harfi bilan belgilash qabul qilingan. Kuch ta'sirida jismning mexanik harakati qanday o'zgaradi degan savol tug'iladi.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad \text{yoki} \quad \vec{a} = \vec{F} / m$$

"SI"da kuch birligi [1H=1kg·m/s²].

4. Nyuton qonunlarining oziq-ovqat ta'lim yo'nalishi bo'yicha qo'llanilishi. Harakat miqdori va kuch impuls. I-qonuni: Agar jismga

boshqa jismlar ta'sir etmasa, u o'zining tinch yoki to'g'ri chiziqli tekis harakat holatini saqlaydi.

$\vec{F} = 0$ bo'lsa $\vec{a} = 0$ yoki $\vec{v}_0 = \text{const}$ bo'ladi tinch turgan jism uchun.

Albatta tashqi ta'sirdan butunlay holis bo'lgan jismning o'zi yo'q. Nyutonning I qonunini ideal shaklda tekshirib ko'rish ancha murakkab. Nyutonning buyukligi ham shundaki u tajribada tekshirib bo'lmas darajadagi fikrni, ya'ni hech qanday tashqi ta'sir bo'lmaganda jism to'g'ri chiziqli tekis harakatini saqlash mumkinligini aytib oladi.

II qonun kuch (F), jism massasi (m) va shu kuch ta'sirida jism olgan tezlanish (a) orasidagi bog'lanish aks ettiradi.

U holda Nyutonning II qonuniga quyidagicha ta'rif bersa bo'ladi:

Inertsial sanoq sistemasida jism erishadigan tezlanish ta'sir etuvchi kuchga to'g'ri proporsional va u kuchining ta'sir tomoniga qarab yo'nalgan.

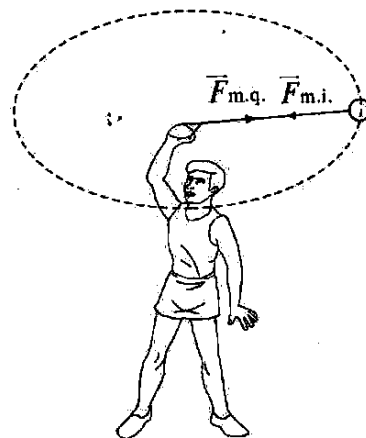
$$F = m \frac{dv}{dt} \quad \text{biz bilamizki} \quad a = \frac{dv}{dt} \quad \text{tezlanish} \quad \vec{F} = \frac{d(m \cdot \vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

bu yerda $P = m \cdot v$ jism harakat miqdori.

Bu formula Nyutonning II qonunining umumiy ko'rinishi.

III qonuni. Bu qonun ta'sir va aks ta'sir to'g'risidagi qonundir. Tabiatda mavjud bo'lgan barcha jismlar o'zaro ta'sirlashadi.

Ta'rif: Ikki moddiy nuqtaning o'zaro ta'sir kuchi miqdoran teng, qarama-qarshi yo'nalgan bo'lib, bu nuqtalarni to'qnashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'ylab ta'sir etadi. $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} = m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2$ bunda, $a_1 = -m_2 \cdot a_2 / m_1$ ya'ni o'zaro ta'sirlashuvchi jismlar massalariga teskari proporsional va bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan tezlanish bilan harakatlanadi. Demak, ta'sir kuchli bir - biriga tegadigan jismlardan birining deformatsiyalanishi yoki tezlanish olishi tarzida namoyon bo'lsa, aks ta'sir kuchi 2 chi jismning deformatsiyalanishi yoki tezlanish olishi sifatida namoyon bo'ladi.



Nyutonning II qonuniga ko'ra
$$F \Delta t = m \frac{v_1 - v_2}{\Delta t}$$

$F \Delta t = m v_2 - m v_1$. Shunday qilib kuch impulsi harakat miqdorining o'zgarishiga teng bo'ladi. Kuch – impulsi harakat miqdoridan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli differensialga teng bo'lib, impuls o'zgarishining yo'nalishi bo'yicha yo'nalgan bo'ladi.

$\vec{F} dt = d\vec{P}$. Bu ifodagi kuchning uni ta'sir vaqtiga ko'paytmasi **kuch impulsi** deyiladi. Demak, kuch impulsi mexanik impuls o'zgarishiga teng.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar:

1. Aylanma harakat deb qanday harakatga aytiladi.
2. Kompyuter texnikasidagi aylanma harakatga misollar oling.
3. Burchakli tezlik nima?
4. Burchakli tezlanish nima?
5. Normal va tangensial tezlanishlar qanday aniqlanadi.
6. Mexanikaning dinamika qismi nimani o'rganadi?
7. Massa deb nimaga aytamiz?
8. Nyuton qonunlarni ta'riflang.
9. Kuch impulsi bilan harakat bog'lanish orasida qanday bog'lanish mavjud.

Uyga vazifa

1. Internet saytidan aylanma harakatga doir ma'lumotlarni mustaqil tayyorlang.
2. Erkin tushish, yuqoriga tik otilgan jism harakati. Yuqoriga ko'tarilish va tushish vaqtlari o'rtasidagi munosabat.
3. Kuchlar klasifikatsiyasini mustaqil o'rganish.
4. Nyuton qonunlarining animatsion dasturini mustaqil o'rganish.

3 - MA'RUZA. SAQLANISH QONUNLARI.

Reja:

1. Saqlanish qonuni va uning mohiyati.
2. Massa va harakat miqdorining saqlanish qonuni.
3. Impul's momentining saqlanish qonunlari.
4. Energiya va uning saqlanish qonunlari.

Tayanch iboralar: massa, harakat miqdori, saqlanish qonuni, energiyaning saqlanish qonuni.

Ko'rgazmali qurollar: mavzuga oid slaydlar, plakatlar va kompyuter.

O'tilgan mavzuni takrorlash.

1. Mexanikaning dinamika qismi nimani o'rganadi?
2. Inersial va gravitatsion massa orasidagi farqni tushuntiring.
3. Kuch impulsi bilan harakat bog'lanish orasida qanday bog'lanish mavjud.

Mavzuning borishi.

1. Saqlanish qonuni va uning mohiyati. Fizika matetriyaning umumiy xossalari, moddalar va maydonlarning harakat qonunlarini o'rganishini biz bilamiz. Materiyaning, ya'ni moddalarining va maydonlarning harakati esa

makon va zamonda ro'y beradi. Shunday ekan, makon va zamonda ro'y beradigan barcha jarayonlarni ma'lum tartibga solib turadigan universal qonunlar mavjudmi degan savol tug'uladi. Bunday qonunlar mavjud va fizikada ular **saqlanish qonunlari** deyiladi.

2. Massa va harakat miqdorining saqlanish qonuni. Jismning massasi unda mavjud bo'lgan modda miqdorini ifodalaydi. Klassik mexanikada massa to'g'risida quyidagilar mavjud.

a) Moddiy nuqtaning massasi uning harakatiga, holatiga bog'liq bo'lmay, nuqtaning o'zgarmas xarakteristikasidir.

b) Massa additiv miqdor, ya'ni jismning massasi shu jismning tashkil etuvchi moddiy nuqtalar massalarining yig'indisiga teng. $m = \sum_{i=1}^n m_i$

v) Yopiq tizim massasi shu tizimda yuz berayotgan har qanday jarayonda ham o'zgarmaydi (massaning yoki modda miqdorining saqlanish qonuni.)

Harakat miqdorining saqlanish qonuni. Kuch ta'sir etguncha moddiy nuqtaning impulsi o'zgarmaydi. $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} = 0; \quad \vec{P} = const$

Yopiq sistemada uchun impulsning saqlanish qonuni. Buning uchun yopiq sistemada kiruvchi har bir moddiy nuqtaning impulsini yozib olaylik.

Moddiy nuqtaning impulsi. $\vec{P} = m\vec{v}$ ko'rinishdagi vektor kattalik bilan aniqlanishi bizga ma'lum. Yopiq sistemaning to'la impulsi $\vec{P}$ sistemaga kiruvchi har bir moddiy nuqta impulsining $m_1\vec{v}_1, m_2\vec{v}_2, \dots, m_n\vec{v}_n$, geometrik yig'indisidan iborat bo'ladi, ya'ni $\vec{P} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \dots + m_n\vec{v}_n = \sum_{i=1}^n m_i\vec{v}_i$. Yopiq

sistema uchun $\vec{P} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot \vec{v}_i = const$.

O'zgaruvchan massali jismlarining harakati.

Reaktiv harakat. Markaziy maydondagi harakat.

Kepler qonunlari. Sharlarning urilishi.

O'zgaruvchan massali jism deganimizda klassik mexanik qonunlariga bo'ysinib o'zining harakati davomida massasi o'zgaradigan, ya'ni massasi kamayishi yoki ortishi mumkin bo'lgan jismlar tushuniladi. Masalan, yoz kunlari ko'cha mashinalarda suv sepilganda, raketalar va reaktiv samalyotlarda yonilg'i yonishi natijasida Yerning massasi ortadi va hokazo. Ammo tezlik ortishi bilan massasi o'zgarmaydi. Nyutonning II qonuni umumiy ko'rinishda ifodalasak

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

Massa o'zgarishi bilan tezlik kattaligi ham o'zgaradi, umumiy holda kuch yo'nalishi bilan mos tushmaydi va tezlanishning kuchga to'g'ri mutanosibligi saqlanmaydi. Agar kuch yo'nalishi tezlik yo'nalishi bilan bir yo'nalishda yoki kuch tezlikka tik holatda yo'nalsa, tezlanish bilan kuch bir yo'nalishda bo'ladi.

Endi impulsning o'zgarishda foydalanib o'zgaruvchan massali jism harakatini qaraymiz. Buning uchun vaqt o'tishi bilan massasi o'zgaruvchan raketa harakati bilan tanishamiz. Harakat davomida raketaning massa markazi o'zgarmaydi. Shundan kelib chiqib, o'zgaruvchan massali nuqtaning harakat tenglamasi quyidagicha ifodalanadi.

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \vec{a} = \vec{F} + (\vec{v}_1 - \vec{v}_2) \frac{dm}{dt} = \vec{F} + \vec{u} \frac{dm}{dt}$$

mesherskiy tenglamasi deyiladi. Bunda $\vec{u}$ nisbiy tezlik (chiqayotgan gazning tezligi) bo'lsa, bu tenglik o'zgarmas massali jism uchun Nyutoning II qonuni ifodasiga o'tadi. $\vec{F} = \vec{u} \frac{dm}{dt}$ o'zgaruvchan massali jismga ta'sir etuvchi reaktiv kuchdir. Bu reaktiv kuchni hisobga olganimizda quyidagi ko'rinishni oladi:

$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} + \vec{F}_p$. Reaktiv harakat deb jismning biror qismi undan qandaydir tezlik bilan otilib chiqqanda jismning olgan (qarama – qarshi yo'nalgan) harakatiga aytiladi. Reaktiv harakatni hosil qiluvchi kuchga orqaga itarish kuchi yoki reaktiv kuch deyiladi.

Birinchi reaktiv ko'chuv apparat - raketaning loyihasini 1881 yilda N.I.Kibalchich tavsiya qilgan planetalar aro fazo – kosmosda uchish nazariyasini yaratishda K.E.Tsiolkovskiyni ishlar katta ahamiyatga egadir. Uning g'oyalarini S.P.Korolyov rahbarligidagi olimlar amalga oshiradilar.

Suyuq yonilg'i bilan ishlaydigan birinchi raketa 1940 yilda erkin uchirildi.

3.Impuls momentining saqlanish qonunlari. A moddiy nuqtaning harakatsiz O nuqtaga nisbatan impuls (harakat miqdori) momenti deb, quyidagi vektorial ko'paytma bilan aniqlanadigan fizik kattalikka aytiladi.

$$\vec{L} = [\vec{r} \cdot \vec{p}] = [\vec{r} \cdot m \vec{v}]$$

Impuls momenti vektorining moduli.

$$L = r \cdot p \cdot \sin \alpha = m v r \sin \alpha = p \cdot l$$

Impuls momenti uchun quyidagi ifoda yoziladi: $L = J \cdot \omega$

Qattiq jism aylanma harakat dinamikasining qonunini yozamiz. $d\vec{L} / dt = \vec{M}$

Agar sistema yopiq bo'lsa, unda tashqi kuchlar momenti nolga teng bo'ladi, ya'ni $\vec{M} = 0$. Bu holda quyidagi ko'rinishni oladi: $d\vec{L} / dt = 0$

Agar o'zgarmas kattalikning hosilasigina nolga teng bo'lishini nazarda tutsak $\vec{L} = \text{const}$.

Impuls momentining saqlanish qonuni. Yopiq sistemada impuls momenti saqlanadi, ya'ni vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi. Oldin ta'kidlaganidek impuls momentining saqlanish qonuni tabiatning fundamental qonunlaridan biri bo'lib, u fazo izotropligining natijasidir.

4. Energiya va uning saqlanish qonunlari. Kinetik va potensial energiya. Faraz qilaylik v tezlik bilan harakatlanuvchi m massali 1 jism (moddiy nuqta nazarda tutiladi) borib urilgan 2 jismga f kuch bilan ta'sir qilsin dt vaqt ichida kuch qo'yilgan nuqta $ds = vdt$ ga ko'chadi va natijada 1 jism 2 jism ustida $dA = fds = fvd t$ ish bajaradi. Ravshanlik berilgan holda 1 jism harakatlanayotganligi tufayli ega bo'lgan energiya zapasi hisobiga, ya'ni shuning uchun 1 jism bajargan ishni uning kinetik energiyasining kamayishiga¹ tenglashtirish mumkin: $dA = -dT$ u vaqtda e'tiborga olib quyidagini topamiz: $dT = -fvd t$.

Nyutonning uchinchi qonuniga binoan 2 jism 1 jismga $f' = -f$ kuch bilan ta'sir ko'rsatganligi tufayli 1 jismning tezligi dt vaqt ichida quyidagicha orttirma oladi:

$dv = \frac{1}{m} f' dt = -\frac{1}{m} f dt$. Keyingi tenglikning ikkala qismini mv ga skalyar ko'paytirib quyidagini topamiz: $mv dv = fvd t$. Solishtirib dT uchun quyidagi ifodani topamiz: $dT = -mv dv$; $dT = mvdv = d\left(\frac{mv^2}{2}\right)$

Potensial energiya. Biror boshlang'ich 0 nuqta uchun funksiyaning U_0 ga teng ixtiyoriy qiymatini qabul qilamiz. Funktsiyaning bir nuqtadagi U_1 qiymatini topish uchun U_0 ga jism 1 nuqtadan 0 nuqtaga ko'chayotganda maydon kuchlari jism ustida bajargan A_{10} ishni qo'shamiz: $U_1 = U_0 + A_{10}$

$U(r)$ funksiyaning konkret ko'rinishni kuch maydonining xarakteriga bog'liq bo'ladi. Masalan, og'irlik kuchi maydonida Yer sirti yaqinida m massali jismning potensial energiyasi quyidagi ko'rinishga ega: $U = mgh$

Prujaning potensial energiyasi x siljish masofasi bilan quyidagicha

$$\text{bog'langan: } U = \frac{kx^2}{2}$$

Jismlar sistemasining to'la mexanik energiyasi. Umumiy holda jism bir vaqtda ham kinetik energiyaga, ham potensial energiyaga ega bo'lishi tashkil qiladi. Masalan, Yer sirtidan h balandlikda Yerga nisbatan v tezlik bilan

harakatlanayotgan M jism $E = \frac{mv^2}{2} + mgh$.

Potensial va energiyalar bir birlariga aylanishi mumkin. Avval tinch jismning h balandlikdan erkin tushish holini tekshiraylik. Tushish

boshlanishidan avval jismning kinetik energiyasi nolga teng (jism tinch holatda) potensial energiyasi esa mgh ga teng. Tushishning oxiriga kelib jismning tezligi $v = \sqrt{2gh}$ ga va demak, kinetik energiyasi $\frac{m(\sqrt{2gh})^2}{2} = mgh$; $U_1 - U_2 + A' = T_2 - T_1$

Formuladagi a'zolari tegishli ravishda gruppalar quyidagini topamiz:

$(T_2 + U_2) - (T_1 + U_1) = A'$. Nihoyat, sistema to'la energiyasi $E = T + U$ belgisini kiritsak, quyidagi munosabatni topamiz: $\Delta E = E_2 - E_1 = A'$.

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

Agar sistema yopiq bo'lsa, u vaqtda $\Delta E = E_2 - E_1 = A'$ ga binoan $\Delta E = 0$ bundan $E = \text{const}$.

Mexanikada energiyaning saqlanish qonuni. To'liq mexanik energiya deb uning kinetik va potensial *energiyalarining yig'indisiga* aytiladi. $E = E_k + E_p$

To'liq mexanik energiya saqlanadimi? To'liq mexanik energiya saqlanadi, ya'ni vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi: $E = E_k + E_p = \text{const}$

Tabiatda energiyaning saqlanish qonuni bajariladimi? Energiya hech qachon yo'qolmaydi ham, yo'qdan paydo ham bo'lmaydi. U faqat bir turdan boshqasiga aylanishi mumkin.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar:

1. Saqlanish qonunlarining mohiyati nimada?
2. Harakat miqdori va uning saqlanish qonuni qanday fizikaviy mohiyati mavjud?
2. Kuch potensial maydoning mohiyati nimadan iborat.
3. Kinetik energiya nima?
4. Potensial energiya nima?
5. Energiya saqlanish qonuni nimadan iborat?

Uyga vazifa

Saqlanish qonunlarining qo'llanilishi.

4 - MA'RUZA. SAQLANISH QONUNLARINING QO'LLANILISHI. MEXANIKADA NISBIYAT PRINSIPI.

Reja:

1. Saqlanish qonunlarining qo'llanilishi.
2. Nisbiyat nazariyasida Galiley almashtirishlari.
3. Maxsus nisbiyat nazariyasi.
4. Tezliklarni qo'shish. Massa, uzunlik va vaqtning nisbiyati.

Tayanch iboralar: harakatning nisbiyligi, inersial, noinersial, sanoq tizimi, Eynshetn, Galiley, Lorens almashtirishlari, massa, uzunlik, vaqt.

Ko'rgazmali qurollar: mavzuga oid slaydlar, plakatlar.

O'tilgan mavzuni takrollash.

1. Massaning saqlanish qonunini tushuntiring.
2. Harakat miqdori bilan kuch impuls orasida qanday bog'lanish mavjud?
3. Harakat miqdorining saqlanish qonuni nimadan iborat?
4. Kuch potensial maydoning mohiyati nimadan iborat.
5. Kinetik energiya nima?
6. Potensial energiya nima?
7. Energiya saqlanish qonuni nimadan iborat?

Mavzuning borishi.

1. Saqlanish qonunlarining qo'llanilishi. Ikki shardan iborat berk sistema uchun impulsning saqlanish qonuni:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) V^1$$

$$V^1 = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

Mutloq elastik urilish.

Mutloq elastik urilishda tizim impulsning saqlanish qonuni va mexanik energiyasining saqlanish qonuni bajariladi va undan tezliklar quyidagicha aniqlanadi.

$$v_1' = \frac{2m_2 v_2 + (m_1 - m_2) v_1}{m_1 + m_2}; \quad v_2' = \frac{2m_1 v_1 + (m_2 - m_1) v_2}{m_1 + m_2}$$

Kosmik tezliklar. Birinchi kosmik tezlik. $v_1 = \sqrt{\frac{GM_{Yer}}{r}}$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot m^2}{kg}, \quad M_{Yer} = 5,98 \cdot 10^{24} kg, \quad r = 6,37 \cdot 10^6 m \quad \text{qo'ysak birinchi}$$

kosmik tezlik quyidagi qiymatga teng bo'ladi. Yer sirtida $v_1 = 7,9 \text{ km/s}$.

$$\text{Ikkinchi kosmik tezlik. } v_2 = \sqrt{\frac{2GM_{\text{yer}}}{r}} = \sqrt{2}v_1$$

Yerning sirtidan ko'tarilishda $v_2 = 11,2$ km/s bo'ladi.

Jism Quyosh tizimi chegarasidan uzoqlasha olishi uchun nafaqat Yerning, balki Quyoshning ham tortishish kuchini yengishi uchun unga berilishi kerak bo'lgan eng kichik v_3 tezlikka uchinchi kosmik tezlik deyiladi.

2. Nisbiyat nazariyasida Galiley almashtirishlari. Galileyning nisbiylik prinsipi (yoki klassik mexanika) ta'kidlaydiki, Mexanika qonunlari barcha inersiya sanoq tizimlari uchun o'zgarmasdir. Masalan, Nyutonning II-qonuni ($F=ma$) biror K inertsial sanoq sistemasi uchun bajarilsa, shu sanoq tizimiga nisbatan o'zgarmas tezlik bilan harakat qilayotgan K^1 sistema uchun ham bajariladi. Ikkala sanoq tizimi ham teng kuchli bo'lib tezlikning o'zgarish sura'ti, tezlanish ikkala tizimga nisbatan ham bir xildir. Biror jismning K sanoq tizimiga nisbatan koordinatasi ma'lum bo'lsa. K^1 tizimidagi kuzatuvchiga nisbatan koordinatasini Galiley almashtirishlari yordamida quyidagicha yoziladi.

$$x=x^1+v_0t; \quad y=y^1; \quad z=z^1 \quad \text{va} \quad t=t^1$$

Nyuton dinamikasida vaqt ham massa ham absolyut miqdordir. Ya'ni ularning son qiymatlari barcha inertsial sanoq sistemalari uchun bir xil bo'lib, tezlikka bog'liq emas edi, ya'ni $m=m^1$ va $t=t^1$. Endi biror jismning uzunligi, tezligi, tezlanishi va kuchni ikkala sistemada aniqlaylik.

$$l=l^1; \quad F=F; \quad a=a^1; \quad v = v_1 + v_0$$

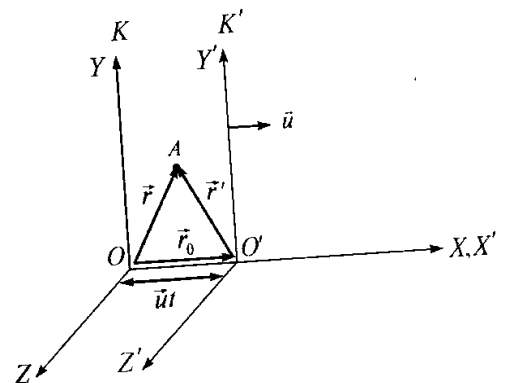
demak, bir sanoq sistemadan ikkinchi sanoq sistemasiga o'tganda biror kattalikning qiymati o'zgarmasa bu kattalik mazkur almashtirishga (Galiley) nisbatan invariant deyiladi. Demak, uzunlik massa, tezlanish, kuch Galiley almashtirishlariga nisbati invariantdir.

Shunday qilib, barcha inertsial sanoq sistemalarida mexanik voqealar bir tarzda ro'y beradi va bu voqealar uchun dinamika qonunlari bir xil ko'rinishda yoziladi.

Bu fikrni Galileyning nisbiylik prinsipi deyiladi. Galiley prinsipining asosiy kamchiliklardan biri mexanik voqea ro'y berayotgan sistema tinch turibdimi yoki to'g'ri chiziqli tekis harakat qilyaptimi degan savolga javob bera olmaydi.

3. Maxsus nisbiyat nazariyasi. Klassik fizikaning nisbiylik prinsipi elektromagnit hodisalarni tushuntira olmaydi. Endi bu hodisalarni tushuntirishda Eynshteynning nisbiylik nazariyasidan foydalaniladi.

Eynshteyn postulatlar:



1. Yorug'likning vakuumdagi tezligi yorug'lik manbainig yoki kuzatuvchining harakat tezligiga bog'liq bo'lmay barcha inertsial sanoq tizimlari uchun bir xil bo'lib, $s = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ga teng.

2. Fizik qonunlar bir – biriga nisbatan to'g'ri chiziqli tekis harakatda bo'lgan sanoq sistemalariga nisbatan bir xil bajariladi. Bu nisbiylik prinsipi deyiladi.

Ana shu postulatlarga asoslangan nazariya maxsus nisbiylik nazariyasi deyiladi. Eynshteyning ikkita potshlatidan fazoviy koordinata va vaqtning bir-biriga nisbatan to'g'ri chiziqli tekis harakat qilayotgan ikkita tizimdagi qiymatlarini o'zaro bog'lovchi tenglamalar kelib chiqadi. Bu tenglamalari birinchi marta G.A.Lorents keltirib chiqarganligi uchun Lorents almashtirishlari deyiladi. Demak K^1 sanoq sistemasi K ga nisbatan X o'qi bo'ylab $v_0 = \text{const}$ tezlik bilan haraklanganda, vaqt va koordinata

o'zgarishlarining Lorents almashtirishlari quyidagicha bo'ladi: $X = \frac{X' + v_0 t}{\sqrt{1 - \beta^2}}$;

$$t = \frac{t' + \frac{v_0}{c^2} \cdot X'}{\sqrt{1 - \beta^2}}; \quad y = y^1 \quad z = z^1 \quad \text{bu yerda } \beta = \frac{v}{c}; \quad v_0 - \text{inertsial sanoq}$$

sistemalarining bir–biriga nisbatan tezligi.

Agar $v \ll c$ bo'lsa $\beta = 0$ bo'ladi va Lorents almashtirishlari Galiley almashtirishlariga aylanadi.

4. Tezliklarni qo'shish. Massa, uzunlik va vaqtning nisbiyati. Uzunlik va vaqt oralig'ining nisbiyligi. Tezliklari ko'rinishining relyativistik qonuni. Massaning tezlikka bog'liqligi. Klassik mexanikaning bog'liqligi.

Jismning relyativistik massa uning harakat tezligiga bog'liq. Harakat tezligi " v " yorug'lik tezlik " c " ga yaqinlashganda relyativistik effekt keskinroq nano 1 n bo'ladi, jism massasi nihoyat tez ortib boradi. $v = c$

bo'lganda massaning qiymati cheksiz katta bo'ladi. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad \beta = \frac{v}{c}$;

Bunda: m -relyativistik massa (harakatlanayotgan jism massasi) m_0 - tinch holatdagi jism massasi.

Bunga misol sifatida, zamonaviy tezlatgichlarda juda katta tezliklargacha tezlatilgan zarralar misolida tekshirilgan va tasdiqlangan ma'lumotlari keltirish mumkin.

Relyativistik mexanikada nisbiylik nazariyasidan foydalanib, energiya bilan impuls orasidagi bog'lanish ham keltirib chiqarilgan.

Jismning enegiyasi $W = mc^2$ jismning impulsi $P = mv$ va

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

Ekanligini hisobga olib, ikkala tenglamadan energiyasi bilan impuls orasidagi quyidagi munosabatni olamiz: $W = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4}$

Uzunlikning qisqarishi: agar qo'zg'almas K tizimga nisbatan uzunligi 1 bo'lgan sterjenni K^1 sistemadagi kuzatuvchi qo'zg'alsa sterjenning uzunligi $l' = l\sqrt{1-\beta^2}$ bo'lib, sterjenga nisbatan harakatda bo'lgan kuzatuvchiga sterjen uzunligi qisqarib ko'rinadi.

Vaqtning sekin o'tishi: qo'zg'almas va harakatdagi kuzatuvchilar bitta jism uzunligini o'lchashda 2 xil natijada olishdan tashqari 2 hodisa orasidagi vaqtni o'lchashda ham turli natijalar olishadi. Agar K^1 sistemasida soatning ko'rsatishi t' ; K sistemasida soat ko'rsatish t bo'lsa t^1 o'rtasida $t' = \frac{t}{\sqrt{1-\beta^2}}$ bog'liq mavjudligini keltirib chiqarish mumkin.

Bu formuladan ko'rinib turibdiki, harakatdagi K^1 sistemada tinch turgan K sistemaga nisbatan vaqt sekinroq o'tadi, ya'ni undagi soat sekin yuradi (soatlar sinxron). Bu hodisa uzunlikning qisqarishi bilan uzviy bog'liq bo'lib, vaqtning sekinlashuvi relyativistik effektning ikkinchi tomonidir.

Relyativistik mexanikadagi tezliklarini qo'shish quyidagicha ifodalanadi.

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{v^1 + v_0}{1 + \frac{v_0 v}{c^2}}$$

Klassik mexanikaning qo'llanilish chegarasi:

Makroskopik jismlarning yorug'lik tezligiga juda kichik tezlik bilan harakatlanishiga asoslanagn jismlarning harakat qonunlari Galiley-Nyuton Mexanikasiga bo'ysunadi, shuning uchun u klassik mexanika deyiladi. Klassik mexanikada jism massasi harakat davomida o'zgarmadi. Atom va elementar zarralarning (elektron, proton) harakatini klassik Mexanikaga qonunlari orqali tushuntirib bo'lmadi.

Klassik Nyuton Mexanikasining:

1. Yorug'lik tezligi va unga yaqin tezlik bilan harakatlanuvchi jismlarga
2. Elementar zarralarga, mikroskopik jismlarga
3. O'lchamlar va massalari juda kichik bo'lgan jismlarga qo'llab bo'lmas ekan. Demak, Nyuton klassik mexanikasining faqat makroskopik jismlarning harakat qonunlarini o'rganishga tatbiq qilish mumkin.

Uzunlik va vaqt oralig'ining nisbiyligi. Tezliklari ko'rinishining relyativistik qonuni.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar:

1. Sharlarning elastik va noelastik to'qnashuvlari vaqtida ularning tezliklari qanday o'zgaradi.
2. Kosmik tezliklar qiymatini aniqlashda saqlanish qonunlarning qaysi birlari qo'llaniladi.
3. Galileyning nisbiylik nazariyasi nimadan iborat.
4. Eynshteynning nisbiylik nazariyasi qanday ko'rinishga ega.
5. Lorents almashtirishlari qanday qonuniyatlarga bo'ysunadi.
6. Maxsus nisbiyat nazariyasiga ko'ra massa, uzunlik va vaqt qanday o'zgaradi.

Uyga varifa

Harakatning nisbiyligini internet saytlardan mustaqil o'rganing.

5 - MA'RUZA. QATTIQ JISMNING AYLANMA HARAKATI VA ULARNING ELASTIKLIGI.

Reja:

1. Qattiq jismning aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi.
2. Qattiq jismning aylanma harakat vaqtidagi kinetik energiyasi.
3. Qattiq jismning elastikligi.
4. Qattiq jism qonuniyatlarining oziq-ovqat sanoatida qo'llanilishi.

Tayanch iboralar: aylanma harakat, kuch momenti, inergiya momenti, impuls momenti, aylanma harakat dinamikasi, aylanma harakat dinamikasi, kinetik inergiyasi, elastiklik, egilish deformatsiyasi, cho'zilish deformatsiyasi, bo'linish deformatsiyasi.

Ko'rgazmali qurollar: qattiq jismlarning aylanmaga doir slaydlar, kompyuter, inersiya momenti, impuls momenti, kuch momenti, animatsion dasturlar, qattiq jism, qattiq jismlarning og'irlik markazi, markazga intilma tezlanish animatsion datur, mavzuga oid slaydlar, dioprojekt.

O'tilgan mavzuni takrorlash.

1. Galileyning nisbiylik nazariyasi nimadan iborat.
2. Galiley nisbiylik nazariyasiga asosan material nuqta koordinatalari qanday aniqlanadi.
3. Eynshteynning nisbiylik nazariyasi qanday ko'rinishga ega.
4. Lorents almashtirishlari qanday qonuniyatlarga bo'ysunadi.
5. Maxsus nisbiyat nazariyasiga ko'ra massa, uzunlik va vaqt qanday o'zgaradi.

Mavzuning borishi

1. Qattiq jismning aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi. Jismning biror nuqtasiga F kuch ta'sir etayotgan bo'lsin. Bu kuchning ixtiyoriy qo'zg'almas O nuqtaga nisbatan moment M deganda, $(\vec{r})$ va $\vec{F}$ kuchining vektor ko'paytmasi tushiladi. ya'ni:

$\vec{M} = [\vec{r} \cdot \vec{F}]$ - $\vec{M}$ ning moduli esa, $M = F \cdot r \cdot \sin \alpha = F \cdot l$ bunda F kuchning O nuqtaga nisbatan yelkasi deyiladi.

Kuch momentining birligi. $[M] = [F] \cdot [l] = 1N \cdot 1m = 1N \cdot m$.

Qattiq jismning inersiya momenti.

Jismning inersiya momenti shu jismdagi barcha moddiy nuqtalar inersiya momentlarining yig'indisiga teng. $J = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2$

1) Dumaloq diskning (yoki silindrning) o'z tekisligiga tik va markazi orqali o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti $J = \frac{1}{2} m \cdot r^2$

2) 1 uzunlikda ingichka to'g'ri sterjenning sterjenga perpendikulyar va uning uchlaridan biri orqali o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti $J = \frac{1}{3} m \cdot l^2$

3) Sharining markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti

4) To'g'ri burchakli parallilepipedning simmetriya o'qiga nisbatan inersiya momenti $J = \frac{1}{2} m(a^2 + b^2)$

Qattiq jismning impuls momenti (aylanish o'qiga nisbatan)

$$L = \sum_{i=1}^n L_i = \sum_{i=1}^n m_i \cdot v_i \cdot r_i$$

Impuls momentining SI tizimidagi o'lchov birligi $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ yoki aylanma

harakat vaqtida $L_i = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2 \omega = \omega \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2 = J \cdot \omega$; $\vec{L} = J \cdot \vec{\omega}$

Demak, o'z o'qi atrofida aylanayotgan qattiq jismning impuls momenti jism inersiya momenti bilan burchak tezlikning ko'paytmasiga teng ekan. Impuls momenti vektor kattalik bo'lib u o'q bo'ylab yo'nalgan bo'ladi:

$\vec{M} = \vec{F} \cdot l$ yoki $\mathbf{M} = \mathbf{J} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}$ - kuch momenti; $\mathbf{J} = m\mathbf{R}^2$ - inersiya momenti; $\vec{L} = J \cdot \vec{\omega}$ - impuls momenti

Ilgarilama va aylanma harakat xarakteristikallari o'rtasida quyidagicha o'zaro o'xshashlik mavjud:

Ilgarilanma harakat :

Impuls: $P = m \cdot v$

Kuch: F

Aylanma harakat:

Impuls momenti $L = J \cdot \omega$

Kuch momenti: M

Dinamikaning asosiy tenglamasi: $F = ma = \frac{dP}{dt}$

Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi: $M = J \cdot \varepsilon = \frac{dL}{dt}$

Ish: $dA = F \cdot dS$

Ayl.h.- t.ish. $dA = M \cdot d\varphi$

2. Qattiq jismning aylanma harakat vaqtidagi kinetik energiyasi.

Aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasini $W_k = \frac{mv^2}{2}$ ifoda yordamida topamiz, ya'ni mos kattaliklarni almashtirgandan keyin olamiz:

$$W_k = \frac{J\omega^2}{2}$$

Agar jism dumalayotgan bo'lsa, ya'ni ilgarilanma, ham uning to'la kinetik energiyasi ham ilgarilanma, ham aylanma harakat kinetik energiyalarining

yig'indisiga teng bo'ladi: $W_k = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{J_c\omega^2}{2}$. Bu yerda v_c - jism massa markazining tezligi, J_c - jismning massa markaziga nisbatan inertiya momenti.

3. Qattiq jismning elastikligi. Guk qonuni. Tajribaning ko'rsatishicha, kichik deformatsiyalarda kuchlanish σ nisbiy uzayish ε ga to'g'ri proporsional bo'ladi. Guk qonuni deb bu bog'lanish bunday yoziladi: $\sigma = E|\varepsilon|$.

ε nisbiylik uzayishning moduli olingan, chunki Guk qonuni cho'zilish deformatsiyasi uchun ham, $\varepsilon < 0$ bo'ladigan siqilish deformatsiyasi uchun ham birday o'rinlidir.

Guk qonunining ifodasida qatnashadigan proporsionallik koeffitsenti E elastiklik modeli yoki Yung moduli deb ataladi. Deformatsiyalar kichik bo'lganda σ kuchlanish va ε nisbiy uzayishini o'lchash, Yung moduli formulada aniqlanadi.

Ko'p ishlatiladigan materiallarning ko'pchiligi uchun Yung moduli tajribada aniqlangan.

Masalan, xrom - nikel po'lat uchun $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ alyuminiy uchun esa $E = 7 \cdot 10^{10}$ Pa E qanchalik katta bo'lsa, boshqa parametrlar (F, S, l_0) bir xil bo'lganda stejen shunchalik kam deformatsiyalanadi. Yung moduli materialning elastik cho'zilish (siqilish) deformatsiyasiga qarshilik ko'rsatish

qobiliyatini ifodalaydi. $\sigma = \frac{F}{S}$ va $\varepsilon = \frac{|\Delta l|}{l_0}$ ifodalarni

qo'ysak $\frac{F}{S} = E \frac{|\Delta l|}{l_0}$ bo'ladi. Bunda $F = \frac{SE}{l_0} |\Delta l|$; $\frac{SE}{l_0} = k$

deb belgilasak. $F = k |\Delta l|$

Shunday qilib sterjening birligi k Yung moduli bilan sterjen ko'ndalang kesimi yuzining ko'paytmasiga to'g'ri proporsional va sterjening uzunligiga teskari proporsional.

Qattiq jismlarning tashqi kuch ta'sirida o'z shakli va o'lchamlarini o'zgartirishga **deformatsiya** deyiladi.

Bir yo'nalishdagi cho'zuvchi kuch ta'sirida jism uzunligining ortishi bo'ylama cho'zilish deformatsiyasi deyiladi.

Uzunligi L va ko'ndalang kesim yuzi S bo'lgan sim yoki sterjen P yuk ta'sirida L m qadar cho'ziladi (yoki qisqaradi). Guk qonuniga asosan:

$\Delta L = \alpha \frac{PL}{S}$. Bundagi cho'zilishdagi (siqilishdagi) elastik koeffitsiyenti, ya'ni bo'yiga uzayish (qisqarish) koeffitsiyenti. Cho'zilishdagi elastiklik moduli, ya'ni Yung moduli: $E = \frac{1}{\alpha} \frac{PL}{S \Delta L}$. Yuk ta'sirida sim cho'zilish bilan

birga ko'ndalangiga ham siqiladi. Agar simning diametri d qadar o'zgargan bo'lsa, u holda: $\Delta d = \beta \frac{Pt}{S}$ bo'ladi, bundagi β —ko'ndalangiga siqilish koeffitsiyenti. Ko'ndalangiga siqilish koeffitsiyentining bo'yiga uzayish koeffitsiyentiga nisbati Puasson koeffitsiyenti deyiladi, ya'ni:

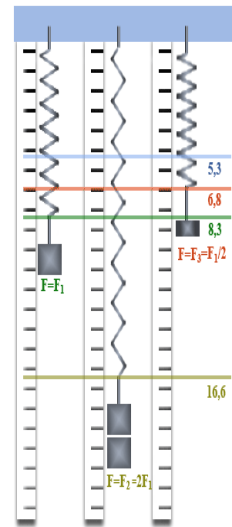
$$\sigma = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\Delta d}{\alpha} : \frac{\Delta L}{L}$$

Mustahkamlash uchun savollar

1. Inersiya momenti qanday aniqlanadi va uning birligi qanday?
2. Kuch momenti qanday aniqlanadi?
3. Impuls momenti qanday aniqlanadi va uning birligi nima?
4. Aylanma harakat kinetik energiyasi nimaga teng?
5. Guk qonuni qanday ifodalaniladi?
6. Elastik deformatsiyalar qanday turlarga bo'linadi?
7. Yung moduli va uning fizikaviy ma'nosini tushuntiring.

Uyg'a vazifa

Qattiq jism qonuniyatlarining oziq-ovqat sanoatida qo'llanilishi.



6 - MA'RUZA. YAXLIT MUHIT FIZIKASINING ELEMENTLARI. SUYUQLIK VA GAZLAR STATISTIKASI.

Reja:

1. Suyuqlik va gazlarning umumiy xossalari, statistikasi.
2. Suyuqlik muvozanat harakat tenglamasi.
3. Suyuqlik va gazlarning statik va dinamik bosimlari. Bernuli tenglamasi.
4. Suyuqliklarning qovushqoqlik koeffitsienti.
5. Laminar va Turbulent oqimi.

Tayanch iboralar: statistika, qattiq jismning muvozanati, harakat tenglamasi, statik bosim, dinamik bosim, Bernuli tenglamasi, statik, dinamik bosimlar.

Ko'rgazmali qurollar: Suyuqliklar fizikasiga tegishli slaydlar, neft va gaz mashg'ulotlarining fizik tahlili elektron dasturi animatsiyalari, Stoks tajribasi, Turbulent oqimining animatsiyasi, suyuqlik va gazlarning harakatiga bog'liq slaydlar, suyuqlik va gazlarning harakatiga bog'liq animatsion dasturi, suyuqlik va gazlarning harakati bog'liq plakatlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash.

1. Deformatsiya deb nimaga aytiladi?
2. Elastik deformatsiya qanday deformatsiya?
3. Amalda real deformatsiya qanday deformatsiya bo'ladi?
4. Deformatsiyaning turlarini sanab bering.
5. Qattiq jism deformatsiyasi uchun Guk qonuni.
6. Elastik deformatsiya energiyasi nima?

Mavzuning borishi

1. Suyuqlik va gazlarning umumiy xossalari, statistikasi. Yaxlit muhit mexanikasida suyuq va gaz holatdagi jismlarning makroskopik nuqtai nazaridan suyuqlik va gazlarning aniq shaklga ega emas. Ular ma'lum oquvchanlikka ega va qanday shakldagi idishga solinsa, o'sha idish shaklini oladi. Qattiq jismning atom va molekulalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari ularni muvozanat vaziyati holatlarida tutib tursa, suyuqlik molekulalar orasidagi kuchlar anchagina kichik bo'lib molekula bir - biriga nisbatan ko'chib yura oladi. Suyuqlikni bir idishdan ikkinchi idishga quyish mumkin ya'ni u oquvchanlikka ega.

Gazlarda esa normal sharoitda molekulalar orasidagi o'zaro bog'lanish kuchi juda kichik va ular o'zi solingan har qanday idishning butun hajmini egallaydi. Gazning holat uning bosimi (P) hajmi (V) va temperaturasi (T) bilan aniqlanadi. Suyuqliklarning harakatini o'rganish uchun Eyler metodidan foydalaniladi.

Arximed qonuni. $F_A = \rho_s g V$.

Paskal qonuni. Harakatsiz suyuqlikning istalgan joyidagi bosim hamma yo'nalishlarda bir xil va harakatsiz suyuqlik egallangan hajm bo'ylab o'zgarishsiz uzatiladi. Paskal qonuni gazlar uchun ham o'rinli.

2. Suyuqlik muvozanat harakat tenglamasi. Gazlarda esa normal sharoitda molekulalar orasidagi o'zaro bog'lanish kuchi juda kichik va ular o'zi solingan har qanday idishning butun hajmini egallaydi. Gazning holat uning bosimi (P) hajmi (V) va temperaturasi (T) bilan aniqlanadi. Suyuqliklarning harakatini o'rganish uchun Eyler metodidan foydalaniladi.

Suyuqlikning harakat holatini fazoning bir nuqtasi uchun tezlik vektorini koordinata va vaqtning funktsiyasi sifatida yozish orqali aniqlasa bo'ladi.

Bunga suyuqlik harakatining kinematik tenglamasi deyiladi.

$$\vec{v} = f(rt) \text{ yoki}$$

$$v_x = f_x(x, y, z, t); \quad v_y = f_y(x, y, z, t) \quad v_z = f_z(x, y, z, t)$$

mexanikaning suyuqliklar va gazlarning harakatini va muvozanatini o'rganadigan bo'limlari gidrogazo mexanika deyiladi. Agar biror idishga solingan suyuqlikning ixtiyoriy ΔS yuziga ΔF kuch bilan ta'sir etsak bu ta'sir bosim P bilan aniqlanadi.

$$P = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta S}; \quad \text{SI tizimida bosim birligi:} \quad \text{a) } 1 \text{ Paskal} = 1 \frac{H}{m^2}$$

b) Millimetr simob ustini (mm.sm.us.) $1 \text{ mm sm.us.} = 133 \text{ Pa}$.

3. Suyuqlik va gazlarning statik, dinamik bosimlari. Bernuli tenglamasi. Suyuqlikning birlik hajmiga bosim P tufayli vujudga kelgan sirt

kuchlari ta'sir etadi: $\vec{I} = \frac{dP}{dx} \vec{i} - \frac{dP}{dy} \vec{j} - \frac{dP}{dz} \vec{k}$; R skalyar kattalikning

gradientini $P = \frac{dP}{dx} \vec{i} + \frac{dP}{dy} \vec{j} + \frac{dP}{dz} \vec{k}$ deb belgilasak, $\vec{T} = -gradP$ deb

yo'zish mumkin. Ya'ni T vektor P skalyar kattalikning teskari ishora bilan olingan gradientiga teng ekan. Suyuqlikning muvozanat holatida T kuch hajmiy kuch f vektori bilan muvozanatda bo'lishi tufayli quyidagiga ega

bo'lamiz. $grad p = f$

Gidrostatistikaning asosiy tenglamasi deyiladi. Koordinatalari bo'yicha yozilgan ko'rinishi quyidagicha: $\frac{dP}{dx} = f(x); \quad \frac{dP}{dy} = f(y); \quad \frac{dP}{dz} = f(z);$

Agar ideal suyuqlik qandaydir v tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa, $\vec{T} = -gradP$ va $p = \int \vec{f}$ formulalarni hisobga olib, suyuqlikning harakat tenglamasini quyidagicha yozishimiz mumkin. $p \frac{dv}{dt} = f - gradp$

Suyuqlikning quyida kesimi turlicha bo'lgan oqim nayida oqish jarayonini ko'rib chiqamiz. Suyuqlik oqimining uzluksizligidan ya'ni suyuqlik tezligining oqim nayining ko'ndalang kesimiga ko'paytmasining o'zgarmas ekanligi kelib chiqadi.

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 \quad \text{yoki} \quad vS = \text{const}$$

Og'irlik kuchi ta'sirida ro'y beruvchi suyuqlikning harakatiga turg'un (statsionar) harakat deyiladi.

Bernuli tenglamasi. $\frac{\rho v_1^2}{2} + P_1 + \rho gh_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + P_2 + \rho gh_2$ yoki

$\frac{\rho v^2}{2} + P + \rho gh = \text{const}$. Bernulli tenglamasi deyiladi. Bernulli tenglamasidan kelib chiqadigan xulosalardan biri shunday: oqim nayining ingichka qismida suyuqlikning tezligi boshqa qismlardagiga qaraganda katta bo'ladi. Demak, oqim nayining tor joylardagi bosim keng joylardagiga qaraganda pastroq bo'ladi.

4. Suyuqliklarning qovushqoqlik koeffitsienti. Real suyuqliklarda harakat ideal suyuqliklardagidan farqli bo'lib ularda ichki ishqalanish kuchlari vujudga keladi. Bunday suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchlari qatlamlarning harakatiga va demak, undagi jismlarning harakatiga ham qarshilik ko'rsatuvchi kuch sifatida namoyon bo'ladi. Suyuqlik qatlamlari orasida mavjud bo'lgan ishqalanish kuchi F uchun Nyuton quyidgi

qonuniyatni aniqladi: $F = \eta \left| \frac{dv}{dz} \right| \cdot S$

Bunda η – suyuqlikning yopishqoqlik koeffitsienti.

S – qatlamlar yuzasi. $\frac{dv}{dz}$ - kattalik (tezlik gradienti) bir qatlamdan ikkinchi qatlamga o'tganida suyuqlik qatlamlari tezliklarining o'zgarish jadvalini ifodalaydi.

$\vec{F}$ ishqalanish kuchi ikki "qo'shni" qatlamning tezroq harakatlanayotganini to'xtatishga, sekinroq harakatlanayotganini esa tezlatishga intiladi.

η - yopishqoqlikning SI dagi birligi qilib shunday suyuqlikning yopishqoqligi olinadiki, bunda tezlik gradienti 1 metrga 1m/s bo'lganda, suyuqlikning ikki "qo'shni" qatlamlari orasidagi $S=1m^2$ sirt mavjud bo'lgan

ishqalanish kuchi $1N$ ga teng bo'ladi. Bu birlik paskal sekund $\frac{NS}{m^2} = P_a S$ deb ataladi.

Suyuqlikning yopishqoqligi temperaturaga bog'liq bo'lib, temperatura oshishi bilan uning kamayishi kuzatiladi. Masalan, kastor yuqori temperatura 18^0C dan $40^0 C$ gacha o'zgarsa yopishqoqlik 4 marta kamayadi.

5. Laminar va turbulent oqimi. Gazning temperaturasi oshishi bilan uning yopishqoqligi ham ichki ishqalanish mexanizmi ham turlicha bo'lar ekan. Yopishqoqlikka ega bo'lgan suyuqliklarda oqim 2 xil bo'lishi mumkin.

I Laminar oqim.

II Turbulent oqim.

Laminar oqim deb - suyuqlik oqimi qatlamlarda aralashmay, bir qatlamning ikkinchiga nisbatan siljishiga aytiladi. Ungacha katta oqimining tezligi parabola qonuni bo'yicha taqsimlangan. Tezlik ortishi bilan suyuqlik qatlamlarining aralashib oqishi vujudga keladi. Bunday oqim turbulent oqim deyiladi. Bunda toza va bo'yalgan suyuqliklar orasidagi keskin chegara yo'qolib, nayning (quvurning) hamma joylarida tartibsiz uyurmaviy harakatlar yuzaga keladi.

Laminar oqim turbulent oqimga aylanish paytidagi tezlik kritik tezlik deyiladi. Ingliz olimi Reynold suyuqliklar oqimini quyidagicha xarakterladi.

$$R_e = \frac{\rho v l}{\tau}$$

ρ -suyuqlik zichligi, v - oqimning o'rtacha tezligi, l - nayning ko'ndalang kesimi xarakterlovchi kattalik (radius yoki diametr) τ -suyuqlik qovushoqligi, R_e – Reynoldi soni. Silindrsimon naylarda $R_e < 2300$ bo'lsa, oqim laminar va $R_e < 2300$ bo'lganda turbulent oqim vujudga keladi.

Turbulent harakatda suyuqlik yoki gazning gidrodinamikaviy xossalari (tezlik, bosim, zichlik, harorat) tez va tartibsiz suvning harakati tez suzuvchan kemandagi suvning harakati, misol bo'ladi. Bunday harakatlarning hammasi gidrodinamikaviy turbulent oqimda suyuqlik zarralarining trayektoriyalari nay o'qiga parallel bo'lmasdan, murakkab egri chiziqlardan iborat bo'ladi. Shunday qilib tabiatan noturg'unlik, tezlikning suyuqlikning asosiy ko'chma harakati yo'nalishiga tik bo'lgan tashkil etuvchilari mavjudligi turbulent oqimni laminar oqimdan farqlab turuvchi muhim belgilar hisoblanadi. Quvur va ariqlarda laminar oqimdan turbulent oqimga o'tishda Reynolds soni o'xshashlik qonunining mezonini bo'lib xizmat qiladi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar.

1. Gazlarning hajmi qanday aniqlanadi?
2. Suyuqliklar bosimi deb nimaga aytiladi va uning birligi qanday?
3. Paskal qonuni qaysi gazlar uchun o'rinli?
4. Hidrostatik bosim nima?
5. Arximed kuchi nima?
6. Bernulli tenglamasida suyuqlik va gazlarda vujudga keladigan qanday bosimlar hisobga olingan?
7. Laminar oqim turbulent oqimdan qanday farqlanadi?

Uyga vazifa

1. Internet saytidan suyuqlik va gazlar statistikasini mustaqil o'rganish.
2. Jismlarning suyuqlikda suzish shartlarni o'rganish.

7 - MA'RUZA. MEXANIK TEBRANISHLAR VA TEBRANISHLARNI QO'HISH. TO'LQINLAR.

Reja:

1. Garmonik ossilyator. Erkin tebranishlar tenglamasi. Matematik va fizik mayatnik. Garmonik ossilyator energiyasi.
2. Tebranishlarni qo'shish. Rezonans hodissasi.
3. Mexanik to'lqinlar. To'lqin tenglamasi.
4. Turg'un to'lqinlar. Doppler effekti.

Tayanch iboralar: garmonik tebranishlar, tenglamasi, davriy chastota, mayatnik, matematik mayatnik, garmonik ossilyator, ossilyator energiyasi, tebranishlar spektri, Fyurje teoremasi, so'nuvchan tebranish tenglamasi, majburiy tebranish tenglamasi, rezonans hodissasi, to'lqinlar, to'lqin xarakteristikalar, yassi tolqinlar, Gyugens prinsipi, to'lqinlar qaytishi va sinishi.

Ko'rgazmali qurollar: Mexanik elektromagnit tebranishlar slaydlar majmuasi, mexanik elektromagnit tebranishlar elektron dasturining animatsiyalari, mexanik elektromagnit tebranishlar plakatlar, prujinali fizik, matematik va tebrangichlar, to'lqin. Ko'ndalang va bo'ylanma to'lqin – plakat, to'lqin interferentsiyasi, to'lqin difraktsiyasi – diafilm, to'lqin difraktsiyasi animatsiyalar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Suyuqliklarning sosional oqimi qaysi vaqtda keladi?
2. Bernulli tenglamasida suyuqlik va gazlarda vujudga keladigan qanday bosimlar hisobga olingan?
3. Qovushqoq suyuqliklar deb nimaga aytiladi?

4. Suyuqliklarning qovushqoqlik koeffisienti qanday fizikaviy parametrlarga bog'liq bo'ladi?
5. Stoks qonuning fizikaviy ma'nosini tushuntiring.
6. Puazeliy tenglamasini qanday ko'rinishga ega?
7. Reynol'ds soni nimani xarakterlaydi?
8. Kinematik qovushqoqlik bilan dinamik qovushqoqlik orasida qanday bog'lanish mavjud?

Mavzuning borish.

1. Garmonik ossillyator. Erkin tebranishlar tenglamasi. Matematik va fizik mayatnik. Garmonik ossilyator energiyasi. Tebranma harakat deb davriy ravishda takrorlanib turuvchi harakatlarga aytiladi. Tebranma harakat vujudga kelishi uchun jism muvozanat vaziyatiga ega bo'lishi lozim va jismning muvozanat vaziyatdan chiqaruvchi va muvozanat holatiga qaytaruvchi kuchlar mavjud bo'lishi lozim. Tebranma harakatlar quyidagi kattaliklar yordamida xarakterlanadi:

1. Tebranma harakat qilayotgan jismning muvozanat vaziyatidan chetga chiqishi siljish deb, siljishning maksimal qiymati esa siljish amplitudasi, yoki oddiygina, amplituda deb ataladi.

2. Jismning bitta to'liq tebranishi amalga oshishi uchun ketgan vaqt davr (T) deb ataladi. Tebranuvchi jism bitta davr ichida to'rt amplitudaga teng yo'lni bosib o'tadi. Agar t vaqt davomida jism n marta tebrangan bo'lsa, uning davri

$$T = \frac{t}{n} \quad \text{ga teng bo'ladi.}$$

3. Birlik vaqt davomida tebranishlar soni $n=1/T$; $1\text{Gts}=1\text{s}^{-1}$ ya'ni davrga teskari bo'lgan kattalikni chastota deb ataladi.

Garmonik ossilyatorlarga purjinali, matematik va fizik mayatniklar kiradi.

Erkin tebranishlar tenglamasi. Garmonik tebranishlar deb sinus yoki kosinuslar qoidasiga buysungan holda vujudga keladigan takrorlanib turadigan harakatga aytiladi. Garmonik tebranishning tenglamasi quyidagicha ega:

$$X=A\cos(\omega_0 t + \alpha); \quad \omega_0 = 2\pi / T_0$$

Bu tenglamalarga asoslangan holda garmonik tebranish ta'rifini quyidagicha berish mumkin: jismning siljishiga proporsional ravishda muvozanat vaziyati tomon yo'nalgan kuch ta'sirida sodir bo'luvchi tebranishlarni garmonik tebranishlar deb ataladi.

Garmonik tebranishlarning harakat tenglamasidan olingan birinchi taritibli differensialga teng bo'lganligi uchun $V=dx/dt=A\omega\sin(\omega t+\varphi)$
Garmonik tebranishning tezlanishi $A=dv/dt=d^2x/dt^2=-A\omega^2\cos(\omega t+\varphi)$

Garmonik tebranishlarni vujudga keltiruvchi kuch Nyutonning II-qonuniga asosan $\mathbf{F} = m\mathbf{a} = -m\mathbf{d}^2\mathbf{x}/dt^2 = -A A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi) \cdot m$

Tenglamadagi (-) ishora garmonik tebranishlarni vujudga keltiruvchi qaytaruvchi kuch siljish masofasiga qarama-qarshi yo'nalganligini bildiradi. Garmonik tebranishlarning energiyasi garmonik tebranishlarga ta'sir etuvchi kuch tenglamasidan kelib chiqadi: $\mathbf{F} = -k\mathbf{x}$

Matematik va fizik mayatnik. Garmonik ossilyator energiyasi.

Prujinali mayatnikning tebranish davri uchun $T_n = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

Matematik mayatnikning davri $T_m = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{1}{g}}$ formulasi bilan topamiz.

Garmonik ossilyator energiyasi. Kuch ta'sirida garmonik tebranma harakat qilayotgan bo'lsin. Harakatlanayotgan moddiy nuqta albatta tezlikka ega bo'ladi. Tezligi noldan farqli bo'lgan barcha vaziyatlarda moddiy nuqtaning kinetik energiyasi ham farqli, ya'ni $E = \frac{1}{2}mv^2$.

Potensial energiyaning qiymati esa moddiy nuqtani muvozanat vaziyatidan x masofaga siljitish uchun elastik yoki kvazielastik kuch (F) ning bajargan ishi bilan aniqlanadi:

$$W = \int_0^x |F| dx = \int_0^x kx dx = \frac{1}{2} kx^2 = kA^2 \cos^2(\omega_0 t + \alpha)$$

Tebranma harakat qilayotgan moddiy nuqta kinetik va potensial energiyalarning maksimal qiymatlari uchun quyidagi ifodalar o'rinli:

$$E_{makc} = \frac{1}{2} m \omega_0^2 A^2$$

Garmonik tebranishlar harakat qilayotgan moddiy nuqtaning ixtiyoriy vaziyatdagi to'liq energiyasi kinetik va potensial energiyalar yig'indisidan iborat:

$$W = E + U = \frac{1}{2} m \omega_0^2 A^2 \sin^2(\omega_0 t + \alpha) + \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega_0 t + \alpha)$$

Lekin $k = m\omega_0^2$ edi, shuning uchun $W = \frac{1}{2} m \omega_0^2 A^2$ yoki $W = \frac{1}{2} k A^2$

2. Tebranishlarni qo'shish. Rezonans hodissasi. Bir xil chastota bilan, lekin turlicha amplituda va boshlang'ich fazalar bilan sodir bo'layotgan ikki tebranish, ya'ni

$$X_1 = A_1 \cos(\omega_0 t + \alpha_1); \quad x_1 = A_2 \cos(\omega_0 t + \alpha_2)$$

Ularning qo'shilish tufayli vujudga keladigan natijaviy tebranish haqida ma'lumot olaylik. $A^2 = A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2\cos[\pi - (\alpha_2 - \alpha_1)] = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\alpha_2 - \alpha_1)$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{BC}{OC} = \frac{A_1 \sin \alpha_1 + A_2 \sin \alpha_2}{A_1 \cos \alpha_1 + A_2 \cos \alpha_2}; \quad \mathbf{X} = \mathbf{A} \cos(\omega_0 t + \alpha)$$

O'zaro perpendikulyar yo'nalishlarda sodir bo'layotgan bir xil chastotali garmonik tebranishlarda qatnashayotgan moddiy nuqtaning harakati bilan tanishaylik. Qo'shiluvchi tebranishlarning yo'nalishlari sihatida OX va OY o'qlarini olaylik. U holda tebranishlarning tenglamalari

$$X_1 = A_1 \cos(\omega_0 t + \alpha_1); \quad y = A_2 \cos(\omega_0 t + \alpha_2)$$

T ni yo'qotsak moddiy nuqta natijaviy harakati trayektoriyasining tenglamasini hosil qilamiz: $\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\alpha_2 - \alpha_1) = \sin^2(\alpha_2 - \alpha_1)$

Rezonans hodissasi. So'nuvchi tebranishni xarakterlaydigan tenglamada, ya'ni Nyuton ikkinchi qonunining ifodasida qarshilik kuchini ham e'tiborga olish kerak. Moddiy nuqtaning qovushqoq muhitdagi to'g'ri chiziqli tebranma harakatiga qarshilik kuchi tezlikka proporsional, lekin unga teskari yo'nalgan bo'ladi:

$Fk = -ru = -r \frac{dx}{dt}$ bundagi r qarshilik koeffitsienti. So'nuvchi tebranish

tenglamasi quyidagi bo'limga ega: $\frac{d^2 x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0$

Mazkur tenglamaning yechimi $\beta < \omega_0$ bo'lgan holda quyidagicha bo'ladi:

$$x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega_0 t + \alpha)$$

Bunda ω_c - so'nuvchi tebranish chastotasi, uning qiymati $\omega_c = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$

So'nuvchi tebranish davri (T_c) esa xususiy tebranish davri (T_0) dan katta

$$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} > T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$$

Tebranishlarning ampulitudasi vaqt o'tishi bilan $\mathbf{A} = \mathbf{A}_0 e^{-\beta t}$

Qonun bo'yicha kamayib boradi.

Kuzatish boshlangan paytda muvozanat vaziyatida turgan moddiy nuqtaga garmonik qonun bo'yicha o'zgaruvchi $\mathbf{F} = \mathbf{F}_0 \cos \omega t$

Moddiy nuqtaning mazkur holdagi harakat tenglamasini quyidagicha

yozishimiz mumkin: $m \frac{d^2 x}{dt^2} + r \frac{dx}{dt} + kx = F_0 \cos \omega t; \quad x = A \cos(\omega t + \alpha)$

munosabat bilan aniqlanishini topamiz. Bunday A – majburiy tebranishlar amplitudasi, uning qiymati $A = \frac{F_0}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}}$ formula yordamida

hisoblanishi mumkin. A – esa majburiy ta'sir etuvchi kuch va majburiy tebranish fazalarning farqi, uning qiymati

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{2\beta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2} \text{ formula yordamida hisoblanadi.}$$

Majburiy etuvchi kuch chastotasining biror aniq qiymatida majburiy tebranishlar amplitudasining keskin ortib ketishi rezonans hodisasi deb ataladi. Rezonans hodisasi amalga oshgan holdagi majburiy etuvchi kuchning chastotasini rezonans chastota deb, amplitudaning maksimal qiymatini esa rezonans amplituda deb ataladi.

$$\omega = \omega_p = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2} \text{ Rezonans chastotasi bu qiymatini qo'ysak}$$

$$\text{rezonans amplituda qiymatini topamiz: } A_p = \frac{F_0}{2mb\sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}}$$

3. Mexanik to'lqinlar. To'lqin tenglamasi. To'lqin degan tebranishlar-ning muhitda tarqalish jarayonini tushunish lozim. To'lqinning tarqalish yo'nalishi nur deb ixtiyoriy t vaqtda tebranishlar etib kelgan muhit zarralarning geometrik o'rinlari esa to'lqin fronti deb ataladi. Binobarin, to'lqin fronti muhitning tebranayotgan zarralarni tebranishni hali boshlamagan zarralaridan ajratib turuvchi chegaraviy sirt tarzida tasavvur qilinishi mumkin. Bir jinsli va izotrop muhitda joylashgan nuqtaviy tebranish manbaidan tarqalayotgan to'lqinlarning fronti sferik shaklda bo'ladi.

To'lqinlarning elastik muhitda tarqalishi. Elastik to'lqinlar deb, ya'ni qattiq, suyuq va gazsimon muhitda tarqaladigan mexanik g'alayonlanishlarga aytiladi. Elastik to'lqinlar bo'ylanma va ko'ndalang bo'lishi mumkin. Bo'ylanma to'lqinlarda muhit zarralari to'lqin tarqalish yo'nalishida tebranadi. Ko'ndalang to'lqinlarda esa tarqalish yo'nalishiga perpendikular tekislikda tebranadi. Suyuqliklarda va gazlarda faqat bo'ylanma to'lqinlar vujudga keladi. Qattiq jismlarda esa ham bo'ylanma, ham ko'ndalang to'lqinlar vujudga kelishi mumkin.

4. Turg'un to'lqinlar. Doppler effekti. Turg'un to'lqin sodir bo'lishi uchun biror to'siqqa tushayotgan va to'siqdan orqaga qaytayotgan to'lqinlar uchrashishi lozim.

$$\text{Mazkur to'lqinlarning tenglamalarini yozaylik: } \varepsilon_1 = A \cos \omega \left(t - \frac{x}{u} \right);$$

Ularni qo'shamiz va natijani kosinuslar yig'indisi formulasi asosidan o'zgartiramiz:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = A \left[\cos \omega \left(t - \frac{x}{u} \right) + \cos \left(t + \frac{x}{u} \right) \right] = 2A \cos \omega \frac{x}{u} \cos \omega t$$

Turg'un to'lqin chastotasi uchrashayotgan to'lqinlar chastotasiga teng.

Ampulitudasi esa $2A \cos 2\pi \frac{x}{\lambda}$.

Elektromagnit to'lqinni shunday ikki o'zaro perpendikulyar tekisliklarda yotuvchi sinusoidlar shaklida tasvirlash mumkinki, bunda to'lqin shu ikki tekislik kesishishi natijasida hosil bo'lgan chiziq bo'ylab tarqaladi. Sinusoidalardan biri elektr maydon kuchlanganlik vektori E ning, ikkinchisi esa magnit maydon kuchlanganlik vektori N ning tebranishlarini ifodalaydi.

Maksvell nazariyasiga asosan, elektromagnit to'lqinning biror nuqtada tarqalish tezligi shu muhitning elektr va magnit xususiyatlariga nuqta bo'lib,

uning qiymati quyidagi munosabat orqali aniqlanadi. $v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0} \sqrt{\mu \varepsilon}}$

Vakuumdagi muhit magnit singdiruvchanligi m va dielektrik singdiruvchanligi e biriga teng. Shuning uchun vakuumda elektromagnit

to'lqinlarning tarqalish tezligi $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$ munosabat bilan ifodalanadi. Bu

ifodadan foydalanib $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$ ni quyidagi bo'limda yozish mumkin:

$v = \frac{1}{\sqrt{\mu \varepsilon}}$. Demak, elektromagnit to'lqinning muhitda tarqalish tezligi vakuumdagi tezligidan $\sqrt{\mu \varepsilon}$ marta kichik.

Elektromagnit maydon energiyasining zichligini $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$ ifoda bilan

aniqlanuvchi elektromagnit to'lqinning tezligiga ko'paytirsak, birlik vaqtda

$c = 1/\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}$ birlik yuz orqali ko'chirilayotgan energiya oqimining zichligini xarakterlaydigan kattalikni hosil qilamiz: $S = \omega \cdot v = E \cdot H$, bu ifodani vektor bo'limda $S = [EH]$ shaklida yozish mumkin. E va N lar o'zaro perpendikulyar bo'lganligi uchun, bu vektorlarning vektor ko'paytmasi elektromagnit to'lqinning tarqalish yo'nalishidagi S vektordir. S vektorini Umov - Poynting vektori deb ataladi, uning moduli $S = [EH]$ ifoda bilan aniqlanadi. Chunki $\sin(EH) = 1$

Doppler effekti. Poyezd perronga yaqinlashib kelayotgan parovoz signali qattiqroqdek, poyezd perrondan uzoqlashayotganda esa parovoz signali sekinroqdek tuyuladi. Boshqacha aytganda, tebranishlar manbayining

qabul qiluvchiga nisbatan harakat qabul qilinayotgan tebranishlar chastotasining o'zgarishiga olib keladi. Bu hodisaga *Doppler effekti* deyiladi. To'qinlar manbayi va qabul qiluvchining bir – biriga nisbatan harakatlanishi natijasida qabul qilinayotgan to'lqinlar chastotasining o'zgarishiga Doppler effekti deyiladi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar.

1. Qanday jarayonlarga garmonik tebranishlar deb aytiladi?
2. Prujinali mayatnik deb qanday mayatnikka aytiladi?
3. Matematik mayatnik deb qanday mayatnikka aytiladi?
4. Garmonik tebranma harakat qilayotgan nuqtaning to'la mexanik energiyasi nima?
5. So'nuvchi va majburiy tebranishlar nima?
6. Rezonans hodisasi nima?
7. To'lqinlar tenglamasini keltirib chiqaring.
8. Turg'un to'lqinlar nima?

Uyga vazifa

Internet saytlardan tebranishlar haqida ma'lumotlar olish.

8 - MA'RUZA. GAZLARNING MOLEKULYAR KINETIK NAZARIYASI. GAZ MOLEKULALARINING ISSIQLIK SIG'IMI.

Reja:

1. Ideal gaz modeli va uning qonunlari.
2. Gazlarning kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi.
3. Gaz molekulyar erkinlik darajasi.
4. Gaz molekulalarining issiqlik sig'imi.
5. Adiabatik jarayon. Puasson tenglamasi.

Tayanch iboralar: ideal gaz, gazning bosimi, molekulalararo o'zaro ta'sir energiyasining ular orasidagi masofa bo'g'liqligi, ekinlik darajasi, issiqlik sig'imi, adiabatik jarayon.

Ko'rgazmali qurollar: Ideal gaz modeliga oid slaydlar, animatsion dasturlar, dioproyekt va kompyuter, gaz molekulyarning issiqlik sig'imiga oid slaydlar. Gaz molekulalarining issiqlik sig'imiga oid animatsiyalar. Gaz molekulalarining issiqlik sig'imiga oid plakatlar

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. To'lqinlar qanday hosil bo'ladi.
2. To'lqinlar interferensiyasi deb nimaga aytiladi?
3. To'lqinlar tenglamasini keltirib chiqaring.
4. To'lqinlar qanday muhitlarda tarqaladi?

5. Turg'un to'liqlar nima?
6. Dopler effekti nima?

Mavzuning borishi

1. Ideal gaz modeli. Molekulyar – kinetik nazariyada ideal gazning ideallashtirilgan modelidan foydalaniladi, unga ko'ra:

- 1) idish hajmiga qaraganda, molekulaning xususiy hajmi e'tiborga olmaslik darajada kichikdir;
- 2) gaz molekulalari orasida o'zaro ta'sir kuchlari yo'q deb qaraladi;
- 3) gaz molekulalarining o'zaro va idish devorlari bilan bo'ladigan urilishlari absolyut elastik holatda sodir bo'ladi.

2. Gazlarning kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi. Yuqorida qayd qilinganidek, qandaydir gaz massasining holati uchta termodinamik parametrlar bilan aniqlanadi: P - bosim, V - hajm va T - harorat. Mazkur parametrlar orasida aniq, bir bog'lanish mavjuddir. $f(P,V,T)=0$ bunda har bir o'zgaruvchi qolgan ikkitasining funktsiyasi hisoblanadi.

Fransiyalik fizik va muxandis B.Klapeytron (1799-1864) Boyl - Mariot va Gey - Lyussak qonunlarini birlashtirib, ideal gazning holat tenglamasini yaratdi.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = B$$

Mazkur ifoda Klapeyron tenglamasi hisoblanadi, bunda

V turli gazlar uchun har xil qiymatga ega bo'lgan gaz doimiysi.

Rus olimi D.I.Mendeleyev (1834-1907). Klayperon tenglamasi va Arximed qonunini molyar hajmi V_m dan foydalanib birlashtiradi va tenglamani bir molga nisbatan yozadi. $PV_m = RT$, R doimiy bo'lib, molyar gaz doimiysi deb ataladi. Tenglama faqat ideal gazni qanoatlantiradi va ideal gazning holat tenglamasi hisoblanib, Klapeyron - Medeleyev tenglamasi deb ham ataladi.

Molyar gaz doimiysining son qiymatini, gazning 1-moli normal sharoitlarda, ya'ni: $P_0=10,13 \cdot 10^5 \text{Pa}$, $T_0=273,15\text{K}$, $V=22,41 \cdot 10^{-3} \text{m}^3/\text{mol}$ deb qarab formuladan aniqlaymiz $R=8,31 \text{ J/mol K}$ - massali gaz uchun $pV = m/M$; $RT=vRT$; $v=m/M$; $k = R/N_A=1,38 \cdot 10^{-23} \text{J/K}$ bunga ko'ra holat tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi.

$$P = RT/V_m = kN_A; \quad T/V_m = nkT$$

Bunda $N_A/V_m = n$ - molekulalarning konsentratsiyasi (hajm birlikdagi molekulalar soni) shunday qilib, $P = nkT$. Tenglamadan ko'rinadiki, berilgan haroratdagi ideal gazning bosim molekulalar konsentratsiyasiga yoki gaz zichligiga to'g'ri proporsional.

Bir xil bosim va haroratda barcha gazlarning hajm birligidagi molekulalar soni bir xil bo'ladi. Normal sharoitlarda 1m^3 gazdagi molekulalar soniga Loshmidt soni deyiladi. $N_L = P_0/(RT_0) = 2,68 \cdot 10^{25}\text{m}^{-3}$

3. Gaz molekulyar erkinlik darajasi. Molekulaning o'rtacha energiyasi quyidagicha aniqlangan $\bar{\varepsilon} = \frac{i}{2}kT$ bu yerda i – molekulaning ilgarilanma, aylanma va ikkilangan tebranma erkinlik darajalari sonlarining yig'indisi:

$$I = n_{il} + n_{ay} + 2n_{teb}$$

Atomlari orasidagi bog'lanishi qattiq bo'lgan molekulalarda i ning qiymati molekulaning erkinlik darajalari soni bilan bir xil bo'ladi.

4. Gaz molekulalarining issiqlik sig'imi. Bir kilogramm moddani 1°K isitish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdoriga teng bo'lgan kattalikka

moddaning solishtirma issiqlik sig'imi deyiladi. $C = \frac{\delta Q}{mdT}$

Molyar issiqlik sig'imi. $C_m = \frac{\delta Q}{\nu dT}$

Bunda $\nu = m/M$ mollar sonini ifodalaydigan moddaning miqdori.

Molyar issiqlik sig'imining o'lchov birligi - Joul bo'lingan mol – Kelvinga (J/mol K) teng.

Solishtirma issiqlik sig'imi C_1 molyar C_m bilan quyidagi munosabatda bog'langan $C_m = CM$

Biror jismning issiqlik sig'imi deb shu jismning temperaturasini bir gradusga ko'tarish uchun shu jismga berilishi zarur bo'lgan issiqlik miqdoriga teng kattalikka aytiladi. Issiqlik sig'imi quyidagicha bo'ladi.

$$C_{jism} = \frac{d'Q}{dT}.$$

O'lchov birligi J/grad bo'ladi. Issiqlik sig'imi bilan solishtirma issiqlik sig'imi o'rtasida quyidagicha munosabat bor. $c = \frac{C}{\mu}$

O'zgarmas hajm sharoitidagi issiqlik quyidagiga teng $C_v = \frac{dU}{dT}$

5. Adiabatik jarayon. Puasson tenglamasi. Sistema va tashqi muhit orasida issiqlik almashimasdan sodir bo'ladigan ($\delta Q = 0$) jarayonga adiabatik jarayon deyiladi.

Adiabatik jarayonlar ichdan yonar dvigatellarda (silindrdagi yonilg'i aralashmasining siqilishi va kengayishida); sovutgich mashinalarida va hokazolarda qo'llaniladi.

Adiabatik jarayoni uchun, termodinamika birinchi qonunidan ($\delta Q = du + \delta A$) ko'rinadiki, $\delta A = -du$ ya'ni tashqi ish sistema ichki energiyasining kamayishi hisobida bajariladi.

Puasson tenglamasi. Bosim bilan hajm orasida quyidagicha bog'lanish bo'ladi. $PV^\gamma = \text{const}$

Olingan ifoda adiabatik jarayon tenglamasi bo'lib, unga Puasson tenglamasi ham deyiladi. T, V yoki RT o'zgaruvchilarga o'tish uchun Klapeyron Mendeleyev tenglamasi yordamida Puasson tenglamasini quyidagicha yozish mumkin

$$TV^{\gamma-1} = \text{const} \quad T^\gamma P^{1-\gamma} = \text{const}$$

Adiabatik jarayon tenglamalaridir. Bu tenglamalardagi o'lchamsiz kattalikka

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{2} \text{ adiabatik ko'rsatkichi (yoki Puasson koeffitsienti) deyiladi.}$$

Ideal gaz shartlarini yetarli darajada qanoatlantiradigan bir atomli gazlar (Ne, He va boshqalar) uchun; $i=3$; $\gamma = 1,67$. Ikki atomli gazlar (N_2 , O_2 , N va boshqalar) $i = 5$, $\gamma = 1,4$ formula bo'yicha hisoblangan γ ning qiymatlari tajribalar orqali yaxshi tasdiqlanadi.

PV koordinatalarda adiabatik jarayon diagrammasi (adiabata) giperbola bilan tasvirlanadi.

Adiabatik jarayonda gazning bajargan ishini hisoblaymiz. Tenglamani quyidagi ko'rinishda yozamiz. $\delta A = \frac{m}{M} C_v dT$

Agar gaz hajmi B_1 dan to B_2 gacha adiabatik kengaysa, uning harorati T_1 dan to T_2 gacha kamayadi va ideal gazning kengayish ishi

$$A = \frac{m}{M} C_v \int_{T_2}^{T_1} dT = \frac{m}{M} C_v (T_1 - T_2)$$

Termodinamika birinchi qonunidan issiqlik sig'imini o'zgarmaslik shartiga ko'ra ($S = \text{const}$) politrop tenglamasini chiqarish mumkin: $PV^n = \text{const}$

Bunda $n = (C - C_p)/(C - C_v)$ – politropa ko'rsatkichi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Qanday gaz ideal gaz deyiladi?
2. Gazning bosimi va uning birligi.
3. Gaz molekular – kinetik nazariyasining asosiy tenglamasini keltirib chiqaring.
4. Molekulalararo o'zaro ta'sir potensial energiyasining ular orasidagi masofaga bog'liqligi nimadan iborat?
5. Qachon potensial energiya uning eng kichik qiymatiga ega bo'ladi?
6. Gazlarning erkinlik darajasi qanday aniqlanadi?
7. Gazlarning eneregiya haroratiga bog'liqligi nima?

8. Gazlarning issiqlik sig'imi nima va uning o'lchov birligini aniqlang?
9. Adibatik jarayon nima?
10. Puasson tenglamasini keltirib chiqaring

Uyga vazifa

1. Ideal gaz xossalar. Ideal gaz tenglamalarni keltirib chiqaring.
2. Molekulalarning xaotik harakati.

9 - MA'RUZA. STATISTIK FIZIKA ELEMENTLARI. MAKSVELLNING TAQSIMOT QONUNI.

Reja:

1. Bol'tsman taqsimoti. Borametrik formula.
2. Atmosferada havo molekulalarning balandlik bo'yicha taqsimoti.
3. Gaz molekulalarning tezlik va energiya bo'yicha taqsimoti. Maksvell taqsimotini tajribada tekshirish.
4. Gibbs taqsimot funksiyasi.

Tayanch iborlar: Bolt'sman taqsimoti, borametrik formulasi, tezlik bo'yicha taqsimlanishi, energiya bo'yicha taqsimlanishi, tezliklar bo'yicha taqsimoti, energiya bo'yicha taqsimoti, Maksvell taqsimoti, Gibbs taqsimoti.

Ko'rgazmali qurollar. Mavzuga oid slaydlar, animatsiya, plakatlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash.

1. Gazlarning erkinlik darajasi qanday aniqlanadi?
2. Gazlarning energiya haroratiga bog'liqligi nima?
3. Gazlarning issiqlik sig'imi nima va uning o'lchov birligini aniqlang?
4. Adibatik jarayon nima?
5. Puasson tenglamasini keltirib chiqaring.

Mavzuning borishi

1. Bol'tsman taqsimoti. Borametrik formula. p bosimni nkT bilan almashtirib hajm birligidagi molekulalar sonining balandlikka qarab

o'zgarish qonunini topamiz; $n = n_0 e^{-\frac{\mu gh}{RT}}$ bu yerda n_0 – balandligi nolga teng bo'lgan joyda hajm birligidagi molekulalar soni, n -h balandlikda hajm birligidagi molekulalar soni.

$$\epsilon_p = mgh; \quad n = n_0 e^{-\frac{\epsilon}{kT}}; \quad \frac{n_1}{n_2} = e^{-\frac{\epsilon_{p1} - \epsilon_{p2}}{kT}}$$

Bol'tsman shuni isbot qildiki, taqsimot formulasi va undan kelib chiqadigan xatolik issiqlik harakati istalgan bir xil zarralar to'plami uchun faqat yer tortish kuchlarining potensial maydonidagina emas, balki kuchlarning har qanday potensial maydonida ham to'g'ri ekanligini isbot qildi. Shu munosabat bilan *taqsimot Bol'tsman taqsimoti* deyiladi. Maksvell – Bol'tsman qonuni.

$$n = n_0 e^{-\frac{\varepsilon p}{kT}}$$

Energiyaning qiymatlari diskret bo'lgan holga tegishli Bol'tsman

taqsimotining uzil – kesil ifodasini topamiz: $N_i = \frac{N e^{-\frac{E_i}{kT}}}{\sum e^{-\frac{E_i}{kT}}}$

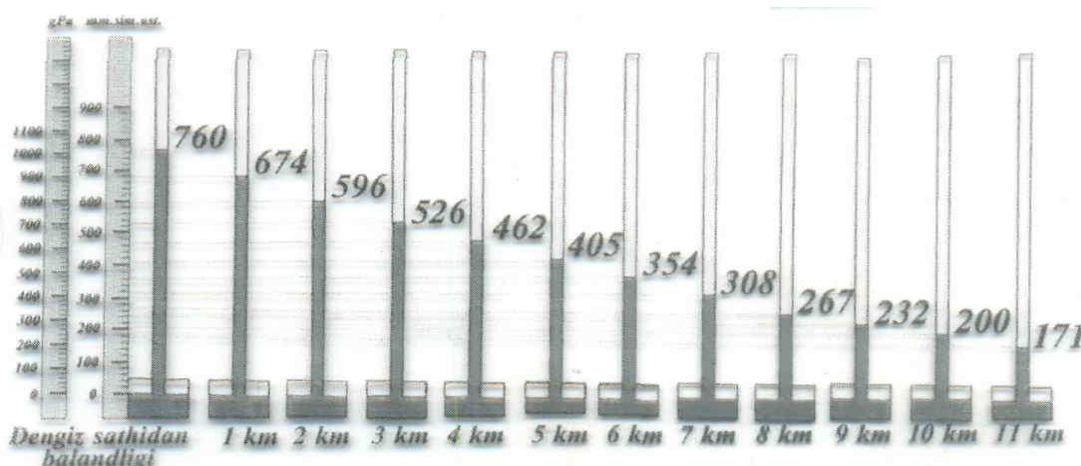
Borametrik formula. h balandlikdagi bosimni p harfi belgilaylik. U holda

$h+dh$ balandlikda bosim $p+dp$ bo'ladi. $dp = -\rho g dh$; $p = p_0 e^{-\frac{\rho g h}{RT}}$

2. Atmosferada havo molekulalarning balandlik bo'yicha taqsimoti. Torrichelli tajribasi $p = \rho_s g h$

Bol'tsman taqsimoti bir tomondan tortishish kuchlarining mavjudligi boshqa tomondan molekulalar issiqlik harakati ta'siri tufayli balandlikka qarab gazning bosimi kamayuvchi qandaydir barqaror holatga olib keladi. Tortishish maydoni bir jinsli, temperatura doimiy va barcha molekulalar massalar bir xil kabi soddalashtirishlarni kiritib balandlikka qarab bosim o'zgarishni qonunini chiqaramiz.

Agar balandlikda atmosfera bosimi R bo'lsa, $h-dh$ balandlikda u $P+dp$ ($dh > 0$ $dp < 0$ bo'lganda, balandlik ko'tarilganda bosim kamayadi) ga teng bo'ladi. P va $P+dp$ bosimlar farqi, asosining yuzi birlik yuzaga, balandligi dh bo'lgan silindr hajmiga kamaygan gazning vazniga teng. $P - (P+dp) = \rho g dh$



Turli balandliklarda bosim

Balandligi h_1 dan to h_2 ga o'zgarishda bosim P_1 dan P_2 gacha o'zgaradi, ya'ni

$$P = P_0 e^{-\frac{Mg(h_2-h_1)}{RT}}; \quad P = P_0 e^{-Mgh/(RT)}$$

$$n = n_0 e^{-Mgh/(RT)}$$

Bunda n , h balandlikdagi molekulalar kontsentratsiyasi, n_0 ham $h=0$ balandlikdagi molekulalar kontsentratsiyasi. Agar $M=m_0N_A$ (N_A - Avagadro doimiysi, m_0 - bitta molekula massasi) va $R=kN_A$ ekanligini hisobga olsak bunda $m_0gh=P$ tortilish maydonidagi molekulalarning potensial energiyasi, ya'ni

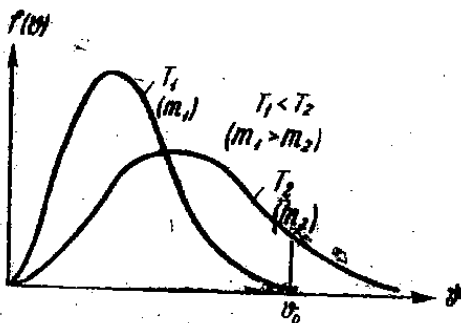
$$n = n_0 e^{-\Pi/KT}$$

3. Gaz molekulalarning tezlik va energiya bo'yicha taqsimoti. Maksvell taqsimotini tajribada tekshirish. Gaz molekulalari juda xilma xil tezliklar bilan harakat qiladi; alohida olingan har bir molekula tezligi ham kattaligi jihatidan, ham yo'nalishi jihatdan molekulalarning bir – biriga to'qnashuvi tufayli muttasil o'zgarib turadi (keyinchalik biz ko'ramizki, normal sharoitlarda har bir molekula sekundiga taxminan 10^9 to'qnashuv duch keladi.)

Molekulalar tezligining v son qiymatiga kelganda ahvol boshqacharoq v ning noldan cheksizlikkacha bo'lgan sohadagi mumkin.

Istalgan miqdordagi gaz uchun quyidagi munosabat o'rinli bo'ladi.

$$f(v) = \frac{\rho(v)}{N} = \frac{1\Delta N_v}{N\Delta v}$$



Shu tarzda aniqlangan $f(v)$ funksiya gaz molekulalarining tezliklar bo'yicha taqsimlanishini xarakterlaydi va *taqsimot funksiyasi* deb ataladi. $f(v)$ funksiyaning shaklini bilgan holda berilgan n dona molekuladan tezliklari Δv interval ichiga tushadigan molekulalar sonini, ya'ni tezliklarning qiymati v dan $v + \Delta v$ gacha sohada yotadigan molekulalarning ΔN_v sonini topish mumkin.

$$\frac{\Delta N_v}{N} = f(v)\Delta v$$

Aniqroq aytganda, shart quyidagicha yozilishi kerak: $\int_0^{\infty} f(v)dv = 1$

Taqsimot funksiyasining umumiy ta'rifidan kelib chiqib, bu funksiyaning konkret ko'rinishi qanday ekanligiga bog'liq emas.

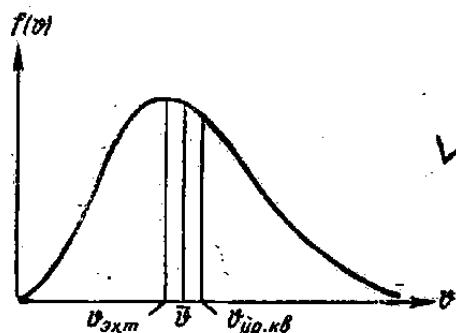
Taqsimot funksiyasini nazariy yo'l bilan Maksvell topgan, bu funksiya uning nomi bilan ataladi. Bu funksiyaning ko'rinishi quyidagicha

$f(v) = Ae^{\frac{-mv^2}{2kT}} v^2$ bu yerda A - v ga bog'liq bo'lmagan ko'paytuvchi, m – molekulaning massasi, k – Bol'tsman doimiysi.

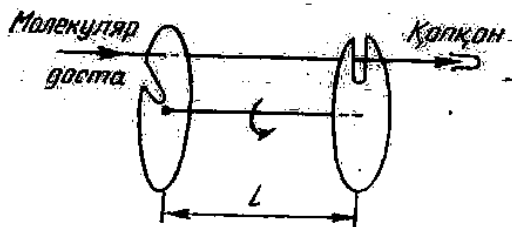
$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{\frac{-mv^2}{2kT}} v^2;$$

$$\frac{df(v)}{dv} = Ae^{\frac{-mv^2}{2kT}} v \left(2 - \frac{mv^2}{kT} \right) = 0;$$

$$v_{eht} = \sqrt{\frac{2kT}{m}}; \quad f(v_{eht}) = \frac{4}{e} \sqrt{\frac{m}{2\pi kT}} \sim \sqrt{\frac{m}{T}}; \quad f(\epsilon) = A'e^{\frac{-\epsilon}{kT}} \sqrt{\epsilon}; \quad \bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}};$$



Gaz molekulalarning energiyasi bo'yicha taqsimlanishi. Gaz molekulasi ilgari lanma harakatning o'rtacha kinetik energiyasi

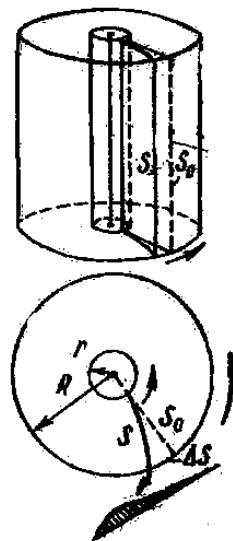


Gaz molekulasi ilgari lanma harakatning o'rtacha kinetik energiyasi

$$K = \frac{8,314 \frac{J}{mol \cdot K}}{6,0222 \cdot 10^{23} mol^{-1}} = 1,3806 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$$

$$p = \frac{2}{3} n W_{o'r}; \quad \frac{2}{3} N_A W_{o'r} = RT$$

Maksvell taqsimoti.



$$dN_v = N 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-\frac{mv^2}{2kT}} v^2 dv$$

Molekulalarning tezligini birinchi marta 1920 yilda Shtern tajribada aniqladi. Dastlabki va surilib qolgan kumush tasmachalari orasidagi Δs masofani silindirlarning ω burchak tezligi, asbobning geometriyasi va atomlarning v tezligi bilan bog'lash mumkin. Uchib o'tish vaqtini Δt orqali

belgilab, quyidagi tenglikni yozish mumkin: $\Delta s = \omega R \Delta t$; $\Delta t = \frac{R}{v}$;

$v = \frac{\omega R^2}{\Delta s}$ $v = \frac{\omega l}{\varphi}$. Bu holda eng katta ehtimolli tezlik $\overline{v'}_{eht.} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$,

O'rtacha tezlik esa $\overline{v'} = \sqrt{\frac{9\pi kT}{8m}}$

4. Gibbs taqsimot funksiyasi. $f(P, q) = \exp \left\{ \frac{\Omega - H(P, q) + \mu N}{kT} \right\}$

μ –kimyoviy potensial,

H -Gamilton funksiyasi,

Ω – termodinamik potensial

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Borametrik formulada gaz bosimi bilan balandlik orasida qanday munosabat mavjud?
2. Atmosfera bosimida Torrichella tajribasining mohiyati nimada?
3. Maksvellning molekulalar tezliklar bo'yicha taqsimot qonuni qanday mohiyatga ega?
4. Maksvellning taqsimot qonunidan Bol'tsman taqsimot qonunidan qanday farq qiladi?
5. Gaz molekulalarning taqsimot funksiyasi haroratga qanday bog'langan?
6. Taqsimot funksiyasi molekulalar energiyasiga qanday bog'langan?
7. Gibbs taqsimot funksiyasi qanday mohiyatga ega?

Uyga vazifa

1. Molekulyar massa va uning o'lchov birligi.
2. Internet saytlarda molekulyar kinetik nazariya va statistik fizika qonunlarini mustaqil ravishda o'rganish.

10 - MA'RUZA. GAZ MOLEKULALARNING ERKIN YUGURISH TEZLIGINING O'RTACHA UZUNLIGI. GAZLARDAGI DIFFUZIYA.

Reja:

1. Gaz molekulalarning erkin chopish masofasi. Erkin chopishning haroratga bo'g'liqligi.
2. Gazlarning issiqlik o'tkazuvchanligi. O'ta siyraklashgan gazlar.
3. Gazlardagi diffuziya. Gazlarda diffuziya koeffitsienti.
4. Gazlardagi qovushqoqlik. Gazlarning effuziyasi.
5. Oziq-ovqat sanoatida diffuziya hodissasining qo'llanilishi.

Tayach iboralar: erkin chopish yo'li, effektiv diametr, suyultirilgan gaz, molekulalar to'qnashishi, to'qnashish soni, past bosim, siyraklashgan gaz, deffuziya, deffuziya koeffitsienti, qovushqoqlik, effuziya.

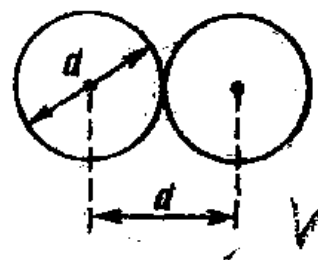
Ko'rgazmali qurollar: slaydlar, animatsiya, plakatlar.

O'tilgan mavzuni takrollash.

1. Statistik fizikaning asoslari nima?
2. Maksvellning molekulalar tezliklar bo'yicha taqsimot qonuni qanday mohiyatga ega?
3. Maksvellning taqsimot qonunidan Bol'tsman taqsimot qonunidan qanday farq qiladi?
4. Gaz molekulalarning taqsimot funksiyasi haroratga qanday bog'langan?
5. Taqsimot funksiyasi molekulalar energiyasiga qanday bog'langan?
6. Gibbs taqsimot funksiyasi qanday mohiyatga ega.

Mavzuning borishi.

1. Gaz molekulalarning erkin chopish masofasi. Erkin chopishning haroratga bo'g'liqligi. Molekula ketma – ket to'qnashish orasidagi vaqt ichida biror l yo'l bosib o'tadi, bu yo'l erkin yugurish yo'lining uzunligi deb ataladi. Λ - molekulaning ketma – ket kelgan ikkita to'qnashish orasida bosib o'tadigan o'rtacha l yo'li bu yo'l erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi deb ataladi.



Bir sekund ichida molekula o'rtacha hisobda o'rtacha $\bar{v}$ tezlikka teng bo'lgan masofani bosib o'tadi. Agar molekula bir sekund ichida o'rta hisobda v marta to'qnashsa, u holda erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi quydagicha bo'ladi.

$$\lambda = \frac{\bar{v}}{v} \quad v = \sqrt{2} \pi d^2 \bar{v} n \quad \lambda = \frac{1}{\sqrt{2} \pi d^2 n}$$

Erkin chopishning haroratga bo'g'liqligi. O'zgarmas temperaturada n son p bosimga proporsional ravishda o'zgargani uchun, erkin yugurish yo'lining o'rtacha λ uzunligi bosimga teskari proporsionaldir. $\frac{1}{p}$

Yuqorida aytib o'tilganidek, temperatura ko'tarilganda molekulalarning effektiv diametrik kamayadi. Shuning uchun temperatura ko'tarilganda erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi ortadi. λ bilan T orasidagi bog'lanish

Syozerlendning quyidagi formulasi bilan ifodalandi: $\lambda = \lambda_{\infty} \frac{T}{T + C}$, bu yerda C – har bir gaz uchun xarakterli bo'lgan o'zgarmas kattalik, uning o'lchamligi temperatura o'lchamligi bilan bir xil, u Syozerlend doimiysi deb ataladi. λ_{∞} - erkin yugurish yo'lining $T = \infty$ bo'lganligi o'rtacha uzunligi.

2. Gazlarning issiqlik o'tkazuvchanligi. O'ta siyraklashgan gazlar. Agar biror muhitda biror z yo'nalish bo'ylab temperatura doimiy qolmasa, u holda o'sha yo'nalish bo'ylab issiqlik oqimi qaror topishi tajribada

aniqlangan. Bu issiqlik oqimining kattaligi $q = -\chi \frac{dT}{dz} S$ formula bilan aniqlanadi, bu yerda q - z o'qqa perpendikulyar vaziyatda joylahsgan S yuz orqali vaqt birligi ichida oqib o'tadigan issiqlik miqdori, $\frac{dT}{dz}$ - temperatura gradienti, χ – muhitning xossalari bog'liq bo'lgan proporsionallik koeffitsientidir; u issiqlik o'tkazuvchanlik koeffisienti deb ataladi. q ning o'lchamligi j/sek.

S – yuz orqali t vaqt ichida oqib o'tadigan Q issiqlik miqdorini hisoblab topish uchun q ni t ga ko'paytirish kerak: $Q = qt = -\chi \frac{dT}{dz} St$

O'ta siyraklashgan gazlar. Molekulalarning erkin yugurish yo'li uzunligi idishning chiziqli o'lchamlaridan ortiq bo'lsa, idish ichida vakuumga erishildi, deb gapiriladi. Bunday *o'ta siyraklashgan gazlar* deb ataladi. O'ta siyraklashgan gazlarning xarakteri bir qator xususiyatlari bilan ajralib turadi. Vakuum sharoitda gazning bir qismi ikkinchi qismiga bosim ko'rsatadi. Odatdagi sharoitlarda molekulalar bir – biri bilan tez – tez to'qnashib turadi. Shuning uchun gazni har qanday sirt bo'ylab molekulalar orasida impuls almashish yuz beradi va binobarin gazning bir qism ikkinchi qismiga ajralish sirti bo'ylab p bosim bilan ta'sir qiladi. Vakuum holatida molekulalar idishning devori bilangina impuls almashinishi, natijada gazning devorga beradigan bosim tushunchasigina ma'noga ega bo'ladi. Bu holatda gazda ichki ishqalanish ham bo'lmaydi. Lekin o'ta siyraklashgan gaz ichida harakatlanuvchi jismga ishqalanish kuchlari ta'sir qiladi, buning sababi, molekulalar bu jismga urilib, uning impulsini o'zgartiradi.

Plastinkaga har sekund ichida uriladigan $\frac{1}{6}n\bar{v}S$ dona molekulaning har biri o'zi bilan $\frac{i}{2}kT_2$ energiya olib keladi va $\frac{i}{2}kT_1$ energiya olib ketadi. Binobarin, molekulaning plastinkaga har bir urilishi natijasida plastinka $\frac{i}{2}k(T_1 - T_2)$ energiya yo'qotadi. Molekula har bir urilganda ikkinchi plastinka o'shancha miqdorda energiya oladi.

$$q = \frac{1}{6}n\bar{v}\frac{i}{2}k(T_1 - T_2)S; \quad q = \frac{1}{6}\rho\bar{v}c_v(T_1 - T_2)S$$

3. Gazlardagi diffuziya. Gazlarda diffuziya koeffitsienti. Diffuziya protsessida molekulalarning to'liq soni va binobarin, bosim o'zgarmaydi. Faqat turli n- molekulalar qayta taqsimlanadi, ya'ni n_1 kattaliklar o'zgaradi, shu bilan birga biror joyda komponentlardan biri uchun n_1 ortsa, ayni vaqtda boshqa komponentalar uchun n_1 o'zgaradi, natijada n_1 lar yig'indisi o'zgarmay qolaveradi.

Bu massaning quyidagicha ifodalanishi tajribadan topilgan:

$M_1 = -D \frac{dc}{dz} S$. Bu yerda D - proporsionallik koeffitsienti bo'lib, diffuziya koeffitsienti deb ataladi. $\frac{dc_1}{dz} S$ yuz fikran joylashtirilgan kesimdagi absolyut kontsentratsiyaning gradienti.

Ravshanki, S yuz orqali t vaqt ichida olib o'tiladigan massa quyidagiga teng.

$$M_1 t = -D \frac{dc_1}{dz} St.$$

Ayni vaqtda ikkinchi n - molekulalarning birinchi nav molekulalarga qarshi yo'nalgan oqimi mavjud bo'ladi, bu oqim ham oldingisi kabi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi: $M_2 = -D \frac{dc_2}{dz} S$; $M_1 = -D \frac{dc}{dz} S$ tenglama diffuziyaning tenglamasidir. Bundagi "-" ishora massa (molekulalar) mazkur komponentaning kontsentratsiyasi kamayadigan yo'nalishda ko'chishini ko'rsatadi.

Diffuziya tenglamasini molekulyar – kinetik tasavvurlarga asoslanib chiqarishga urinib ko'ramiz va hisobni soddalashtirish uchun ikkala komponenta molekulalarining massalari bir – biridan juda oz farq qiladi. ($m_1 \approx m_2 \approx m$) va ularning effektiv kesimlari deyarli bir xil ($\sigma_1 \approx \sigma_2 \approx \sigma$) deb hisoblaymiz. Ikkala komponenta molekulalarning issiqlik harakatning $\vec{v}$ o'rtacha tezligini bir xil deb olib, erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligini

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2} \delta n} \text{ formuladan hisoblab topish mumkin, bu yerda } n = n_1 + n_2.$$

Gazlarda diffuziya koeffitsienti. Diffuziya koeffitsientining gazokinetik ifodasini topamiz. $D = \frac{1}{3} \bar{v} \lambda$.

η - bilan D orasidagi quyidagi bog'lanishni topamiz: $\tau = sD$
 $D = \frac{1}{3} \bar{v} \lambda$ ga $\bar{v}$ va λ ning ifodasini qo'yib,

Turli massali va turli kesimli molekulalar aralashmasi uchun diffuziya koeffitsienti quyidagicha ifodalanishi hisoblab topilgan: $D = B \sqrt{\frac{T}{m'}} \frac{1}{d_{12}^2 n}$

Bu yerda B sonli koeffitsient, $m' = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ - molekulalarning keltirilgan massa deb ataluvchi massasi va $d_{12} = \frac{d_1 + d_2}{2}$ - effektiv diametrlarning yarim yig'indisi.

4. Gazlardagi qovushqoqlik. Gazlarning effuziyasi. Agar gaz oqimidagi tezlik qatlamdan qatlama o'zgarsa, u holda ikkita qo'shni qatlam

chegarasida ichki ishqalanishi kuchi ta'sir qiladi. $f = \eta \frac{du}{dz} S$

Bu yerda η - qovushqoqlik koeffitsienti. $\eta \sim nm \sqrt{\frac{T}{m}} \frac{1}{nd^2} \sim \frac{\sqrt{m}}{\delta} \sqrt{T}$

Gazlarning effuziyasi. Effuziyada bir bularning ikkitasini ko'rib chiqaylik. Mulohazalarimizni soddalashtirish uchun biz, idish ichidagi gaz shu qadar kuchli sayraklashtirilganki, erkin yugurish yo'lining uzunligi idishning chiziqli o'lchamlaridan ortiq, deb faraz qilamiz. Bu holda molekulalar to'siqdagi teshik orqali o'tib, to idishning devorlariga yetguncha to'g'ri chiziqli trayektoriyalar bo'ylab harakat qiladi.

Issiqlik effuziyasi. $\frac{p_1}{p_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{T_2}{T_1}$

Bosimlar nisbati quyidagicha bo'ladi: $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{n_1 kT}{n_2 kT} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Molekulalarning effektiv diametri nima?
2. Erkin chopish yo'li nima?
3. Gazlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti nima?
4. Diffuziya deb nimaga aytiladi?
5. Diffuziya temperaturaga bog'liqmi?

6. Gazlarning qovushqoqlik koeffisientini keltirib chiqaring.
7. Effuziya nima?
8. Diffuziya effuziyadan qanday farq qiladi?

Uyga vazifa

Kompyuter texnikasida o'ta siyraklashgan gazlardan monitorda foydalanish darajasi.

11-MA'RUZA. REAL GAZLAR.

Reja:

1. Molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlari to'g'risida tushuncha.
2. Real gazning holat tenglamasi. Kritik holat.
3. Van-der-Vaals tuzatmalari. Joul -Tomson hodissasi.
4. Gazlarni suyultirish. Suyultirilgan gaz xossalari.

Tayanch iboralar: Real gaz, real gaz holat tenglamasi, kritik holat, Van – der – Vaals izotermalari, gazlarni suyultirish, Joul – Tomson hodissasi.

Ko'rgazmali qurollar: Real gazlarga oid slaydlar, animatsiyalar.

O'tilgan mavzuni takrorlash.

1. Diffuziya deb nimaga aytiladi?
2. Diffuziya temperaturaga bog'liqmi?
3. Gazlarning qovushqoqlik koeffisientini keltirib chiqaring.
4. Effuziya nima?
5. Diffuziya effuziyadan qanday farq qiladi?

Mavzuning borishi.

1. Molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlari to'g'risida tushuncha. Gazlar molekulyar kinetik nazariyasida foydaniladigan ideal gazning modeli, yetarli darajadagi yuqori harorat va past bosimlarda siyraklashgan real gazlar xossalarni tasvirlashga imkon beradi. Ideal gaz holat tenglamasini chiqaradigan molekulalar o'lchamlari va ularning bir - biri bilan o'zaro ta'siri e'tiborga olinmaydi. Bosimning oshishi molekulalar orasidagi o'rtacha masofani kamayishiga olib keladi, shuning uchun molekulalar hajmi va ular orasidagi o'zaro ta'sirni hisobga olish lozim.

Gaz xossalari. Molekulalarning o'zaro tasiriga bog'liq bo'lgan real gazlar qaralganda, molekulalararo o'zaro ta'sir kuchlarini hisobga olish lozim. Ular 10^{-9} metrdan kichik masofalarda paydo bo'ladi va molekulalar orasidagi masofalarni orttirish bilan tez kamayadi. Bunday xildagi kuchlarga qisqa ta'rif etuvchi kuchlar deyiladi.

2. Real gazning holat tenglamasi. Kritik holat. Gazlar uchun tortishish kuchlarining mavjudligi gaz ichki bosimning paydo bo'lishiga olib keladi.

$$P = \frac{Q}{V_m^2}$$

Gaz molekulari orsidagi ta'sir etuvchi tortishishi kuchlarini yengish uchun sarflanadigan ish, mexanikadan ma'lumki, sistema potentsial energiyasining ortishishiga olib keladi.

$$\delta A = P' dV_m = \delta \Pi \quad \text{yoki} \quad \delta \Pi = \frac{Q}{V^2} dV_m$$

Bunda

$$d\Pi = -Q / V_m$$

Bir mol real gazning ichki energiyasi

$$U_m = \frac{C_v T - a}{V_m}$$

Kritik holat. Temperatura ortishi bilan to'yingan bug'ning zichligi ortib boradi, suyuqliklarning zichligi esa kengayishi natijasida kamayib boradi. Temperturaning ko'tarilgan sari bu zichliklarning qiymatlari bir – biriga yaqinlashadi va ma'lum bir temperaturada tenglashadi. Boshqacha aytganda, suyuqlik va bug' orasidagi farq yo'qoladi. Suyuqlikning bunday holati kritik holat, temperaturaga esa kritik temperatura deyiladi. Yuqorida aytilganidek, kritik holat kritik parametrlar p_k , V_k , T_k bilan xarakterlanadi. Har bir suyuqlik uchun kritik temperaturaning qiymatlari turlicha bo'ladi. Geliy uchun $T_k=5K$, uchun $T_k=647K$.

3. Van-der-Vaals tuzatmalari. Joule -Tomson hodissasi. Real gazlar uchun molekularlarning o'lchamlari va ularning o'zaro ta'sirini hisobga olish kerak, shu sababli ideal gaz modeli va ideal gazni ta'siraydigan Klayperon - Mendeleyev tenglamasi $PV_m=RT$ (bir mol gaz uchun), real gaz uchun yaroqsizdir.

Molekulalar xususiy hajmi va molekulararo o'zaro ta'sir kuchini hisobga olgan Gollandiyalik fizik Van – der- Vaals real gaz holat tenglamasini chiqardi. Van – der-Vaals, Klayperon- Mendeleyev tenglamasiga ikkita tuzatma kiritdi.

1.Molekula xususiy hajmini hisobga olish. Molekula egallagan hajmga boshqa molekularni kirishiga to'sqinlik qiladigan itarishishi kuchlarining mavjudligi real gaz molekulari harakatlana oladigan haqiqiy erkin hajm V_m bo'lmasdan, V_m-b-v bo'ladi. Bunda v - molekularlarning o'zlari bilan egallagan hajm. V hajm molekula xususiy hajmining to'rtlanganiga teng. Agar idishda ikkita molekula bo'lsa, ularning markazlari bir – biriga

molekula d - diametridan kichik bo'lgan masofadan yaqin kela olmaydi. Bu ikkala molekula markazlari uchun radius d sferik hajm, bitta molekulaga hisoblaganda esa molekula hajmining to'rtlanganligiga teng

2. Molekulalar tortishishini hisobga olish. Gazlarda tortishish paydo qiladi. Van - der - Vaalsining hisoblashicha ichki bosim molyar hajm kvadrata

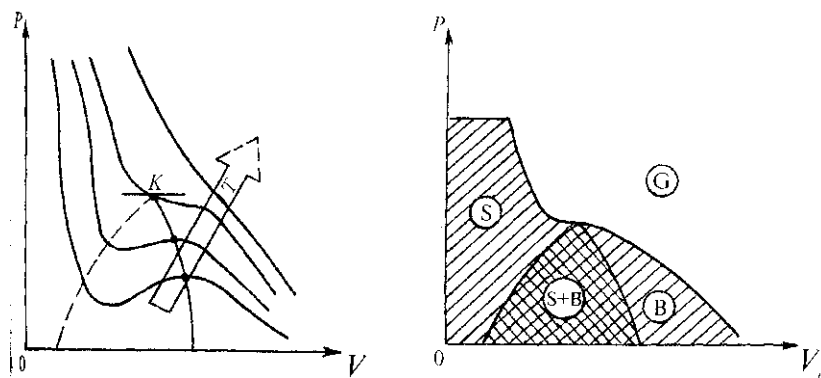
tiga teskari proporsional, ya'ni $P' = \frac{Q}{V_m^2}$. Mazkur tuzatmalarni kiritib 1 mol gaz uchun Van - der - Vaals tenglamasini (real gaz holat tenglamasi)

olamiz: $P + \left(\frac{Q}{V_m^2} \right) \cdot (V_m - b) = RT$. Istalgan modda miqdori $v = m/M$

uchun, $V = vV_m$ -ni hisobga olsak Van - der - Vaals tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi.

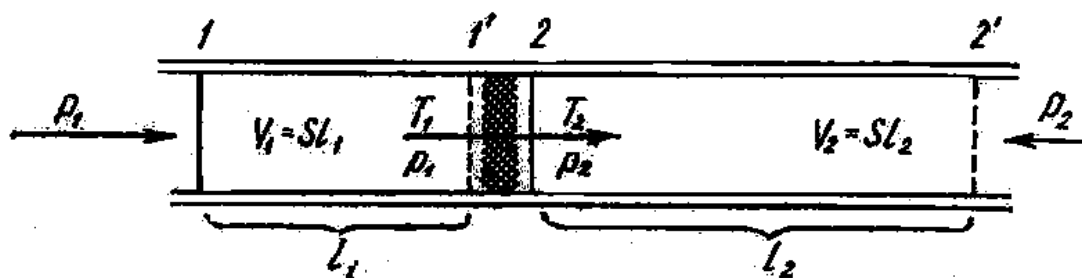
$$\left(P + \frac{V^2 Q}{V^2} \right) \left(\frac{V}{v} - b \right) = RT \quad \text{yoki} \quad \left(P + \frac{v^2 Q}{V^2} \right) (V - vb) = vRT$$

Bunda Q va b tuzatmalar tajriba orqali aniqlanadigan har bir gaz uchun doimiy kattaliklar.



Joul -Tomson hodissasi. Gazlarni suyultirish. Suyultirilgan gaz xossalari. Joul – Tomson tajribasi devorlari issiqlikni juda yomon o'tkazadigan trubka ichida gazning barqaror (vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan) oqimi hosil qilinadi. Trubka ichida mayda teshiklari bo'lgan to'siq (paxtadan qilingan tiniq) bor bo'lib, mana shu tiniqda bosim eng katta p_1 qiymatidan eng kichik p_2 qiymatiga qadar o'zgargan. Buning natijasi gaz keskin kengaygan. Tajribada temperaturalar ayirmasi $\Delta T = T_2 - T_1$ o'lchab yuboriladi. Gaz ichki energiyasining ortirmasi gaz ustida bajarilgan ishga teng bo'lishi kerak:

$$\begin{aligned} U_2 - U_1 &= A' \\ A' &= p_1 S l_1 - p_2 S l_2 \\ U_1 + p_1 V_1 &= U_2 + p_2 V_2 \end{aligned}$$



4. Gazlarni suyultirish. Suyultirilgan gaz xossalari. Gazning suyuqlik holatiga o'tishiga gazning suyulishi deyiladi. Gazlarni suyultirishni birinchi marta D.I.Mendeleyev tushuntirgan. Gazning temperaturasi kritik temperaturadan past, bosim esa kritik bosimdan yuqori bo'lsagina uni suyultirish mumkin.

Gazlarni suyultirish uchun ularning temperaturasini pasaytirish ikki xil usulda amalga oshirilishi mumkin.

1) Agar gazning temperaturasi inersiya va kritik temperaturadan past bo'lsa, unda kengayishda molekulalar orasidagi tortishi kuchlariga ish bajarish natijasida gazning temperaturasi pasayadi;

2) Adiabatik kengayishda tashqi kuchlarga qarshi ish bajarish natijasida, gazning temperaturasi pasayadi.

Suyultirilgan gaz xossalari. Suyultirilgan gazlar temperaturasida turli qattiq holatga o'tishi mumkin. Masalan, simobga suyuq havo quyib qattiq simob olish mumkin. Suyultirilgan havo spirtli idishga solinsa, qattiq spirt hosil bo'ladi.

Gazlarning suyulish temperaturasida juda ko'p moddalarning xossalari keskin o'zgaradi. Misol uchun, simob va rux bolg'alanuvchi, plastik metall – qo'rg'oshin esa xuddi po'latdek elastik bo'lib qoladi.

Suyulgan gazlar juda tez bug'lanadi. Ularni saqlash uchun Dyuar maxsus idish yasadi. U oraliqdagi havosi so'rib olingan ikkita ichma-ich joylashgan shisha idishdan iborat bo'lib, idish ichidagi moddaning tashqi muhit issiqlik almashinuvi mumkin qadar kamaytirilgan. Tushayotgan nur qizdirmasligi uchun idish devorlari oynadan qilinadi. Dyuar idishi kundalik hayotimizda mahsulotni qaynoq saqlash uchun foydalaniladigan termosning o'zginasidir.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Moddaning agregat holati qanday aniqlanadi?
2. Real gaz qanday gaz va u ideal gazda nimasi bilan farq qiladi?
3. Ichki bosim nimaga teng?
4. Real gazning umumiy bosimi nimaga teng?
5. Van – der – Waals doimiylarining qiymati aniqlanadi?
6. Van – der – Waals izotermalari ideal gaz izotermalaridan nimasi bilan farq qiladi?

7. Kritik izoterma deb qanday izotermaga aytiladi?
8. Gazlarning suyulishi deb nimaga aytiladi?

Uyga vazifa

Internet saytlardan real gaz haqida ma'lumotlar bazasini to'ldirish.

12-MA'RUZA. TERMODINAMIKA ASOSLARI. TERMODINAMIKANING IKKINCHI QONUNI QO'LLANILISHI.

REJA:

1. Termodinamik muvozanat. Ichki energiya.
2. Qaytar va qaytmas jarayonlar. Termodinamikaning birinchi qonuni.
3. Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Karno sikli.
4. Entropiya haqida tushuncha. Termodinamikaning uchinchi qonunlari.

Tayanch iboralar: termodinamika asoslari, ichki energiya, qaytar jarayonlar, qaytmas jarayonlar, termodinamika qonunlari, termodinamika ikkinchi qonuni, karno sikli, entropiya, termodinamikaning uchinchi qonuni.

Ko'rgazmali qurollar: Termodinamika asoslariga oid slaydlar, termodinamika asoslariga oid animatsion dastur, termodinamika asoslariga oid plakatlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash.

1. Moddaning agregat holati qanday aniqlanadi?
2. Real gaz qanday gaz va u ideal gazda nimasi bilan farq qiladi?
3. Ichki bosim nimaga teng?
4. Real gazning umumiy bosimi nimaga teng?
5. Van – der – Waals doimiylarining qiymati aniqlanadi?
6. Van – der – Waals izotermalari ideal gaz izotermalaridan nimasi bilan farq qiladi?
7. Kritik izoterma deb qanday izotermaga aytiladi?
8. Gazlarning suyulishi deb nimaga aytiladi?

Mavzuning borishi.

1. Termodinamik muvozanat. Ichki energiya. Fizikaning termodinamik muvozanat holatida bo'lgan makroskopik sistemalarning umumiy xossalari va bu holatlar o'rtasidagi o'tish jarayonlarni o'rganadigan bo'limdir. U tajriba natijalarni umimlashtirish asosida topilgan fundamental qonunlar – qonunlarga tayanib ish ko'radi.

Ichki energiya. Mexanikaviy energiyasi o'zgarmaydigan sistemalarda ish bajarilganda ular ichki energiyasi o'zgarishi hisobidan vujudga keladi. Bir

jismdan ikkinchisiga energiya uzatilishning ikki: ish va issiqlik shakllari haqida gapirish mumkin. Mexanik harakat energiyasi issiqlik harakati energiyasiga va aksincha aylanish mumkin. Bunday aylanishlarda energiyaning aylanish va saqlanish qonunlariga rioya qilinadi: ko'p yillik tajribalar natijalarini umumlashtirish natijasida bu qonunni termodinamik jarayonlarga qo'llanilishi - termodinamikaning birinchi bosh qonuni hisoblanadi.

Ichki energiyaning o'zgarishi. $\Delta U = U_2 - U_1$ sistema olgan issiqlik miqdori Q va sistemaning tashqi kuchlarga qarshi bajargan A - ishning farqiga teng va bir xil bo'ladi: $\Delta U = Q - A$ yoki $Q = \Delta U + A$.

Tenglama termodinamika birinchi bosh qonunini ifodalaydi. Bu ifoda differensial shaklda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi. $dQ = dU + dA$; $\delta Q = dU + \delta A$ dU elementar ichki energiyasining cheksiz kichik o'zgarishi, δA elementar ish δQ - cheksiz kichik issiqlik miqdori. Bu ifodada dU to'la differensial bo'lib, A va δQ lar esa unday hisoblanmaydi. Bundan keyin termodinamika birinchi bosh qonuni shaklidagi ifodadan foydalanamiz. SI sistemada issiqlik miqdori, ish va energiya bir xil birliklarda, ya'ni joullar (J) ifodalanadi.

Agar sistema davriy ravishda o'zining boshlang'ich holatiga qaytib tursa, u holda ichki energiyaning o'zgarishi $\Delta U = 0$ bo'ladi. U holda termodinamika birinchi bosh qonuniga asosan, $A = Q$.

2. Qaytar va qaytmas jarayonlar. Termodinamikaning birinchi qonuni. Agar sistema bir necha holatlarni o'tib, yana o'zining boshlang'ich holatiga qaytib kelsa, unga aylanma jarayon deyiladi.

Binobarin sikl davomida gaz tomondan bajarilgan ish yopiq egrilik bilan chegaralangan yuz kattaligi bilan aniqlanadi. Agar sikl davomida musbat ish bajarilsa, $A = \int P dV > 0$ (sikl soat strelkasi yo'nalishda o'tadi), unga to'g'ri sikl deyiladi. Agar manfiy ish bajarilsa, $A = \int P dV < 0$ (sikl soat strelkasi yo'nalishiga qarama - qarshi yo'nalgan), unga teskari sikl deyiladi.

To'g'ri sikl tashqaridan olingan issiqlik hisobida ish bajarib, davriy ravishda ishlovchi dvigatellarda - issiqlik dvigatellarida bajariladi.

Teskari sikl tashqi kuchlar hisobida harorat yuqoriroq bo'lgan jismga issiqlik ko'chiradigan davriy ishlovchi qurilmalar - sovutgich mashinalarida ishlatiladi.

Aylanma jarayon natijasida sistema o'zining boshlang'ich holatiga qaytadi, binobarin, gaz energiyasining to'la o'zgarishi nolga teng bo'ladi. Shunga ko'ra, aylanma jarayon uchun termodinamikaning birinchi bosh qonuni $Q = \Delta u + A = A$ ya'ni sikl davomida bajarilgan ish, tashqaridan olingan issiqlik midoriga teng. Ammo, sistema aylanma jarayon natijasida issiqlik olishi va issiqlik berishi mumkin, shu sababli $Q = Q_1 - Q_2$ bunda Q_1 – sistemani

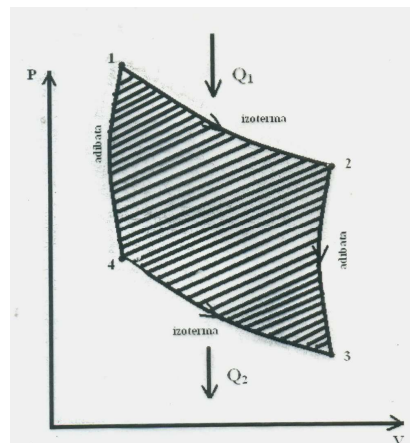
olgan issiqlik miqdori Q_2 - sistema bergan issiqlik miqdori. Shuning uchun aylanma jarayon uchun termik foydali ish ko'effitsenti

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Termodinamikaning birinchi qonuni. Termodinamik sistemalarda o'tadigan muvozanatli jarayonlar orasida asosiy holat parametrlardan bittasi o'zgarmasdan qoladigan izojarayonlar ajralib turadi. Sistemaga berilgan issiqlik miqdori sistemaning ichki energiyasini oshirishga va sistemaning tashqi jismlar ustida ish bajarishiga sarflanadi.

$$\Delta'Q = \Delta U + \Delta'A; \quad d'Q = dU + d'A$$

$$Q = (U_2 - U_1) + A; \quad \int_1^2 d'A = A_2 - A_1$$



Termodinamika birinchi qonunining qo'llanilishi.

Izobarik jarayon:

$$Q = \Delta U + A = U_2 - U_1 + p(V_2 - V_1) = (U_2 - p_2 V_2) - (U_1 - p_1 V_1)$$

3. Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Karno sikli. Termodinamikaning ikkinchi qonuni quyidagi ko'rinishni oladi.

$$dU + \delta A = 0 \quad \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad \frac{Q_2}{A} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

Termodinamikaning ikkinchi bosh qonuni. Entropiya tushunchasi va Klauzinus tengsizligidan foydalanib termodinamika ikkinchi qonuni qaytmas jarayonda yopiq sistema entropiyasining o'sishi qonuni shaklida ta'riflash mumkin: yopiq sistemada har qanday jarayon shunday o'tadiki, bunda sistemaning entropiyasi ortadi. Termodinamika ikkinchi bosh qonuniga ancha ixcham ta'rif berish mumkin: yopiq sistemada o'tuvchi jarayonlarda entropiya kamaymaydi.

Bol'tsman ta'rifi asosan entropiyaning ortishi sistemani ehtimolli holatdan ko'proq ehtimoliga o'tishligini bildiradi.

1) Kelvin bo'yicha: birdan - bir natijasi isitgichdan olingan issiqlik ekvivalent miqdoridagi ishga aylantiruvchi aylanma jarayon bo'lishi mumkin emas.

2) Klauzinus bo'yicha: birdan - bir natijasi sovuqroq jismdan issiqroq jismga issiqlikning uzatilishi hisobiga o'tuvchi aylanma jarayon bo'lishi mumkin emas.

Karno sikli. Karno termodinamika ikkinchi qonuniga asoslanib o'zining teoremasini chiqardi: isitgichning harorati barcha davriy ishlovchi

issiqlik mashinalaridan qaytar jarayonli mashinalarda eng katta foydali ish koeffitsientiga ega bo'ladi, bunda isitgich harorati T_1 va sovutgich harorati T_2 bir xil haroratlarda ishlovchi qaytar mashinalarning f.i.k.lari bir – biriga teng bo'lib, ishchi jismning tabiatiga bog'liq bo'lmaydi.

Karno ikkita izoterma va ikkita adiabatadan iborat eng samarali bo'lgan qaytar siklni nazariy tarzda tahlil etdi. Ishchi jism ideal harakatdagi porshen ostidagi idishda qamalib, karnoning to'g'ri siklini bajarsin.

Karno sikl unda 1-2 va 3-4 egriliklar izotermik kengayish va siqilishiga mos keladi, 2-3 va 4-1 egriliklar esa adiabatik kengayish va siqilishiga mos keladi. Izotermik jarayonda $U = \text{const}$ shu sababga ko'ra gaz bajargan ish istigichdan olingan issiqlik miqdori Q_1 va sovutgichga berilgan issiqlik miqdori Q_2 hamda isitgich temperaturasi T_1 sovutgich temperaturasi T_2 ga bog'liq bo'ladi. Bu vaqtda mashinaning f.i.k.

4. Entropiya haqida tushuncha. Termodinamikaning uchinchi qonunlari. Entropiya yopiq siklda mashina mexanizmining olgan issiqlik

miqdorining haroratga nisbati nolga teng. $\sum_0 \frac{\Delta Q}{T} = 0$. Yopiq sirt 1 chi 2 chi

tugunlar orasida hosil bo'lsa, $\sum_{1 \rightarrow 2} \frac{\Delta Q_1}{T} + \sum_{2 \rightarrow 1} \frac{\Delta Q_2}{T} = 0$; $\left(\frac{\Delta Q}{T} \right) = \Delta S = S_2 - S_1$

Entropiya tushunchasi va Klauzinus tengsizligidan foydalanib termodinamika ikkinchi qonuni qaytmas jarayonda yopiq sistema entropiyasining o'zini qonuni shaklida ta'riflash mumkin: yopiq sistemada har qanday jarayon shunday o'tadiki, bunda sistemaning entropiyasi ortadi. Termodinamika ikkinchi bosh qonuniga ancha ixcham ta'rif berish mumkin: yopiq sistemada o'tuvchi jarayonlarda entropiya kamaymaydi.

Bo'ltzman ta'rifiga asosan entropiyaning ortishi sistemani ozroq ehtimolli holatdan ko'proq ehtimolli holatdan ko'proq ehtimoliga o'tishligini bildiradi. Termodinamika ikkinchi bosh qonunining yana ikkita ta'rifini keltiramiz.

1) Kelvin bo'yicha: Birdan – bir natijasi isitgichdan olingan issiqlikni ekvivalent miqdoridagi ishga aylantiruvchi aylanma jarayon bo'lishi mumkin emas.

2) Klauzinus bo'yicha: Birdan – bir natijasi sovuqroq jismdan issiqroq jismga issiqlikning uzatilishi hisobiga o'tuvchi aylanma jarayon bo'lishi mumkin emas.

Entropiya additiv doimiylikkacha aniqlik bilan topiladi, u holda qulay bo'lishi uchun bu doimiylikni nolga teng deb olinadi. Nernst-Plank teoremasidan ko'rinadiki C_p va C_v issiqlik yig'implari nolga teng bo'ladi.

$$0 \leq \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0$$

$$1 \leq \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad \Delta S \geq 0$$

Termodinamikaning uchinchi qonunlari. Izolyasiyalangan sistema-ning entropiyasi faqat ortishi yoki doimiy qolaverishi mumkin. Izoliya-siyalangan sistemaning entropiyasi kamayishi mumkin emas.

$$\Delta'Q = T\Delta S; \quad Q_{12}=T_1(S_1-S_2), \quad Q_{31}=T_2(S_2-S_1) \\ Q=Q_{12}+Q_{31}=T_1(S_1-S_2)+T_2(S_2-S_1)=(T_1-T_2)(S_1-S_2)$$

Termodinamikaning uchinchi qonuniga ko'ra issiqlik miqdori temperaturasi past bo'lgan jismdan temperaturasi yuqori bo'lgan jismga o'z- o'zidan berilmaydi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Termodinamika nimani o'rganadi?
2. Ichki energiya birligi qanday aniqlanadi.
3. Qaytar jarayon nima?
4. Qaytmas jarayon nima?
5. Qaytar jarayonni qaytmas jarayonlaridan nimasi bilan farq qiladi?

Uyga vazifa

Internet slaytlardan termodinamika haqida ma'lumotlar bazasini to'ldirish.

13 - MA'RUZA. QATTIQ JISM. FONONLAR. SUYUQLIKLAR.

Reja:

1. Ideal kristall panjaradagi atomlarning joylanishida uzoq tartib.
2. Kristallardagi atomlar aro bog'lanishning turlari va ularning issiqlik tebranishlari.
3. Fononlar haqida tushuncha.
4. Suyuqliklarda molekulalarning harakati. Yaqin tartib.
5. Sirt tarangik kuchi. Kapilyarlik hodisasi.

Tayanch iboralar: kristallarning anizotropiigi, monokristallar, roli kristallar, kristallarning turlari, defektlar, suyuqlik kristall, fononlar, kristall issiqlik, chiziqli kegayishi, hajm kengayishi, suyuqliklar, yaqin tartib, sirt hodissasi, kapilyar hodisasi, ho'llash.

Ko'rgazmali qurollar: slaydlar, animatsiyalar, plakatlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash uchun savollar

1. Termodinamika nimani o'rganadi?
2. Ichki energiya birligi qanday aniqlanadi?

3. Qaytar jarayon nima?

4. Qaytmas jarayon nima?

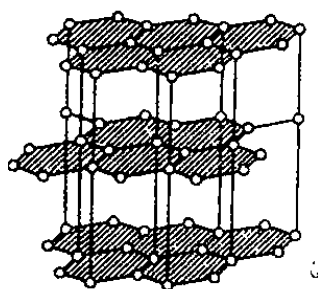
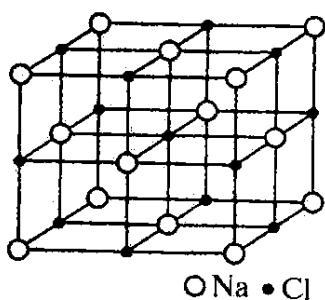
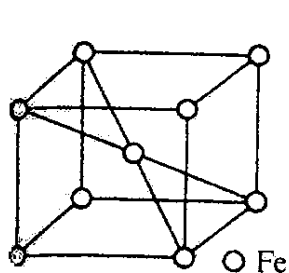
5. Qaytar jarayoni qaytmas jarayonlaridan nimasi bilan farq qiladi?

Mavzuning borishi

1. Ideal kristall panjaradagi atomlarning joylanishida uzoq tartib.

Teng kuchliligi izotropik teng kuchli emasligi esa anizotroplik deyiladi. Amorf jismlar esa izotropdir. Shuningdek, gazlar va ko'plab suyuqliklar ham izotrop moddalarga kiradi. Kristallarning anizotropligiga sabab zarralarining (atomlar, molekulalar, ionlar) fazoviy panjara hosil qilib batartib joylashganligidir. Har uchala yo'nalish bo'yicha ham zarralar joylashuvining davriy ravishda takrorlanishi bilan xarakterlanuvchi tuzilishi kristall panjara deyiladi. Zarralar joylashgan nuqta, aniqrog'i atrofida zarralar tebranma harakat qiladigan nuqta kristall panjaraning tuguni deyiladi.

Panjara tugunida yakka atomlar ionlar guruhi ham joylashgan bo'lishi mumkin. Anizotroplikni tushunish uchun grafit kristallarning tuzilishi mavjud. Bu kristallarda uglerod atomlari bir – biridan ma'lum masofada bo'lgan tekisliklarda joylashgan bo'ladi. Bir tekislida joylashgan atomlar orasidagi masofa tekisliklar orasidagi masofadan kichik va demak, bir tekislikda yotgan atomlar orasidagi tortishish kuchlari turli tekisliklarda yotgan atomlar orasidagi tortishish kuchlaridan ko'ra katta bo'ladi. Shuning uchun ham grafit kristalini kuchlaridan ko'ra katta bo'ladi. Shuning uchun ham grafit kristalini atom tekisliklarga parallell yo'nalishlarda sindirish oson bo'ladi.



Kristall panjara tugunlari o'rni takrorlanishining doimiy xarakterga ega ekanligi ya'ni uzoq tartibning o'rirliligi kristall jismlarga xos bo'lgan xususiyatdir. Kristall panjaralar ikki guruhga bo'linadi: monokristallar va polikristallar.

2. Kristallardagi atomlar aro bog'lanishning turlari va ularning issiqlik tebranishlari. Kristallar turlariga ko'ra to'rtga bo'linadi:

1. Ionli kristall. 2. Atomli kristall. 3. Metall kristall. 4. Molekulali kristall.

Ionli kristall. Panjarasining tugunlariga qarama – qarshi zaryadli ionlar navbat bilan joylashgan bo'ladi. Ionlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchi asosan,

elektrostatik xarakterlarga ega. Ionli kristallarga osh tuzi NaCl va seziiy xlor CsCl yaxshi misol bo'ladi.

Atomli kristallar. Panjarasining tugunlarida kvant – mexanik tabiatdagi kuchlar tutib turadigan neytral atomlar joylashgan bo'ldi. Ular o'tasida elektr xarakteriga ega bog'lanish ham mavjud. Bu bog'lanish har bir atomdan bittadan elektr juftligi orqali amalga oshiriladi. Bunday kristallarga olmos, grafit, germaniy va kremniy misol bo'ladi.

Metalli kristallar. Panjarasining tugunlarida metallarning musbat ionlari joylashgan bo'ladi. Kuchsiz bog'langan valentli elektronlar atomlardan ajraladi va elektron gazini hosil qiladi. Metall kristallardagi bog'lanish panjara tugunlaridagi musbat zaryadli ionlar va manfiy elektronlar gazi orasidagi tortishish kuchlari yordamida ta'minlanadi. Metall kristallarga ko'pchilik metallar misol bo'ladi.

Molekulali kristallar. Panjarasining tugunlarida ma'lum tartibda yo'naltirilgan molekulalar joylashgan bo'ladi. Ular orasida molekulalar o'zaro ta'siriga xos bo'lgan tortishish kuchlari mavjud bo'ladi. Molekulali kristallarga naftalin, parafin, quruq muz (CO_2), muz va hokazolar misol bo'ladi.

Kristallardagi atomlarning issiqlik tebranishlari. Qattiq jismning har bir zarrachasi o'zining muvozanat holati quyidagicha tebranib qo'shni zarrachalariga ta'sir qiladi. Bu tebranib turgan zarracha qo'shnisiga yaqinlashganda uni o'zidan nariroqqa itarib, uzoqlashganda bo'lsa, o'ziga tomon tortadi.

Demak, tebranish bir zarrachadan ikkinchi zarrachaga o'tib to'liqinsimon tarqaladi. Hosil bo'lgan to'liqlar kristallning yuzasigacha kelib, undan qaytib, kristallning ichida turg'un to'liqlarni paydo qiladilar. Kristall jismlarda issiqlik harakat tartibsiz, to'liqinsimon harakatdan iborat bo'ladi. Kvant nazariyasiga muvofiq har bir tebranma harakatdagi atom yoki molekula va yoki ionlar ma'lum miqdordagi energiyani qabul qilishlari yoki chiqarishlari mumkin.

Temperaturaning o'sishi bilan tebranish soni ortadi, natijada har bir zarrachaning o'rtacha energiyasi ko'payadi. Yuqori temperaturada $h\nu/kt$ kattaligi bir butun son dan ancha marta kichik bo'ladi, o'rta hisob bilan zarrachaning har bir erkinlik darajasiga $w^1 = kt$ energiya to'g'ri keladi.

3. Fononlar haqida tushuncha. Fononlar kvazizarrachalar hisoblanadi. O'zlarini elementar qo'zg'atilgan mikrozarachalarga o'xshatadi. Elektromagnit nurlanishini fotonlarga olib kelganidek, elastik to'liqlarning kvantlanishi fononlar tasavvuriga olib keladi.

Fononing energiyasi bu atomlar muvozanat holati atrofida tebranishi natijasida vujudga keladigan energiya va bu bitta fononning energiyasi hisoblanadi.

$E_i = h\nu_i$ bu yerda h – plank doimiysi va ν_i – i ti molekulaga xos tebranish chastotasi.

4. Suyuqliklarda molekulalarning harakati. Yaqin tartib. Suyuqliklar kristall jismlar kabi ma'lum bir hajmga ega bo'ladi, shu bilan birga, suyuqlik gazga o'xshash o'zi turgan idish shaklini oladi.

Suyuqlik zarralari yaqin tartib deb ataladigan tartibda joylashgan bo'ladi. Bu esa har qanday zarraga nisbatan olib qaralganda qo'shni zarralar tartib bilan joylashgan ekanligini bildiradi. Lekin mazkur zarralardan uzoqlashilgani sari zarralarning unga nisbatan joylashish tartibi buzilib boradi va zarralarning joylashishidagi bu tartib ancha tez yo'qolib ketadi. Kristallarda esa uzoq tartib deb ataladigan tartib bor, bu esa har qanday zarraga nisbatan boshqa zarralarning ancha katta hajm doirasida tartibli joylashishini bildiradi. Har bir molekula biror vaqt davomida ma'lum bir muvozanat vaziyati atrofida tebranib turadi. Vaqt - vaqti bilan molekula oldingi vaziyatidan o'z o'lchamlari tartibdagi masofada turgan yangi vaziyatga sakrab o'tib, muvozanat vaziyat o'rnini o'zgartiradi.

5. Sirt taranglik kuchi. Kapilyarlik hodissasi. Molekulalar suyuqlikning sirt qatlamida qo'shimcha energiyaga ega bo'ladi. Suyuqlik sirtining yopiq kontur bilan chegaralangan bir qismini fikran ajratib olamiz. Bu qismining qisqarishga intilishi shunga olib keladiki, u o'ziga bo'lgan qismlarga butun kontur bo'yicha yoyilgan nuqtalar bilan ta'sir qiladi. Bu kuchlar sirt tarangligi kuchlari deb ataladi. Ichki energiya faqat sirt energiyasi hisobiga o'zgarishi (ya'ni $\Delta U = \Delta U_{\text{sirt}}$ bo'lish) uchun suyuqlik sirtining oshish protsessini izotermik ravishda o'tkazish kerak. Bu holda suyuqlik sirti $A' = \alpha \Delta \sigma$ ish bajarish hisobiga oshganda suyuqlik atrofidagi muhitdan $Q = T\Delta S = \Delta(TS)$ issiqlik kelib qo'shiladi, bu ifodada S harfi suyuqlik sirt qatlamining entropiyasini bildiradi. Entropiya additiv kattalik bo'lgani uchun suyuqlikning ichki qismlarning holati va binobarin, entropiyasi o'zgarmaydi. Shunday qilib, ichki energiya orttirmasi qo'shimcha bosimni vujudga keltiradi.

$$\Delta p = \frac{l}{S} = \frac{2\pi R \alpha}{\pi R^2} = \frac{2\alpha}{R}$$

Kapilyarlik hodissasi. Kapillyarda suyuqlik sathi balandligining o'zgarish hodissasiga kapilyarlik deyiladi. $\frac{2\alpha}{R} \rho g h$; $h = \frac{2\alpha}{\rho \cdot g \cdot R}$.

Kapilyarlik tabiatda va texnikada muhim ahamiyatiga egadir. Masalan, namlikning tuproqdan o'simliklarga singishi kapilyarlik asosida amalga oshadi. O'simliklarning hujayralari kapilyarlar hosil qilib, ular orqali suyuqlik yuqoriga ko'tariladi. Shuningdek, kapilyarlidan qurilishdan keng foydalaniladi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Kristall panjara deb nimaga aytiladi?
2. Fononlar bu nima?
3. Issiqlik kegayishi nima?
4. Sirt taranglik kuchi deb qanday kuchga aytiladi?
5. Sirt taranglik kuchi birligini keltirib chiqaring?
6. Kapilyarlik naycha deb qanday naychaga aytiladi?
7. Kapilyarlikning ahamiyati nimada?

Uyga vazifa

Kristallning issiqlik o'tkazuvchanlik mexanizmi.

14 - MA'RUZA. ELEKTROSTATIKA ASOSLARI.

Reja:

1. Elektr zaryadi. Zaryadning saqlanish qonuni.
2. Kulon qonuni.
3. Bo'shliqdagi elektr maydon kuchlanganligi.
4. Elektr maydon kuch chiziqlari.
5. Maydonlar superpozitsiyasi.

Tayanch iboralar: elektrlanish, elementar zaryad, zaryad miqdori, elektrostatika, superpozitsiya, qahrabo, diskretlik, nuqtaviy zaryad, elektrostatik maydon, elektr doimiysi, dielektrik singdiruvchanlik.

Ko'rgazmali qurollar: slaydlar, plakatlar, animatsion dasturlar, Kulon qonuniga oid animatsion dasturi, elektr maydon va elektr maydon kuch chiziqlari animatsion dasturi.

O'tilgan mavzuni takrorlash.

1. Sirt taranglik kuchi deb qanday kuchga aytiladi?
2. Sirt taranglik kuchlari suyuqlik sirtini qanday o'zgartirdi?
3. Sirt taranglik kuchi birligini ketirib chiqaring?
4. Agar suyuqlik sirti botiq bo'lsa, qo'shimcha bosim qanday aniqlanadi?
5. Kapilarlik naycha deb qanday naychaga aytiladi?
6. Kapilyarlikning ahamiyati nimada?

Mavzuning borishi.

1. Elektr zaryadi. Zaryadning saqlanish qonuni. Qahraboni jun matosiga ishqalagandan ba'zi bir jismlarni o'ziga tortishi haqidagi yozuvlar eramizdan avvalgi VII asrda yashagan grek faylasufi Fales asarlarida uchraydi. 1600-yilda ingliz olimi Gilbert ipakka ishqalangan shisha va qator boshqa moddalar ham shunday xususiyatga ega ekanligini ko'rsatdi. Bunday

jismlar “Qahrabolanagan” yoki elektrlangan deb atalgan. Qahrabo (qadimda o’sgan igna bargli daraxtning toshga aylangan smolasi) – grek tilida elektrod deyiladi. Elektr so’zi shundan kelib chiqqan. Tabiatda ikki xil elektrlanish mavjud. Shartli ravishda shoyiga (ipakka) ishqalangan shisha tayoqchani musbat, shunga ishqalangan qahraboni (ebonitni) esa manfiy elektrlangan deb qabul qilingan. Ikki xil elektrlanish tabiatda ikki xil zaryad borligini ifodalaydi. Ya’ni musbat “+” va manfiy “-” zaryadlar. Tajribalar shuni ko’rsatadiki bir xil ishorali zaryad bilan zaryadlangan (elektrlangan) jismlar o’zaro itarishadi, har xil ishorali zaryadlar bilan zaryadlangan jismlar o’zaro tortishar ekan. Elektr zaryadning ikki turi “+” va “-” zarrachalarining borligi tabiatda eng kichik bo’linmas deb atalgan atomlarning murakkab tuzilgan zarraligiga shubha qoldirmaydi.

Ko’pgina tajribalar (Ioffe tajribasi, Milliken tajribasi) natijasida elektron va protonlarning zaryad miqdorlari aniqlangan bo’lib, ishorasi qarama – qarshidir.

$$e = - 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}, p = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$$

Bugungi kunda zarralarning massalari ham ma’lum bo’lib elektron

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

ga, proton esa undan 1836 marta katta ekan, ya’ni $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Atomda nechta proton bo’lsa shuncha elektroni ham bo’ladi. Bu esa ularning elektrik jihatidan neytralligini ta’minlaydi.

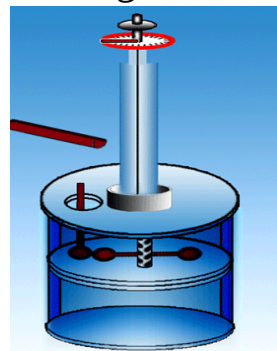
Jismlar ishqalanganda mana shu zaryadlangan zarralarning aniqrog’i elektronning bir jismdan ikkinchisiga o’tishini sodir bo’ladi, ya’ni elektrlanishning ikki turi hosil bo’ladi. Elektron qabul qilgan jismlar manfiy elektron berganlari esa musbat elektrlanadi. Shunga o’xshash qator tajribalar asosida elektr zaryadlarining quyidagi saqlanish qonuni kashf etildi. Elektr zaryadlari o’z-o’zida paydo bo’lmaydi, yo’qolmaydi, ular faqat bir jismdan boshqasiga uzatiladi yoki berilgan jism ichida ko’chadi va berk sistema ichida elektr zaryadlarning algebraik yig’indisi o’zgarmay qoladi, ya’ni $q_{um} = \pm N e$ formula bilan aniqlanadi. Bunga zaryadning diskretlik qonuni deyiladi.

2. Kulon qonuni. Zaryadlangan jismlar o’zlarining atrofida elektrostatik maydonini vujudga keltiradi. Elektrostatik maydon materiyaning maxsus turidir, u orqali bir elektrlangan jismning ta’siri boshqa jismlarga uzatiladi. Ikkita nuqtaviy zaryadning o’zaro ta’sir qonunini 1785–yil fransuz fizigi Sharl Kulon tajriba yo’li bilan aniqlagan. Nuqtaviy zaryad deb tekshirilayotgan masofaga nisbatan o’lchamlari juda kichik bo’lgan zaryadli jismlarga aytiladi. Kulon qonuni quyidagicha ta’riflanadi. Vakuumdagi ikki nuqtaviy elektr zaryadning o’zaro ta’sir kuchi zaryadlar kattaligining

ko'paytmasiga to'g'ri proporsional hamda ular orasiga masofa kavadratiga

teskari proporsional ya'ni $\vec{F} = K \frac{q_1 \cdot q_2}{\vec{r}^2}$.

Bunda q_1 va q_2 -nuqtaviy zaryadlar, r -nuqtaviy zaryadlar orasidagi masofa; Rasmda ishoralari bir xil bo'lgan zaryadlar bir – biri bilan tortishib turibdi. Agar zaryadlarning birini ebonit tayoqcha yordamida manfiy zaryadlasak, nuqtaviy zaryadlar o'zaro itarishadi va aylanma dinamometr nuqtaviy zaryadlar orasidagi ta'sir kuchini qayd qiladi; K – proporsionallik koeffitsienti bo'lib birliklar sistemasiga va muhitning dielektrik xususiyatiga bog'liq. Zaryadlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlarining yo'nalishi ularni tutashtiruvchi to'g'ri



chiziq bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. SI sistemasida zaryadning birligi qilib 1 Kl zaryad qabul qilingan; 1 Kl (Kulon) - tok kuchi 1A bo'lgan o'zgarmas tok o'tayotgan o'tkazgichning ko'ndalang kesimi orqali 1 sekund davomida o'tadigan zaryad miqdoridir, ya'ni $1Kl=1A \cdot s$.

SGS – sistemasida $1 Kl \approx 3 \cdot 10^9 SGSE_{gb}$ ga tengdir.

K -proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, uning qiymatini aniqlashda bir biridan ma'lum masofada turgan ikkita miqdori ma'lum bo'lgan zaryadlar orasidagi ta'sir kuchini o'lchash va F ; r ; q_1 ; q_2 larning qiymatlarini

$K = \frac{\vec{F} \cdot \vec{r}^2}{q_1 q_2}$ ga qo'shish bilan $K = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{Kl^2}$, teng ekanligini topish

mumkin.

SI birliklar tizimida K -koeffitsiyent $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ ko'rinishda yoziladi. Bunda

ϵ_0 - elektr doimiysi bo'lib uning qiymati

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi K} = \frac{1}{4 \cdot 3,14 \cdot 9 \cdot 10^9} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{Kl^2}{Nm^2} \text{ ga tengdir.}$$

Umumiy holda vakuumda ikkita zaryadlangan zaryadlar orasidagi ta'sir

etuvchi kuchni $\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \cdot \vec{r}^2}$ ko'rinishda yoza olamiz.

Zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi muhitning xususiyatlariga bog'liq bo'lib, vakuumdagidan farqli bo'lar ekan. Muhitning ana shunday xossasini ifodalaydigan kattalikni muhitning dielektrik singdiruvchanligi deb atash qabul qilingan va uni ϵ (epsilon) harfi bilan belgilaydilar. ϵ – ning fizikaviy ma'nosi zaryadlar orasidagi ta'sir kuchining vakuumdagiga nisbatan muhitda qancha farq qilishini anglatadi.

Masalan, vakuum va havo uchun $\epsilon=1$; suv uchun $\epsilon=81$; muhitning mana shu xususiyatini hisobga olgan holda Kulon qonunining formulasini quyidagi

$$\vec{F} = K \frac{q_1 q_2}{\varepsilon \cdot \vec{r}^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon \cdot \vec{r}^2} \quad \text{ko'rinishda yoza olamiz.}$$

3. Bo'shliqdagi elektr maydon kuchlanganligi. Elektro statika maydonning shu nuqtasining kuchlanganligi deb, unda joylashtirilgan birlik musbat zaryadga ta'sir etuvchi kuch bilan aniqlanadigan kattalikka aytiladi.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_s} \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

Uning birligi $[E] = \frac{[F]}{[Q]} = 1 \frac{N}{C} = 1 \frac{V}{m}.$

4. Elektr maydon kuch chiziqlari. Elektr zaryadlarning o'zaro ta'siri elektr maydonidagina sodir bo'ladi. Agar elektr maydon harakatsiz zaryadlar tomonidan hosil qilinsa bunday maydon *elektrostatik elektr* maydon deyiladi. Elektr maydon materiyaning bir ko'rinishidir. q – zaryad tomonidan hosil qilingan elektr maydonining istalgan biror nuqtasiga q_0 – “sinov zaryadi” kiritaylik “sinov zaryadi” sifatida shunday musbat zaryaddan foydalanish mumkinki, uning miqdori maydonni vujudga keltirayotgan zaryadning miqdoriga nisbatan juda kichik bo'lishi kerak u holda q_0 zaryadga q zaryad tomonidan $\vec{F}$ kuch ta'sir qiladi. Bu kuch q_0 zaryad kattaligiga proporsional bo'lib maydonning turli nuqtalarida turlicha qiymatga ega bo'ladi. Agar shu kuchning q_0 sinov zaryadi kattaligiga nisbatini olsak, elektr maydonining q_0 zaryad kiritilgan nuqtasi uchun doimiy ekanligini aniqlash mumkin. Bu doimiylik elektr maydonining berilgan nuqtasi uchun maydon xarakteristikasini ifodalaydigan kattalikdir. Buni $E = \frac{\vec{F}}{q_0}$ ko'rinishda ifodalab elektr maydon kuchlanganligi deb qabul qilingan.

Musbat ishorali birlik nuqtaviy zaryadga maydon tomondan ta'sir qiluvchi kuch maydonning shu nuqtasidagi elektr maydon kuchlanganligi deyiladi. Agar Kulon qonuni ifodasi sinov zaryadi ifodasini kattaligiga bo'lib yuborsak, u holda $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon} \cdot \frac{q}{r^2} = K \frac{q}{\varepsilon r^2}$ ifoda hosil bo'ladi. Ya'ni elektr maydon kuchlanganligi ham masofaning kvadratiga teskari proporsional bo'lar ekan. Maydon kuchlanganligi birligi SI – tizimida $\frac{N}{C}$. Kuchlanganlik vektor kattalik bo'lib uning yo'nalishi musbat zaryadga ta'sir qiluvchi kuch yo'nalishi bilan mos tushadi.

5. Maydonlar superpozitsiyasi. Agar elektr maydonini bir necha zaryad vujudga keltirayotgan bo'lsa natijaviy maydonning kuchlanganligi alohida

zaryadlar tufayli vjudga kelgan elektr maydon kuchlanganliklarining vektor yig'indisiga teng bo'ldi ya'ni $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$ bu ifoda maydonlar superpozitsiyasi (qo'shish) prinsipini ifodalaydi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Elektr zaryadini yaratish yoki yo'qotish mumkinmi?
2. Elektrostatika nimani o'rganadi?
3. Jismlar qanday elektrlanadi?
4. Zaryadlangan jismlar qanday ta'sirlanadilar?
5. Elektr maydoni hosil bo'lganligini qanday isbotlash mumkin?
6. Elektr maydon kuch chiziqlari qanday yo'nalishga ega?
7. Elektr maydon kuchlanganligi qanday formula bilan aniqlanadi?
8. Nuqtaviy zaryadning elektr maydon kuchlanganligi qanday topiladi?
9. Elektr maydon kuchlanganligi qaysi fizikaviy parametrlar orqali aniqlanadi?
10. Superpozitsiya prinsipi nimani o'rganadi?

Uyga vazifa

Internet saytlardan fazaviy o'tish bazasini to'ldirish. Elektr maydon kuchlanganlik chiziqlari.

15 - MA'RUZA. ELEKTR DIPOLI. ELEKTR MAYDONDA DIELEKTRIK.

Reja:

1. Elektr dipol. Dipol maydoni. Kuchlanganlik vektorining oqimi.
2. Gauss teoremasi.
3. Dielektrlarda elektr maydoni. Dielektrik singdiruvchanlik.
4. Dielektrlar uchun Gauss teoremasi.
5. Elektr siljish vektori.

Tayanch iboralar: elektrostatik maydon, kuchlanganlik, kuchlanganlik chiziqlari, kuchlanganlik oqimi, bir jismli maydon, dipol, dielektrik, dielektrik qabul qiluvchanlik, dielektrik singdiruvchanlik, maydon energiyasi, Gauss teoremasi, siljish vektori, pyezoelektrlar, segnetoelektrlar

Ko'rgazmali qurollar: slaydlar plakatlar, animatsion dasturlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash.

1. Elektr zaryadini yaratish yoki yo'qotish mumkinmi?
2. Elektrostatika nimani o'rganadi?

3. Jismlar qanday elektrlanadi?
4. Zaryadlangan jismlar qanday ta'sirlanadilar?
5. Elektr maydoni hosil bo'lganligini qanday isbotlash mumkin?
6. Elektr maydon kuch chiziqlari qanday yo'nalishga ega?
7. Elektr maydon kuchlanganligi qanday formula bilan aniqlanadi?
8. Nuqtaviy zaryadning elektr maydon kuchlanganligi qanday topiladi?
9. Elektr maydon kuchlanganligi qaysi fizikaviy parametrlar orqali aniqlanadi?
10. Superpozitsiya prinsipi nimani o'rganadi?

Mavzuning borishi

1. Elektr dipol. Dipol maydoni. Kuchlanganlik vektorining oqimi.

Elektr *dipol* deb, kattaligi teng bo'lgan ikkita har xil ishorali nuqtaviy zaryadlar $+q$ va $-q$ dan iborat bo'lgan sistemaga aytiladi.

Dipol maydoni. Dipol maydonining dipol o'qidagi kuchlanganligini, hamda dipol markazidan o'tib, uning o'qiga perpendikulyar bo'lgan to'g'ri chiziqdagi kuchlanganlik quyidagi formula yordamida aniqlanadi

$$E_{\parallel} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2P}{r^3}$$

Bu yerda $P = q \cdot l$ dipolning elektr momenti.

Dipol o'qiga perpendikulyar bo'lgan to'g'ri chiziqda $E_{\perp} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{ql}{r^3} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{P}{r^3}$

Dipol maydonining har qanday nuqtasidagi kuchlanganlikni quyidagi formula yordamida hisoblash mumkin ekanligini ko'rsatish mumkin:

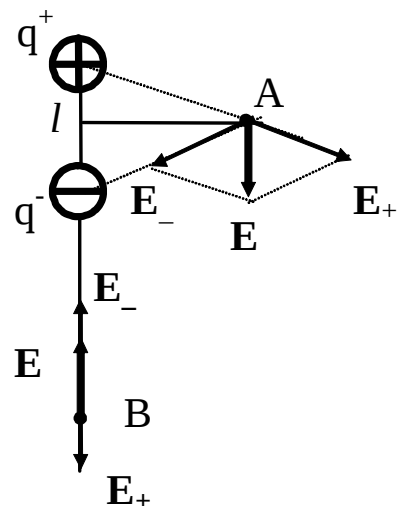
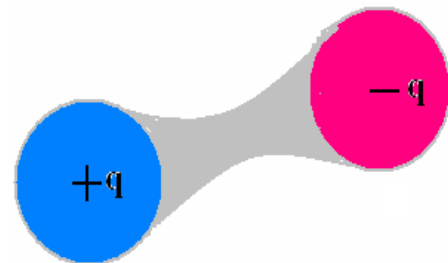
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{P}{r^3} \sqrt{1 + 3\cos^2 \alpha},$$

bu yerda α – o'qi bilan berilgan nuqta yo'nalishi orasidagi burchak.

Kuchlanganlik vektorining oqimi.

Elektrostatik maydonni maydon kuch chiziqlari (kuchlanganlik chiziqlari) yordamida tasvirlash mumkin.

S yuzadan tik o'tuvchi kuch chiziqlari soni elektrosatik maydon kuchlanganlik vektor oqimi Φ_e ga teng bo'lib, $\Phi_e = \int_S E_n dS$ formula bilan aniqlanadi, bunda E_n - $\vec{E}$ vektorlarning S yuzaga o'tkazilgan $\vec{n}$ normalga



proyeksiyasi rasmdan ko'rinadiki, S yuza va uning S_n proyeksiyasi orqali bir xil kuchlanganlik chiziqlari o'tadi, ya'ni

$$\Phi_E = E S \cos \alpha$$

yoki $\Phi_E = E_n S$, yoki $\Phi_E = E S_n$,

bunda α - $\vec{E}$ va $\vec{n}$ vektorlar orasidagi burchak.

2. Gauss teoremasi. Kulon qonuni va elektrostatik maydonlarning superpozitsiya prinsipi ixtiyoriy nuqtaviy zaryadlar sistemasi maydonini hisoblash imkonini beradi. Zaryadlar uzluksiz

taqsimlangan hol uchun $\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$

yig'indi

integralga almashtiriladi.

Gauss teoremasi. Ichida elektr zaryadi joylashgan berk sirt orqali maydon kuchlanganligi vektori oqimini hisoblashga imkon beradi. Faraz qilaylik, ichi bo'sh radiusi r bo'lgan sharning markazida nuqtaviy zaryad joylashgan bo'lsin.

Nuqtaviy zaryadning r masofasidagi kuchlanganligi

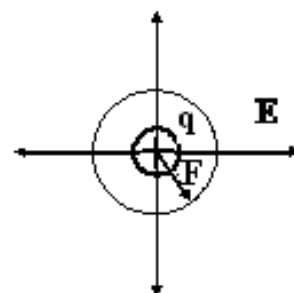
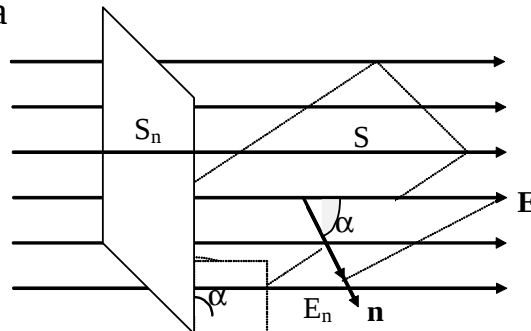
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}. \text{ Shu } r \text{ radiusli sferik sirt dan o'tuvchi kuchlanganlik}$$

$$\text{oqimi } \Phi_E = \oint_S E_n dS = \int_S \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dS = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{4\pi r^2}{r^2} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Bu ifoda faqat sferik sirt uchungina emas, balki nuqtaviy zaryadni o'rab turgan ixtiyoriy ko'rinishdagi berk sirt uchun o'rinalidir. Agar berk sirt ixtiyoriy ko'rinishda bo'lsa ham kuch chiziqlari sirtga kiradi va undan chiqadi. $q_1, q_2, \dots, q_n$ zaryadlar sistemasini o'rab turgan ixtiyoriy yopiq sirt orqali o'tuvchi kuchlanganlik oqimi

$$\Phi_E = \oint_S \vec{E} d\vec{S} = \oint_S \left(\sum \vec{E}_i \right) d\vec{S} = \sum_i \oint_S \vec{E}_i d\vec{S}$$

$$\Phi_E = ES = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{q}{\epsilon_0} \text{ ga ko'ra, har bir integral } q_i/\epsilon_0 \text{ ga teng}$$



$$\Phi_E = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_i^n q_i . \text{ Bu formula vakuumdagi elektr maydon potentsiali uchun}$$

Gauss teoremasini ifodalaydi.

3. Dielektrlarda elektr maydoni. Dielektrik singdiruvchanlik.

Dielektrlar (yoki izolyatorlar) deganda o'zidan elektr tokini o'tkazmaydigan moddalar tushuniladi. Bunday olganda tabiatda ideal dielektrik moddalar uchramaydi. Barcha moddalar qancha kichik bo'lmasin, ma'lum darajada elektr tokini o'tkazadi. Xuddi shunday dielektrik sifatida ishlatiladigan materiallar ham tokni o'tkazgichlarga qaraganda $10^{15} - 10^{20}$ marotaba kichik bo'lsada o'tkazadi. Dielektrlar butunicha olib qaralganda neytral molekula (yoki atomlardan) tuzilgan. Molekula (yoki atomlar) musbat zaryadli yadrodan va manfiy zaryadli elektronlardan tashkil topgan. Atomning musbat zaryadlari uning yadrosida to'plangan bo'lib, elektronlar esa yadroning atrofida juda katta tezlik bilan harakatlanadi. Agar atomning o'lchamlarini ko'z oldimizga keltiradigan bo'lsak uning yadrosining o'lchami $\approx 10^{-10} m$ ni tashkil etadi. Bundan yadro elektron qobiq o'lchamidan 10^5 marta kichik ekanligi kelib chiqadi. Shuning uchun yadroni elektron qobiqning markazida joylashgan nuqta deb qarash mumkin. Elektronlarning ta'sirini xuddi ularning barchasini qandaydir bir nuqtaga to'plagandagi ta'sirga ekvivalent deb qarash mumkin. Bu xayoliy nuqtaga manfiy zaryadlarning markazi deyiladi. Dielektrikning atom yoki molekulasiidagi barcha musbat zaryadlar manfiy zaryadlarga miqdor jihatdan teng bo'ladi. Bu holda molekularlarni elektroneytral sistema deb qarash mumkin. Agar musbat zaryadlarining og'irlik markazi manfiy zaryadlarning og'irlik markazi bilan ustma – ust tushsa molekulani, qutubsiz, aksincha zaryadlarning og'irlik markazlari bir biridan l - masofa uzoqlikda joylashgan bo'lsa bunday molekulani qutbli molekula deyiladi. Masalan, inert gazlar H_2 , N_2 , O_2 , Cl_4 larning molekularlari qutubsiz molekularlarga H_2O , CN_3 , HCl , CH_3Cl spirtlarda molekularlar qutublangan bo'ladi.

Ayrim dielektrlar (inert gazlar H_2 , N_2 , O_2 , Cl_4 va boshqalar) molekularidagi elektronlar yadro atrofida simmetrik joylashgan bo'ladi va tashqi elektrostatik maydon bo'lmaganda musbat va manfiy zaryadlarning markazlari ustma – ust tushadi.

Dielektrik singdiruvchanlik. Istalgan tipdagi dielektrlarda (segnetoelektrlardan tashqari) qutblanish vektori maydonining muayyan nuqtasidagi kuchlanganligi bilan quyidagi munosabat orqali bog'langan.

$\vec{P}_e = \epsilon \cdot \epsilon_0 E$ bu yerda ϵ – E bog'liq bo'lmagan va dielektrlarning dielektrik qabul qiluvchanligi deb ataladigan kattalik.

ϵ - ning o'lchov birligi to'g'risida ma'lumot olish uchun chap tomonidagi P_e ning va o'ng tomonidagi $\epsilon_0 E$ ning o'lchov birliklarini

solishtiraylik. Qutblanish vektorining SI sistemasidagi o'lchov birligi, asosan $[P] = \frac{Kl \cdot m}{m^3} = \frac{Kl}{m^2}$. Ikkinchi tomondan, q zaryadning elektr maydon

kuchlanganligi $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{d\tau^2}$ bundan $\epsilon_0 E = \frac{1}{4\pi} \frac{q}{d\tau^2}$ birligi esa

$[\epsilon_0 E] = \frac{Kl}{m^2}$ bo'ladi. Shunday qilib, P ning va $\epsilon_0 E$ ning o'lchov

birliklari bir xil bo'lganligi uchun ϵ - o'lchamsiz kattalik degan xulosaga kelamiz.

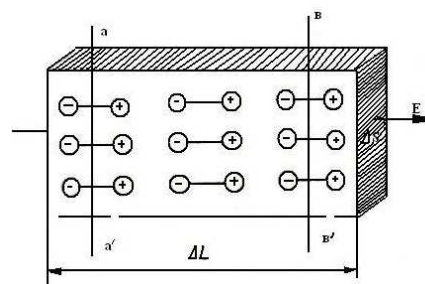
Qutbsiz molekulalardan tuzilgan dielektriklar uchun quyidagi mulohazalarga asosan keltirilib chiqariladi. Berilgan ΔV hajm ichida $n_0 \Delta V$

ta molekula tushadi. Bu yerda n_0 hajm birligidagi molekulalar soni bunday holda momentlarning

yig'indisini $\sum_{\Delta V} P_i = n \Delta V \beta \epsilon_0 E$ ko'rinishda

yoza olamiz. Bu ifodani ΔV ga bo'lsak, qutblanish vektori uchun quyidagi ifodani

olamiz. $P_e = n_0 \beta \epsilon_0 E$



Bunda $n_0 \beta = \epsilon$ -belgilash kiritib (β – qutblanish darajasini bildiradi).

ϵ -dielektrik qabul qiluvchanlik maydon kuchlanganligi E –ga bog'liq emas. Qutbsiz molekulalardan iborat dielektrik uchun ϵ - temperaturaga bog'liq emas. Lekin dielektrik qutbli molekulalardan iborat bo'lganda temperatura ortishi bilan issiqlik harakati molekulalarni elektr maydon bo'ylab yo'nalishiga to'sqinlik qiladi. Shuning uchun bu holda ϵ ning qiymati T ga teskari proporsional ekan.

4. Dielektriklar uchun Gauss teoremasi. Parallelepiped shaklidagi bir jinsli dielektrik bo'lagini elektr maydonga joylashtiraylik. Bunda dielektrikning qutblanishi natijasida maydon yo'nalishi bo'yicha joylashadi. Dielektrik parchasining ichki qatlamlarida maydon yo'nalishidagi qo'shni dipollarni qarama-qarshi zaryadlar bir – birini neytrallaydi.

Lekin dielektrikning chap tomonidagi a – sirtida joylashgan dipollarning manfiy zaryadi va o'ng tomonidagi va sirtida joylashgan dipollarning musbat zaryadlari kompensatsiyalanmay qoladi. Boshqacha qilib aytganda dielektrikning tashqi maydon kuchlanganlik chiziqlari chiqadigan sirtida musbat zaryadlar vujudga keladi.

Bog'langan zaryadlarning sirt zichligini δ zaryadlar vujudga kelayotgan sirt yuzini ΔS va dielektrikning uzunligini Δl deb belgilaylik. U holda qutblangan bir jinsli dielektrik yelkasining uzunligi Δl , zaryadlari

$\delta' \cdot \Delta S$ bo'lgan katta dipoll deb qarash mumkin. Bu katta dipolning elektr momenti $\delta' \cdot \Delta S \cdot \Delta \ell$ ga teng bo'ladi. Dielektrikning hajmi bo'lgani uchun qutblanish vektorining qiymati

$$P_e = \frac{\delta' \cdot \Delta S \cdot \Delta \ell}{\Delta V} = \frac{\delta' \cdot \Delta S \cdot \Delta \ell}{\Delta S \cdot \Delta \ell} = \delta'; \quad \delta' = \frac{q'}{\Delta S} \text{ ekanligini hisobga olsak,}$$

quyidagi ko'rinishda yozish mumkin. $P_e = \frac{q'}{\Delta S}$ bundan, $q' = P \cdot \Delta S$.

Endi bir jinsli bo'lmagan dielektrik parchasini elektr maydoniga kiritilgan hol uchun quyidagilarni aytish mumkin.

Ixtoriy berk sirt bilan chegaralangan dielektrik hajmidagi ortiqcha zaryad shu hajmga bog'langan zaryadlarning algebraik yig'indisiga teng.

$$q'_{hajm} = \sum q'; \quad F_p = \oint P_n dS = - \sum q'$$

Demak, dielektrik ichida olingan ixtiyoriy yopiq sirt orqali qutblanish vektorining oqimi shu sirt bilan chegaralangan hajmdagi bog'langan zaryadlar algebraik yig'indisining teskari ishora bilan olingan qiymatiga teng.

Dielektrikdagi elektr maydon erkin va bog'langan zaryadlar tufayli vujudga keladi. $E = E_0 + E'$ $\epsilon_0 E + P = D$

Dielektr induksiyasi (elektr siljishi) vektori deb ataladi. Izotrop muhitlarda D yo'nalishi E va P larning yo'nalishi bilan bir xil. Elektr maydonni grafik tasvirlashda elektr induksiya chiziqlaridan foydalaniladi. Bu chiziqlarni ham kuchlanganlik chiziqlarini o'tkazishda foydalanilgan shartlar asosida o'tkaziladi. Yuqoridagi belgilashdan foydalanib elektr induksiya vektorini quyidagicha ifodalash mumkin.

$$\Phi_D = - \oint D_n dS = \sum q = \int_V \rho dV \text{ asosan, dielektriklar uchun Gauss}$$

teoremasi quyidagicha ta'riflanadi.

5. Elektr siljish vektori. Elektr siljish vektorining yopiq sirt orqali oqimi shu sirt ichdagi erkin zaryadlarning algebraik yig'indisiga tengdir.

Bundan, $D = \epsilon_0 E_0$ ko'rinishga keladi. Bu ifoda $D = \epsilon_0 \epsilon E$ ga bo'lsak

$$1 = \frac{E_0}{\epsilon E} \text{ yoki } \epsilon = \frac{E_0}{E} \text{ bo'ladi.}$$

Demak, muhitning dielektrik singdiruvchanligi ϵ elektr maydonga kiritilgan dielektrikdagi maydon vakuumdagi maydon kuchlanganligiga nisbattan necha marta susayishini ifodalaydi. Shuning uchun dielektrik singdiruvchanligi ϵ bo'lgan muhitdagi nuqtaviy zaryad maydonining bu

zaryad nuqtasidagi kuchlanganlik vektori $E = \frac{E_0}{\epsilon} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{q}{d_\tau^2}$ bo'ladi.

Shuningdek dielektrik singdiruvchanligi ϵ bo'lgan muhitda bir biridan d_τ

masofada joylashgan q_1 va q_2 zaryadlar o'zaro $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{q_1 q_2}{d^2}$ kuch bilan ta'sirlashadi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Elektr maydon kuchlanganlik oqimi nima?
2. Gauss teoremasini ta'riflang.
3. Elektr dipoli deb nimaga aytiladi?
4. Dipol oqimi deb nimaga aytiladi?
5. Dielektriklar deb qanday moddalarga aytiladi?
6. Elektr siljish vektorining yopiq sirt orqali oqimi qanday kattaliklarga bog'liq?

Uyga vazifa

Gauss teoremasini qo'llanishi. Dielektriklar va ularning xususiyatlari.

16 - MA'RUZA. POTENSIAL VA ELEKTR SIG'IMI. ELEKTR MAYDON.

Reja:

1. Elektr maydonida zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish. Potensial.
2. Elektr sig'imi va uning o'lchov birligi.
3. Kondensatorlar. Kondensatorialarni parallel va ketma-ket ulash.
4. Pondromator kuchlar. Kondensatorlarning qo'llanilishi.

Tayanch iboralar: kondensatorlarni parallel ulash, ketma - ket ulash, potensial, potensial kuchlar; potentsiallar farqi, zaryadlar tizimi, potentsialli maydon, berk konturda bajarilgan ish, zaryad zichligi, pondoramator kuchi, elektr maydon, elektr sig'imi.

Ko'rgazmali qurollar: mavzuga oid plakatlar, animatsion dasturlar, slaydlar.

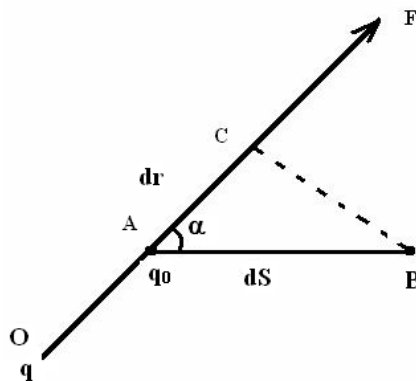
O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Elektr maydon kuchlanganlik oqimi nima?
2. Gauss teoremasini ta'riflang.
3. Elektr dipoli deb nimaga aytiladi?
4. Dipol oqimi deb nimaga aytiladi?
5. Dielektriklar deb qanday moddalarga aytiladi?
6. Elektr siljish vektorining yopiq sirt orqali oqimi qanday kattaliklarga bog'liq?

Mavzuning borishi.

1. Elektr maydonida zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish. Potensial.

q - zaryad biror O nuqtada qo'zg'almas holda joylashgan bo'lsin. q_0 zaryadning A va B nuqtalar orasidagi cheksiz kichik dS ko'chirishini to'g'ri chiziqli deb olish va bu ko'chirishda q_0 zaryadga ta'sir etuvchi F kuchning o'zgarishini hisobga olmasdan, bu kuchni kattalik va yo'nalish



jihatidan o'zgarmas deyish mumkin. Ish tushunchasining ta'rifiga muvofiq, F kuch ta'sirida dS ko'chirishida bajarilgan dA elementar ishi $dA = F \cdot dS \cdot \cos \alpha$ bunda α - F kuch yo'nalishi bilan dS siljish yo'nalishi orasidagi burchak.

F - kuch Kulon kuchi bo'lib, quyidagi

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q q_0}{r^2} \quad \text{kattalikka teng bo'ladi.}$$

$$dA = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q q_0}{r^2} \cdot dr \quad \text{ifodani yozamiz.}$$

q, q_0 ko'paytma o'zgarmas bo'lganligini hisobga olib

$$A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q q_0 \int_{r_2}^{r_1} \frac{dr}{r^2} = \frac{1}{\pi\epsilon_0} q_0 q \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q_0 \left(\frac{q}{r_1} - \frac{q}{r_2} \right)$$

ko'rinishda yoza olamiz.

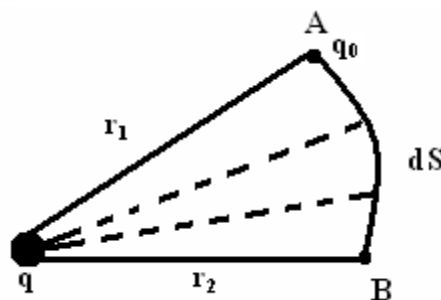
Potensial. $A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q_0 \left(\frac{q}{r_1} - \frac{q}{r_2} \right)$ ko'rinishni oladi. Elektr

maydonida q_0 zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish ko'chirilayotgan zaryadning boshlang'ich oxirgi vaziyatlariga bog'liq xolos. Bunday xususiyatga ega bo'lgan maydonga potentsialli maydon deb aytiladi.

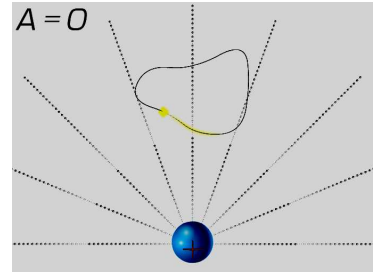
Ish bajarish tushunchasiga asosan, bajarilgan ish potentsial energiyalar ayirmasi bilan topilganligini hisobga olsak, elektr maydonining potentsial energiyasi quyidagicha aniqlanadi:

$$P_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q_0}{r_1} \quad P_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q_0}{r_2} \quad P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q_0}{\vec{r}}$$

Potentsialli maydonga berk kontur bo'yicha ko'chirilish ishi nolga teng bo'ladi. q_0 zaryadning boshlang'ich holatdagi o'rni ham oxirgi holatdagi o'rni ham bitta nuqtada bo'ladi buni esa quyidagi ko'rinishda



$$A = \oint dA = \int_S F \cdot dS \cos \alpha = 0$$



$\frac{q}{r_1}$ va $\frac{q}{r_2}$ larni maydonning berilgan nuqtalaridagi potentsiallari deb atash qabul qilingan.

Elektr maydonning potentsiali deb potentsial energiya shu maydonga kiritilgan sinov zaryadiga bo'lgan nisbatiga aytiladi.

$$\varphi = \frac{P}{q_0} . \quad \text{Bunda } P - \text{potentsial energiya.}$$

Elektr maydonining biror nuqtasidagi potentsiali deganda shu nuqtaga kiritilgan musbat zaryadni ∞ gacha ko'chirishda yoki manfiy zaryadni ∞ dan shu nuqtaga ko'chirganda bajarilgan ishning ana shu zaryad miqdoriga nisbatiga elektrostatik maydonning berilgan nuqtasining potentsiali deyiladi. Potentsialni φ bilan belgilab, quyidagi ko'rinishda yoza olamiz.

$$\varphi = \frac{A_\infty}{q_0} = \frac{F \cdot r}{q_0} = \frac{\frac{q \cdot q_0}{4\pi\epsilon_0 \cdot r^2}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \quad \text{demak, } q \text{ zaryad hosil qilgan elektr}$$

maydonining zaryaddan r masofa uzoqlikdagi potentsiali $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r}$

e'tiborga olib, quyidagi ko'rinishda yoza olamiz .

$$A = q_0 \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r_1} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r_2} \right) = q_0 (\varphi_1 - \varphi_2) ; \quad A = q_0 (\varphi_1 - \varphi_2)$$

Bunda $\varphi_1 - \varphi_2$ - ga potentsiallar ayirmasi (farqi) deyiladi. Shunday qilib, maydon kuchlarining zaryadni ko'chirishda bajargan ishi son jihatdan zaryad kattaligining yo'lning boshlang'ich va oxirgi nuqtalaridagi potentsiallar ayirmasining ko'paytmasiga tengdir. Demak, yo'l berk bo'lganda uning boshlang'ich va oxirgi nuqtalari ustma - ust tushadi, bundan $\varphi_1 - \varphi_2$ hamda $A=0$ bo'ladi, ya'ni zaryadni berk yo'l bilan ko'chirishda elektr kuchlarining bajargan ishi nolga teng bo'ladi. Agar elektr maydon zaryadlar tizimi tufayli vujudga kelayotgan bo'lsa, natijaviy maydon biror nuqtasining potentsiali tizimga kiruvchi alohida zaryadlar tufayli vujudga kelgan maydonlarning tekshirilayotgan nuqtasidagi potentsiallarning algebraik yig'indisiga teng bo'ladi. Ya'ni: $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots \varphi_n = \sum \varphi_i$

Umumiy zaryadi q bo'lgan sferaning markazidan r masofa uzoqlikdagi nuqtaning potentsialini nuqtaviy zaryad maydonining potentsialidek hisoblaymiz ya'ni:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$$

Sfera sirtidagi nuqtalar (ya'ni $r = R$ bo'lganda) uchun

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{\delta}{\epsilon_0} \cdot R \quad \text{bo'ladi, bunda} \quad \delta = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$$

sfera sirtining zaryad zichligi deyiladi. SI sistemasida potensialning o'lchov birligi sifatida elektr maydoni shunday nuqtasi potentsiali qabul qilinganki, bu nuqtadan bir Kulon zaryadni cheksizlikka ko'chirish uchun $1J$ ish bajarish kerak. Elektr maydon bunday nuqtasining potensialini $1V$ olt ($1V$) ga teng deb qabul qilingan.

2. Elektr sig'imi va uning o'lchov birligi. Boshqa jismlardan yetarli uzoq joylashgan yoki boshqacha aytganda yakkaqlangan o'tkazgich olib unga q zaryad beraylik. Bu zaryad miqdori o'tkazgich sirti bo'ylab uning shakliga bog'liq ravishda taqsimlanadi, ya'ni bu zaryadlangan o'tkazgichga zaryadlar muvozanati yuzaga keladi. Xuddi shunday zaryadlangan o'tkazgichga yangi porsiya zaryadlar berilsa, bu zaryadlarni ham huddi oldingisidek o'tkazgich sirtiga taqsimlanadi. Har bir yangi porsiya zaryad tufayli o'tkazgichning potentsiali ortib boradi. Tajribalarning ko'rsatishicha o'tkazgichdagi zaryad miqdori q bilan u tufayli vujudga keladigan o'tkazgichning potentsili φ orasida to'g'ri proporsional bog'lanish mavjud ekan va uni quyidagicha ifodalash mumkin.

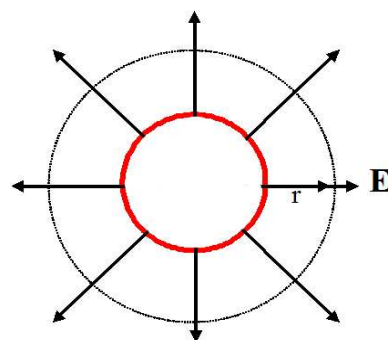
$$q \sim \varphi; \quad q = C\varphi; \quad C = \frac{q}{\varphi}$$

Potensial va zaryad o'rtasidagi proporsionallik koeffitsiyenti C ga o'tkazgichning elektr sig'imi deyiladi.

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\epsilon R} \quad \text{ifoda yordamida topiladi.}$$

φ ning o'rniga qo'ysak

$$C_{\text{shar}} = \frac{q}{\varphi} = \frac{q}{\frac{q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon R}} = 4\pi\epsilon_0 \epsilon R$$



$$\text{yoki} \quad C_{\text{shar}} = 4\pi\epsilon_0 \epsilon R; \quad 1F = \frac{1Kl}{1V} = \frac{3 \cdot 10^9}{1} SGSE = 9 \cdot 10^{11} sm$$

1 mikroFarad = 1mkF = 10^{-6} F; 1 pikoFarad = 1nF = 10^{-12} F;

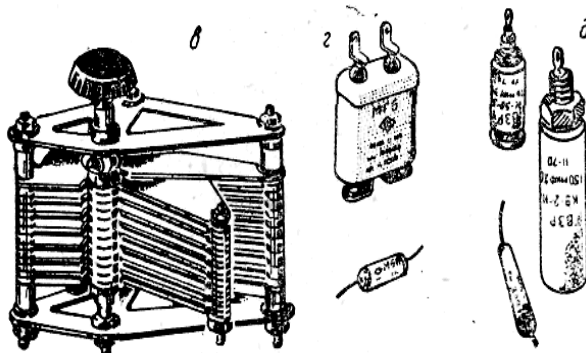
1 nanoFarad = 1nF = 10^{-9} F

3. Kondensatorlar. Kondensatorlarni parallel va ketma-ket ulash.

Amalda bir biridan dielektriklar bilan ajratilgan miqdor jihatidan teng va qarama-qarshi ishorali zaryadlar bilan zaryadlangan ikkita o'tkazgich sistemasiga kondensator deb aytiladi.

Uning sig'imi $C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$ formula yordamida hisoblanadi.

Kondensatorning sig'imi yak-kalangan o'tkazgichning sig'imi o'lchanadigan birliklarda o'lchanadi. Kondensator o'zi-ga berilgan zaryadni to'plovchi va uzoq vaqt saqlovchi qurilmadir.



Kondensatorlarni ulash: Ba'zan kerakli elektr sig'imlarini hosil qilishda bir necha kondensatorlarni bir biriga ulanadi, ya'ni kondensatorlar batareyasi hosil qilinadi. Birga ulanishlarni parallel va ketma-ket ulanishlari bo'lishi mumkin. Kondensatorlarning musbat zaryadlangan plastinkalarini bir nuqtaga manfiy zaryadlangan plastinkalarini o'tkazgichlar yordamida bir nuqtaga ulasak, bunday ulashga parallel ulash deyiladi. Bunday ulashda barcha kondensatorlardagi kuchlanishlar qiymati bir xil bo'ladi, lekin batareyasining umumiy zaryadi q_b alohida kondensatorlardagi zaryadlarning yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni

$C_b = C_1 + C_2 + \dots + C_n$ formulani yoza olamiz.

Parallel ulangan qismdagi umumiy elektr sig'imi bo'lib tarmoqlangan qismdagi kondensatorlar sig'imlari yig'indisiga teng bo'ladi. Kondensatorlarni ketma-ket ulaganda alohida kondensatorlardagi zaryad miqdorlari teng bo'ladi.

$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$ ketma-ket ulangan kondensatorlarning umumiy sig'imini hisoblash formulasi deymiz. Bunday ulashda kondensatorlarning umumiy sig'imi kamayadi.

4. Pondramator kuchlar. Kondensatorlarning qo'llanilishi.

Kondensator plastinkalaridagi zaryadlarning ishoralari qarama – qarshi bo'lganligi uchun bu plastinkalar bir – biriga tortiladi. Zaryadlangan

makroskopik jismlar orasida vujudga keladigan bunday mexanik kuchlar pondramator kuchlar deb ataladi.

$$\Delta A = F_p \Delta d \quad \Delta W_e = F_p \Delta d$$

$$W_e = \frac{q^2}{2C} = \frac{q^2}{2 \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}} = \frac{q^2}{2 \epsilon_0 \epsilon S} d ; \Delta W_e = \frac{q^2}{2 \epsilon_0 \epsilon S} \Delta d ; F_p = \frac{q^2}{2 \epsilon_0 \epsilon S} = \frac{\sigma^2}{2 \epsilon_0 \epsilon} S$$

Zaryadlangan kondensatorning energiyasi uning qoplamalari orasidagi elektrosattik maydon energiyasida mujassamlashgandir. Shuning uchun ham elektrosattik maydon energiyasini yassi kondensatorning

$\left(C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}, \Delta \phi = Ed \right)$ energiyasi kabi topamiz:

$$W = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} \cdot \frac{E^2 d^2}{2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} \cdot S \cdot d = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} \cdot V$$

Bu yerda $V = S \cdot d$ – kondensatorning hajmi. Kondensatorning energiyasi elektrostatik maydonni xarakterlovchi kattalik – kuchlanganlik E orqali ifodalanadi.

Energiyaning hajmiy zichligini aniqlash uchun elektrostatik maydon

energiyasini hajmga bo'lamiz: $w = \frac{W}{V} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} = \frac{ED}{2} = \frac{D^2}{2 \epsilon_0 \epsilon}$ bu yerda

D – elektr siljish vektori.

Zaryadlangan kondensatorlarning energiyasi. Zaryadlangan o'tkazgich kabi zaryadlangan kondensator energiyaga ega

$$W = \frac{C(\Delta \phi)^2}{2} = \frac{Q \cdot \Delta \phi}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

bu yerda Q – kondensator zaryadi, C – uning sig'imi, $\Delta \phi$ – qoplamalari orasidagi potentsiallar farqi.

Mavzuni mustahkamlash uchun

1. Elektr maydonida nuqtaviy zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish miqdori qanday fizikaviy parametrlarga bog'liq?
2. Elektr maydon potentsiali uning potentsial energiyasi bilan qanday o'zaro bog'langan?
3. Potentsial bilan maydon kuchlanganligi o'zaro qanday bog'lanishga ega?
4. Kondensatorning energiyasi mujassamlashgan?
5. Pondramotor kuchlari deb nimaga aytiladi?

Uyga vazifa

Yassi kondensatorlar. Kompyuter prossesorlarda kondensatorlarning roli.

17 - MA'RUZA. O'ZGARMAS ELEKTR TOKI. TARMOQLANGAN ZANJIRLAR. VAKUUMDA ELEKTR TOKI. GAZLARDA ELEKTR TOKI. METALLARDA ELEKTR TOKINING KLASSIK ELEKTRON NAZARIYASI.

Reja:

1. O'tkazgich, yarim o'tkazgich va dielektriklar.
2. O'zgarmas tok va ularning parametrlari.
3. Tarmoqlangan zanjir va Krixford qonunlari.
4. Vakuumda elektr toki.
5. Gazlarda elektr toki.
6. Metallardagi elektr tokining klassik elektron nazariyasi.

Tayanch iboralar: O'tkazgich, yarim o'tkazgich, dielektriklar, elektr toki, tok kuchi, tok zichligi, tashqi kuchlar, tok ta'siri, qarshilik, solishtirma qarshilik, kuchlanish, tarmoqlangan elektr zanjiri, differensial, Kirxgof qonunlari, ishi, quvvati, klassik elektron nazariyasi.

Ko'rgazmali qurollar: zanjirning bir qismi uchun Om qonuniga oid animatsion dastur, slaydlar, plakatlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Zaryadlangan kondensatorning energiyasi nimaga teng?
2. Kondensatorning energiyasi mujassamlashgan?
3. Kondensator energiyasi elektrostatik maydon energiyasiga tengmi?
4. Energiyaning zichligi qanday aniqlanadi?
5. Pondromotor kuchlari deb nimaga aytiladi?

Mavzuning borishi

1. O'tkazgich, yarim o'tkazgich va dielektriklar. Materiallar tarkibidagi zaryadlar tashuvchi zarrachalarning konsentratsiyasiga qarab 3 ga ajratiladi.

a) o'tkazuvchilar: bularga materiallar elektrolitlarni misol keltirish mumkin. Materiallarda zaryad tashuvchi zarrachalar ularning tarkibidagi erkin elektron bo'lib ularning konsentratsiyasi taxminan $10^{22} - 10^{23} \text{ sm}^{-3}$ ga tengdir.

b) yarim o'tkazgichlar: (misol qilib Gc, Mn, Si, In) bu konsentratsiya oddiy sharoitda $10^{12}, - 10^{13} \text{ sm}^{-3}$ ni tashkil etadi.

c) dielektrlarda (izomerlar: bularga chinni, shisha, slyuda, rezinani misol keltirish mumkin) erkin holatda zaryad tashuvchi zarrachalar bo'lmaydi.

Muhitlarda zaryad tashuvchi zarrachalar musbat va manfiy ionlar bo'ladi. Ana shularni hisobga olgan holda, *zaryadlangan zarralarning tartibli harakatiga elektr toki deb ataladi.*

Agar biz o'tkazgichdan uzoq vaqt tok o'tib turishini istasak, bu quyidagi uchta asosiy shart bajarilishi kerak:

1. O'tkazgich bo'lishi kerak.
2. Shu o'tkazgichning uchlarida potensiallar farqi bo'lishi kerak.
3. Elektr tokining manbai mavjud bo'lishi kerak.

Shu shartlar bajarilgandagina zaryadlarnig tartibli harakati yuzaga keladi, ya'ni elektr toki vujudga keladi.

A – qismidan B – qismga o'zi ko'chgan zaryad B dan A ga to'ppa to'g'ri o'zi ko'chmaydi. Buning uchun unga ma'lum bir kuch ta'sir etishi kerak. Bu kuchga *tashqi kuch yoki begona kuch* deyiladi.

Bunday kuch – berilgan doimiy tok manbai bo'ladi. Tashqi kuchlar – bular elektr kuchlari emas, masalan galvanik elementda tashqi yoki begona kuchlar ximiyaviy energiya hisobidan paydo bo'ladi; generatorlarda esa mexanik energiya hisobidan, fotoelementlarda nurlanish energiyasi hisobidan, atom batareyalarida, atom energiyasi hisobidan paydo bo'ladi.

Elektr toki yopiq zanjirni tashkil etadi. Kalitni ulaganda elektr toki hosil bo'ladi. Elektr toki mavjudlik vaqtida, umumiy holda ham musbat, ham manfiy zarrachalar harakat qiladi. Musbat zarralar bir tomonga harakat qilsa, manfiy zarralar ikkinchi tomonga yo'naladi.

Tokning yo'nalishi (texnik yo'nalish) sifatida musbatdan manfiyga yo'nalish qabul qilingan.

2. O'zgarmas tok va ularning parametrlari. Tokni xarakterlovchi kattaliklar vaqt o'tishi bilan o'zgarmasa, unday tok doimiy tok deyiladi.

Tok kuchi deb, o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan vaqt birligi ichida o'tgan zaryad miqdoriga teng bo'lgan fizikaviy kattalikka aytiladi. Tok kuchini odatda I – bilan belgilaydilar. *Tok kuchi deb, o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan vaqt birligi ichida o'tgan zaryad miqdoriga teng bo'lgan fizikaviy kattalikka aytiladi.* Tok kuchini odatda I – bilan belgilaydilar.

Uni quyidagi formula yordamida ifodalaymiz:

$$I = \frac{dq}{dt}$$
 SI sistemasida tok kuchi Amper (A) $1A = 1 \frac{Kl}{s}$ hisobida o'lchanadi. 1s vaqt davomida 1Kl zaryad miqdori o'tsa hosil bo'lgan tokning kuchi 1 A deb qabul qilingan. Tok kuchini ampermetr bilan o'lchaymiz. Ampermetr zanjirga ketma – ket ulanadi.

Tok kuchi zichligi tushunchasi kiritilgan. *Tok kuchining zichligi deb, o'tkazgichning birlik ko'ndalang kesimi yuzidan o'tgan tokning kuchiga miqdor jihatidan teng bo'lgan kattalikka aytiladi.*

$$j = \frac{I}{dS} = \frac{dq}{dS \cdot t} \quad \text{Uning SI tizimidagi o'lchov birligi} \quad 1 \frac{A}{m^2}$$

Tok zichligi vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalishi zaryadlangan zarralarning harakat yo'nalishi bilan mos tushadi. Agar tok tashuvchi zarralarning konsentratsiyasi n , zaryadi e - harakat tezligi v bo'lsa, u holda dt vaqt intervalida S yuzadan oqib o'tuvchi zaryad miqdori

$$dq = n \cdot e \cdot v \cdot S dt ; \text{ bundan tok kuchi: } I = \frac{dq}{dt} = n \cdot e \cdot v \cdot S \text{ tok zichligi}$$

$\vec{j} = n \cdot e \cdot \vec{v}$ teng. Elektr tokining quyidagi ta'sirlari mavjud:

1. Tokning magnit ta'siri;

2. Tokning ximiyaviy ta'siri. $CuSO_4$ eritmasiga ikkita ko'mir tayoqchani kiritib va elektronlarni tok manbaiga ulab, ma'lum vaqt tok o'tgandan keyin elektrodlarda modda ajralishini kuzatamiz. Bunday hodisa tokning ximiyaviy ta'siri tufayli yuzaga keladi (elektroliz hodisasi).

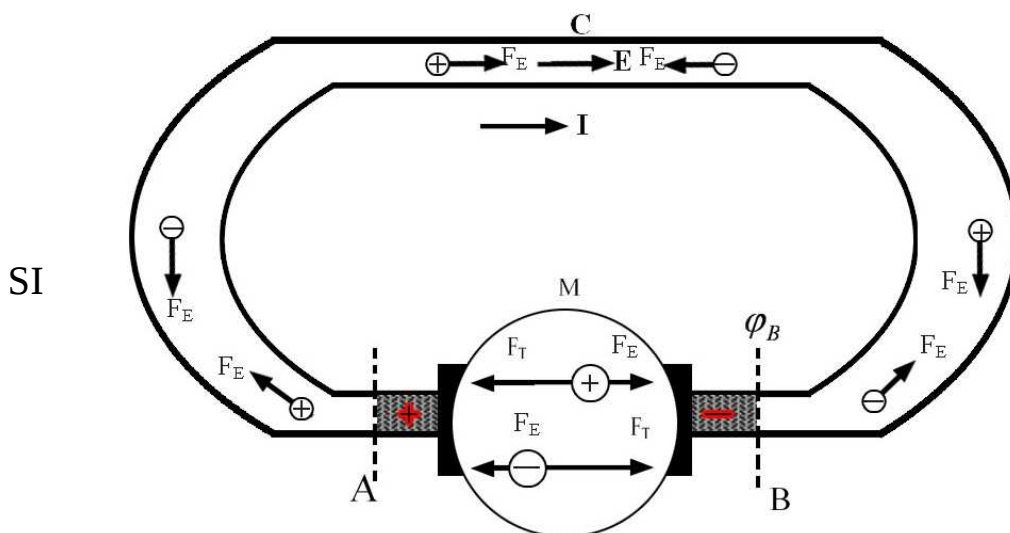
3. Tokning issiqlik ta'siri. Har qanday o'tkazgichdan elektr toki o'tganda uning qizishi kuzatiladi. *O'tkazgich uchlaridagi potentsiallar*

ayirmasiga kuchlanish deyiladi. $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q} = U ; \quad 1 \text{ Volt} = 1 \frac{\text{Joul}}{\text{Kulon}}$

Berk zanjirda bajarilgan umumiy ish faqat tashqi kuchlar manbaining energiyasi hisobiga tok manbai ichida sodir bo'ladi. Rasmda berk zanjir bo'ylab q zaryadni ko'chirishda tashqi kuchlar A_T ish bajargan bo'lsa, u holda $\varepsilon = \frac{A_T}{q}$.

Kattalik tok manbaining elektr yurituvchi kuchi deyiladi.

Tok manbaining elektr yurituvchi kuchi tashqi kuchlar ta'sirida birlik musbat zaryadni elektr manbaini o'z ichiga olgan berk zanjir bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ish bilan tavsiflanadigan fizik kattalikdir.



sistemasida E.Yu.K.ning o'lchov birligi Volt (V). Agar zanjirdagi tok manbaining E.Yu.K.si 1V bo'lsa, zanjirdan miqdori 1 Kl bo'lgan zaryad o'tganda tashqi kuchlar ish bajaradi.

3.Tarmoqlangan zanjir va Krixkof qonunlari. Om qonunining differensial ko'rinishidagi tenglamalari. Om qonunining differensial ko'rinishidagi ifodasini yozish uchun o'tkazgich ichida biror nuqtani tanlab olamiz. Bu nuqtadagi tok zichligi j va elektr maydon kuchlanganligi E bo'lsin. Bu nuqta atrofida asosi dS , yasovchisining uzunligi dl bo'lgan xayoliy elementar silindrni shunday ajrataylikki silindrchaning yasovchilari j ga parallel bo'lsin. Bu silindrchaning ikki asosi orasidagi kuchlanish $U = Edl$, asosidan o'tayotgan tokning kuchi $I = jdS$ qarshiligi

esa $R = \rho \frac{dl}{dS}$; $jdS = \frac{dS}{\rho dl} Edl$ j va E vektorlarning yo'nalishlari bir xil

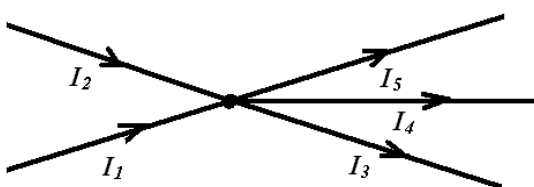
$j = \frac{1}{\rho} E$ bo'ladi. O'tkazgich materialining solishtirma qarshiligi ρ ga

teskari bo'lgan kattalikni, ya'ni $\sigma = \frac{1}{\rho}$; $j = \sigma \cdot E$ Om qonunining differensial ko'rinishidir.

Kirxgofning birinchi qonni. Elektr zanjirining tugunida uchrashgan toklarning algebraik yig'indisi nolga teng. Bunda tarmoqlanish nuqtasiga kelayotgan va ketayotgan toklarning ishorasini qarama – qarshi deb

hisobanadi. $\sum_{i=1}^n I_i = 0$ bunda n – tugunda uchrashgan toklarning soni bo'lib, $n \geq 3$.

Misol uchun elektr zanjirining A nuqtada uchrashgan toklar uchun Kirxgofning birinchi qoidasi



$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$ yoki
 $I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$ ko'rinishda
 yoziladi Bu ifodaga binoan Kirxgofning
 birinchi qoidasini quyidagicha ham
 ta'riflash mumkin.

Elektr zanjirining tugunga keluvchi toklarning algebraik yig'indisi tugundan ketuvchi toklarning algebraik yig'indisiga teng bo'ladi.

Kirxgofning ikkinchi qonuni. Kirxgofning ikkinchi qoidasi tarmoqlangan elektr zanjirining ixtiyoriy yopiq konturi uchun ta'luqli bo'lib uning matematik ifodasini berak zanjir

uchun Om qonunining $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$ ifodasidan foydalanib osongina isbotlash mumkin.

Faraz qilaylik, tarmoqlangan murakkab zanjirning biror ABCDA yopiq konturi berilgan bo'lsin. Bu yopiq konturga Om qonunini qo'llashda quyidagi shartlarga rioya qilish kerak.

1. Yopiq zanjir qismining to'liq qarshiligi R ni tashqi va ichki qarshiliklarning yig'indisiga teng deb hisoblanadi.

2. Yopiq zanjir qismlaridagi tok yo'nalishi konturning aylanish yo'nalishi bilan mos tushsa tokni musbat, teskari yo'nalishlari esa manfiy hisoblanadi.

3. Elektr zanjiridagi tok manbalarining manfiy qutbidan musbat qutbiga tomon yo'nalishi konturning aylanishi bilan mos tushsa, manbaning EYUK musbat ishora bilan, aks holda esa manfiy ishora bilan olinadi.

Shunday qilib, Om qonunini yopiq zanjirning quyidagi qismlari uchun yozamiz. AB qismi uchun: $I_1 R_1 = \varphi_A - \varphi_B + \mathcal{E}_1$; BC qismi uchun $I_2 R_2 = \varphi_B - \varphi_C + \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_3$; CD qismi uchun $-I_3 R_3 = \varphi_C - \varphi_D$; DA qismi uchun $-I_4 R_4 = \varphi_D - \varphi_A - \mathcal{E}_4 - \mathcal{E}_5$.

Bu tenglamalarning chap va o'ng tomonlari mos ravishda qo'shib yuborilsa, quyidagi hosil bo'ladi.

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_4 R_4 = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_4 - \mathcal{E}_5$$

umumiy ko'rinishda quyidagicha yoza olamiz.

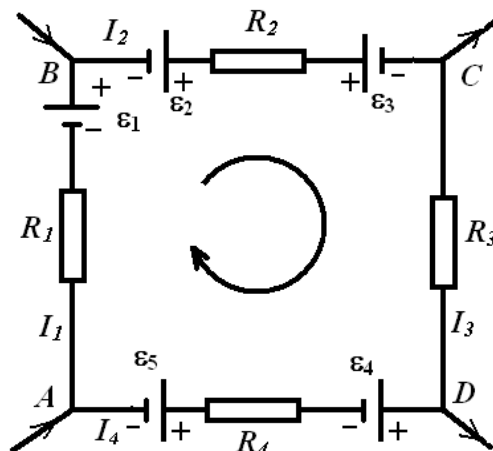
$$\sum_{i=1}^n \vec{I}_i R_i = \sum_{i=1}^n \vec{\mathcal{E}}_i$$

Shunday qilib, Kirxgofning ikkinchi qoidasini quyidagicha ta'riflash mumkin:

Tarmoqlangan elektr zanjirining ixtiyoriy yopiq konturi qismlaridagi tok kuchlarini mos ravishda qarshiliklariga ko'paytmalarining algebraik yig'indisi shu konturdagi EYUK larning algebraik yig'indisiga teng.

Kirxgofning ikkala qoidasini tarmoqlangan murakkab zanjir uchun tadbqiq etib no'malum toklar soniga teng bo'lishi kerak.

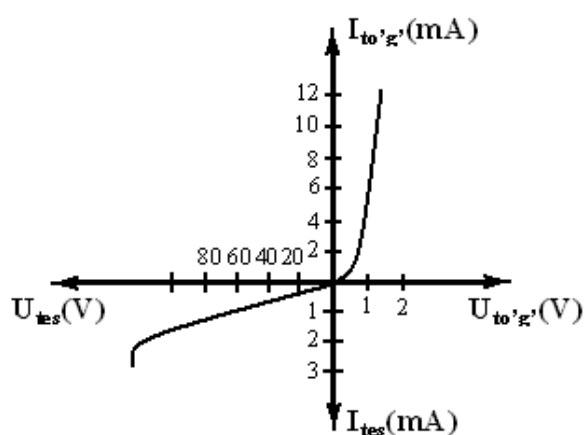
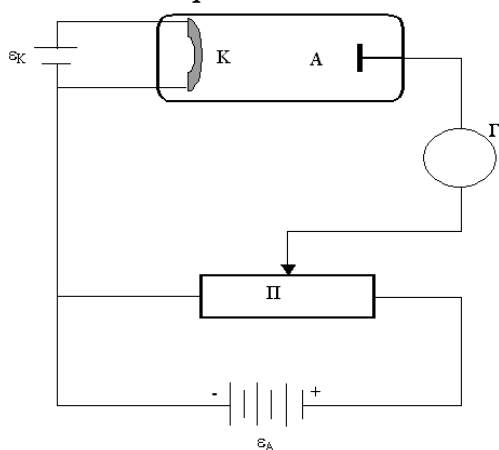
4. Vakuumdagi elektr toki. Elektronni metalladan ajratib, vakuumga chiqarish uchun bajarish kerak bo'lgan ish **chiqish ishi** deyiladi.



Termoelektron emissiya. Metall tarkibidagi erkin elektronlarga chiqish ishini yengishga yetarli energiya berilsa ular metall sirtidan uchib chiqishlari mumkin. Bu hodisani elektron emissiya hodisasi deyiladi. Elektronlar qanday energiya hisobiga uchib chiqishiga qarab termoelektron, fotoelektron, ikkilamchi elektron va avtoelektron emissiyalar deyiladi.

Vakuuml diod, ichiga anod (A) va katod (K) deb ataladigan ikkita elektrod joylashtirilgan va havosi so'rib olingan shisha yoki metall ballondan iborat. Diodning katodi, elektronning chiqish ishiga nisbatan kichik bo'lgan, metall oksidlar bilan qoplangan qiyin eriydigan metall simdan yasaladi. Uning anodi esa katodni o'rab olgan silindr shaklidagi metall dan yasaladi.

Agar anodga A - tok manbaining musbat qutbi ulansa lampadan tok o'tadi, manbaning manfiy qutubi ulanganda lampadan tok o'tmaydi. Demak, katoddan manfiy zaryadli zarrachalar - elektronlar uchib chiqayotganiga ishonch hosil qilish mumkin.



Rossiyalik fizik S.A.Boguslavskiy va amerikalik fizik I.Lengmyurlar tomonidan olgan natijalariga ko'ra, anod kuchlanishining uncha katta bo'lmagan musbat qiymatlarida termoelektron tok quyidagi qonuniyat bo'yicha o'zgaradi:

$I_a \approx BU^{3/2}$, bu yerdagi B- koeffitsiyent elektrodning shakli, o'lchami va ularning o'zaro joylashiga bog'liqligi Boguslavskiy-Lengmyur qonuni deyiladi. Anod kuchlanishi ortishi bilan tok o'zining maksimal qiymatigacha o'sib o'zgaras bo'lib qoladi. Tokning maksimal qiymatini to'yinish toki deyiladi. Uning qiymati katodning haroratiga proporsional bo'ladi. $T_2 > T_1$ bo'lgani uchun I_{02} ham I_{01} dan katta bo'ladi, chunki harorat ortishi bilan katoddan katta tezlikda uchib chiqayotgan elektronlarning soni ham ortadi.

Katodga nisbatan anodning potentsiali ortgan sari unga etib kelayotgan elektronlarning soni orta boshlaydi va tok kuchi dastlab $3/2$ qonuni bilan o'sa boshlaydi. U ning qiymati o'sishi bilan birlik vaqt ichida anodga etib kelayotgan elektronlarning sonining ortishi kamaya boshlaydi, natijada tokning o'sishi ham kamayadi va nihoyat berilgan haroratda katoddan birlik vaqt ichida uchib chiqayotgan elektronlarning barchasi birlik vaqt ichida

anodga kelib tusha boshladi. Shuning uchun $\underline{U}$ ortishiga qaramasdan tok kuchi o'zgarmay qoladi, ya'ni anod toki to'yinadi.

Katodning harorati orttirilsa undan uchib chiqayotgan elektronlarning soni ham ortganligi uchun to'yinish toki ham katta bo'ladi. Demak to'yinish tokining zichligi katod materialining elektronlarni emissiyalash qobiliyatini belgilaydi.

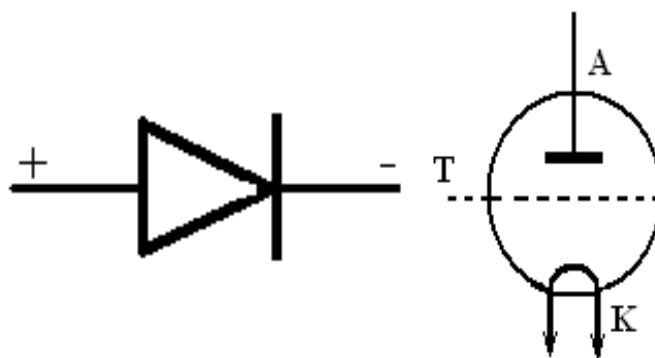
Kvant statistikasi qonunlariga asoslanib Richardson va Deshmanlar to'yinish tokining zichligi quyidagi ko'rinishga ega ekanligini nazariy aniqlaganlar:

$j = Ce^{-A/kT}$ bu yerda A - elektronning katoddan chiqish ishi, T - termodinamik temperatura, $C=1,2 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$ metallar uchun bir xil doimiy koeffitsiyent, k - Bol'tsman doimiysi.

A ning kamaytirish orqali j ni kuchaytirish mumkin. Shuning uchun ham katod chiqish ishi kichik bo'lgan metall oksidlari bilan qoplanadi.

Ikki va uch elektrodli lampalar. Elektron lampaning anodi tok manbaining musbat qutbiga, katodi manfiy qutbiga ulanganda, cho'g'langan katoddan otilib chiqqan elektronlarning anoddan katodga tomon yo'nalgan elektr maydoni ta'sirida anodga yetib borishi sababli zanjir yopiladi, ya'ni lampadan tok o'tadi. Shunday qilib, ikki elektrodli elektron lampa *diod* deb ataladi. Yarim o'tkazgichli to'g'rilagich (diod) ning shartli tasvirlanishi ko'rsatilgan.

Diodning anod (A) va katod (K) elektronlari orasiga yana bitta elektrod kiritilsa, uch elektrodli lampa hosil bo'ladi. Cho'g'lanish tolasini o'rab olgan spiral to'r (T) deyiladi. Cho'g'lanish tolasi bilan to'rni o'rab olgan metall silindr anod vazifasini bajaradi. Uchta elektrodga ega bo'lgan bunday lampa *triody* deyiladi. Triodning shartli tasvirlanishi keltirilgan.



Termoelektrik hodisalar. O'tkazgichlarda temperatura farqi hisobiga yuzaga keladigan elektr hodisalar termoelektrik hodisalar deyiladi. Bularga Zeyebek, Peltze va Tomson effektlari kiradi.

1. Zeyebek effekti. Ikkita o'tkazgichdan berk zanjir tuzib, payvandlangan uchlardan birini sovuq qoldirgan holda ikkinchisi qizdirilsa, zanjirda tok ortib

borishi Zeyebek effekti deyiladi. Bu hodisa 1821 yilda nemis fizigi T.I.Zeyebek tomonidan aniqlangani uchun uning sharafiga nomlangan.

2. Peltie effekti. Ikki xil jism kontakti orqali elektr toki o'tkazilganda kontakt sohasida Joule – Lens issiqligiga qo'shimcha issiqlik ajralishi yoki yutilishidir. Bu hodisani 1834 yilda fransuz fizigi Peltie aniqlagan.

3. Tomson effekti. 1856 yili U.Tomson uchlarida temperaturalar har xil bo'lgan o'tkazgich yoki yarimo'tkazgich bo'ylab elektr toki o'tkazilganda Joule – Lens issiqligiga qo'shimcha issiqlik ajralishi yoki yutilishini nazariy aniqladi. Keyinchalik tajribada isbotlangan bu hodisa Tomson effekti deb ataldi.

5. Gazlarda elektr toki. Atom va molekulalar musbat va manfiy zaryadlangan zarrachalarning muvozanatdagi mustahkam sistemasidir. Ularni ionlashtirish uchun ma'lum miqdorda ish bajarish kerak. Bajariladigan ishning miqdori atom va molekulalarning kimyoviy tabiatiga, ular tarkibidagi elektronlarning energetik holatiga bog'liq. Atomlarning, boshqa elektronlariga nisbatan, uning tashqi qobig'ida joylashgan valent elektronlari kuchsiz bog'langan bo'ladi. Shuning uchun ularni ajratib olish uchun eng kam ish bajariladi. Bu ishni atomning ionlanish potentsiali bilan bog'lash mumkin:

$A = e\phi$. Gazlarni zarrachalar vositasida ionlashtirish zarbali ionlashish deyiladi. Faraz qilaylik, bizga bir atomli gaz berilgan. Unga zarrachalar oqimini yo'naltirsak, zarrachalar gazning neytral atomlari bilan to'qnashadi. Zarrachalarning kinetik energiyasi atomlarning ionlanish ishidan kam bo'lmasa to'qnashuv noelastik bo'ladi va gazning atomi ionlashadi, ya'ni elektron va musbat zaryadli ion hosil bo'ladi. Elektronlar o'z navbatida ionlar bilan birlashib ularni neytral holga keltirishi mumkin. Bu hodisani rekombinatsiya hodisasi deyiladi. Ionlashgan gazdan tok o'tishiga elektr razryadi yoki gaz razryadi deyiladi.

6. Metallarning klassik elektron nazariyasi. Yuqorida tushuntirib o'tilgan g'oyaga asoslanib, Drude va Lorenslar 1904-1907 yillarda metall o'tkazuvchanligining klassik elektron nazariyasini yaratdilar. Ular erkin elektronlarni ideal gaz qonunlariga bo'ysunadigan “elektron gaz” deb fikr yuritdilar. Agar bir valentli metall atomining har biri bittadan, ikki valentligi esa ikkitadan erkin elektron hosil qiladi deb faraz qilsak, metalldagi erkin elektronlarning konsentratsiyasi, ya'ni bir 1m^3 hajmdagi soni 10^{28} - 10^{29} m^{-3} , ya'ni juda katta bo'ladi. Ammo ideal gazlarda kuzatilganidek erkin elektronlar kristall panjaraning ionlari va boshqa elektronlar bilan faqat o'zaro to'qnashganda ta'sirlashadi deb faraz qilinadi. Shuning uchun ham ular

faqat kinetik energiyaga ega bo'ladilar: $\frac{mu^2}{2} = \frac{3kT}{2}$ bundan elektronning o'rtacha kvadratik tezligi:

$$\sqrt{u^2} = u_{kv} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} \text{ bu yerda } k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K Bol'tsman doimiysi;}$$

$m=9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ elektronning massasi; T - absolyut temperatura.

Xona temperaturasi ($T=300 \text{ K}$) o'rtacha kvadratik tezlik $u_{kv}=110 \text{ km/s}$ tashkil etadi.

Elektronning bir to'qnashuvdan ikkinchi to'qnashuvigacha bosib o'tgan yo'lini uning erkin yugirish yo'li, o'tgan vaqtini esa erkin yugirish vaqti deyiladi:

$\tau = \ell/v$; v - elektronning o'rtacha kvadrat tezligiga yaqin o'rtacha tartibsiz harakat tezligi. Agar metall ichida bir jinsli elektr maydon kuchlanganligi hosil qilinsa, elektronlar, zaryadi manfiy bo'lgani uchun, maydonga teskari yo'nalishda qo'shimcha v tezlik oladi. Uning natijaviy s tezligi tartibsiz u va tartibli v tezliklarning yig'indisiga teng bo'lib qoladi.

Tartibsiz harakat tezligining maydon yo'nalishiga mos kelish yoki teskari bo'lish ehtimolliklari bir xil bo'lgani uchun uning o'rtacha qiymati nolga teng.

$\langle s \rangle = u + v = \langle v \rangle$. Bu holda dt vaqt ichida S yuzadan vdt masofada joylashgan, ya'ni $dV = Svdt$ hajmdagi elektronlarning barchasi o'tadi. Agar metalldagi erkin elektronlar konsentratsiyasi n bo'lsa dt vaqt ichida S yuzadan o'tgan zaryadlar miqdori $dq = enSvdt$. U holda tok kuchining zichligi

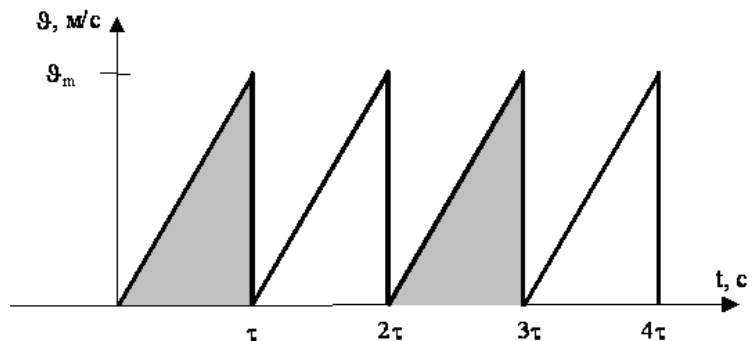
$$j = I/S = dq/Sdt = en\langle v \rangle.$$

Tok zichligi va tezlik vektor kattaliklar ekanini hisobga olsak, $\vec{j} = en\langle \vec{v} \rangle$ metalldagi erkin elektronlarning o'rtacha tartibli harakat tezligini baholash mumkin. Faraz qilaylik, misdan ($n = 8 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$) yasalgan o'tkazgichdan zichligi

$j = 10^7 \text{ A/m}^2$ bo'lgan, nisbatan kuchli tok o'tayotgan bo'lsin. U holda $\langle v \rangle$ ning qiymati:

$$\langle v \rangle = j/ne = 10^7 / 8 \cdot 10^{28} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 0,78 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

Demak, ancha katta toklarda ham $|v| \ll u_{kv}$ bo'ladi va shu sababli o'tkazgich ichida hosil qilingan elektr maydon kuchlanganligini tavsiflovchi ifodalarni o'zgartirib yubormaydi. O'tkazgich ichidagi elektr maydon uning elektronlarining har biriga $F = eE$ kuch bilan ta'sir etadi. Elektronlar $a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m}$ tezlanish oladilar, shuning uchun ularning tartibli harakat tezligi erkin yugurish vaqti davomida chiziqli ravishda o'sadi.



$v_m = a \cdot \tau$; Tezlikning o'zgarish jarayonini quyidagi grafik asosida izohlash mumkin. Rasmdan ko'rinib turibdiki, davriy ravishda elektronning tezligi 0 dan v_m gacha o'zgarib turadi.



$$v_m = a \cdot \tau = \frac{e \cdot E \cdot \tau}{m} = \frac{e \cdot E \cdot l}{m \cdot u}; \quad \langle v \rangle = \frac{(0 + v_m)}{2} = \frac{e \cdot E \cdot l}{2m \cdot u}; \quad j = \frac{ne^2 \ell}{2mu} E = \sigma E.$$

ya'ni Om qonunining differensial ko'rinishi hosil bo'ladi. $\sigma = \frac{ne^2 l}{2mu}$

o'tkazgichning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi deyiladi.

Drude-Lorens nazariyasi, uning ayrim kamchiliklarini hisobga olmaganda, metallarda bo'ladigan kinetik hodisalar mexanizmini anglashga imkon beradi. Erkin yugirish yo'lining boshida elektron $\frac{1}{2} mv^2$ kinetik energiyaga ega bo'ladi. Ion bilan to'qnashuv oldidan esa uning energiyasi $\frac{1}{2} m(u + v_{\max})^2$ qiymatga ega bo'ladi. Mazkur energiyalarning farqi to'qnashuvdan so'ng kristall panjaraning ioniga beriladi

$$\frac{1}{2} m(u + v_m)^2 - \frac{1}{2} mu^2 = \frac{1}{2} m(2uv_m + v_m^2) = \frac{1}{2} mv_m^2$$

Elektronlarning dreyf tezligi $\langle v \rangle$ uning issiqlik harakat tezligidan juda kichik bo'ladi.

Agar metalldagi elektronlar konsentratsiyasi n bo'lsa, uning birlik hajmidan birlik vaqt ichida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori, ya'ni differensial quvvat:

$$w = \frac{nm}{2\tau} v_m^2 = \frac{nm}{2l} \left(\frac{e\ell}{mu} E \right)^2 = \frac{ne^2 \ell}{2mu} E^2 = \sigma E^2$$

ya'ni $w = \sigma E^2$ ham Joul-Lens qonunining differensial ifodasidir.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Zanjirning tarmoqlanmagan va tarmoqlangan qismlaridagi tok kuchlari orasida qanday bog'lanish mavjud?
2. Kirxgofning birinchi qonunini ta'riflang.
3. Kirxgofning ikkinchi qonunini ta'riflang.
4. Gazlarda elektr toki ni nima hosil qiladi?

Uyga vasifa

Kirxgof qonuning qo'llanishi. Razryad turlari. Qattiq jismdagi energiyaviy sathlar. Internet saytlardan o'ta o'tkazuvchanlik hodisasi bazasini to'ldirish.

18–MA'RUZA: MAGNIT MAYDONI. TOK ELEMENTLARNING O'ZARO TA'SIRI.

Reja:

1. Vakuumba magnit maydoni va uning kuch chiziqlari. Toklarning magnit maydoni.
2. Magnit maydon induksiya vektori va uning kuchlanganligi. Bio-Savar-Laplas qonuni va uning qo'llanilishi.
3. Amper qonunlari.
4. Parallel toklarning o'zaro ta'siri.

Tayanch iboralar: Amper kuchi, chap qo'l qoidasi, parallel toklar, Lorens kuchi, Xoll effekti, vakuumba magnit maydon, kuch chiziqlari, magnit maydon induksiya vektori, kuchlanganlik, Bio – Savar – Laplas qonuni.

Ko'rgazmali qurollar: Amper va Lorens kuchlari animatsion dasturi, slaydlar, plakatlar.

O'tilgan mavzuni mustahkamlash

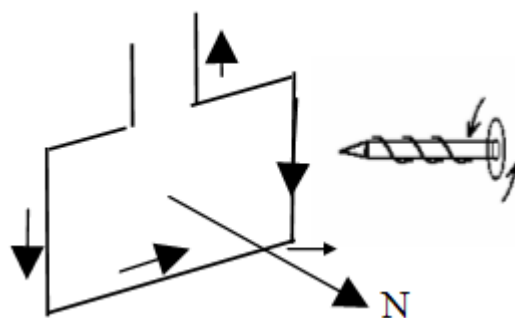
1. Zanjirning tarmoqlanmagan va tarmoqlangan qismlaridagi tok kuchlari orasida qanday bog'lanish mavjud?
2. Kirxgofning birinchi qonunini ta'riflang.
3. Kirxgofning ikkinchi qonunini ta'riflang.
4. Gazlarda elektr tokini nima hosil qiladi?

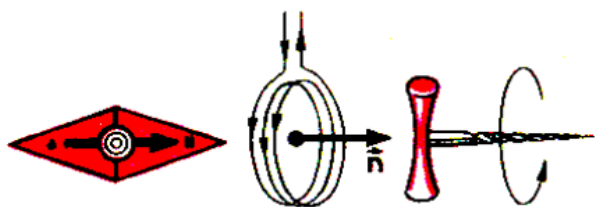
Mavzuning borishi

1. Vakuumba magnit maydoni va uning kuch chiziqlari. Toklarning magnit maydoni. Magnit maydon yo'nalishini xarakterlash uchun ramka tekisligiga normal o'tkazamiz.

Normalning uchidan qaraganimizda ramkadagi tok soat strelkasiga teskari yo'nalgan holda ko'rinsa, bu yo'nalish normalning musbat yo'nalishi deb qabul qilamiz.

Boshqacha aytganda, normalning musbat yo'nalishi deb, dastasi ramkada oqayotgan tok yo'nalishi bo'ylab aylanayotgan parmaning ilgarilanma harakati yo'nalishini qabul qilingan.





Agar parmaning ilgarilanma harakati to'g'ri shakldagi o'tkazgichdan o'tayotgan tok bilan bir xil yo'naltirsak, u holda parma dastasining aylanish yo'nalishi magnit maydon induksiya vektori yo'nalishini ko'rsatadi.

Agar tok aylana yoki solenoid ko'rinishidagi o'tkazgichdan o'tayotgan bo'lib, tok kuchi yo'nalishi bilan parma dastasining harakat yo'nalishi mos tushsa, parma tig'ining ilgarilanma harakati yoki o'ng vint uchining harakat yo'nalishi o'tkazgich atrofida hosil bo'ladigan magnit maydon induksiya vektori yo'nalishini ko'rsatadi.

Magnit maydonni xarakterlovchi ikkinchi parametr bu magnit maydon kuch chiziqlari hisoblanadi. Kuch chiziqlarining zichligi magnit maydon induksiya vektoriga to'g'ri proporsional bo'ladi va bu kuch chiziqlarining yonalishi parma qoidasiga asosan aniqlanadi.

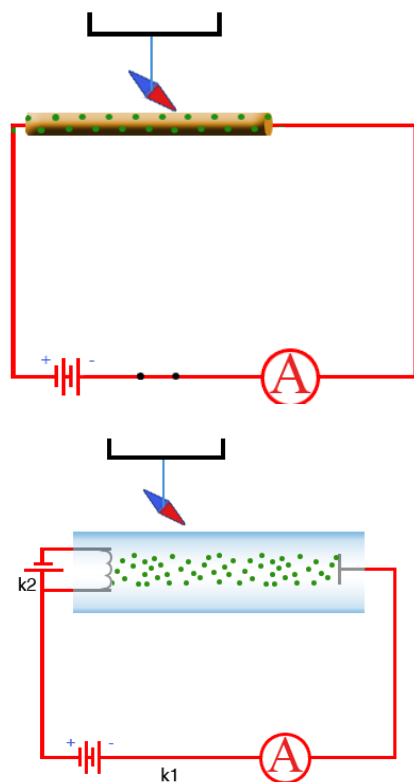
Toklarning magnit maydoni. Tajribalar ko'rsatadiki, magnit strelkasi tokli o'tkazgichga yaqinlashtirilsa, magnit strelkasi o'z o'qi atrofida aylanishi kuzatilgan. Bu hodisani birinchi bo'lib, Eyxenvald kuzatgan.

Elektr toki zaryadlangan zarrachalarning tartibli harakati bo'lganligi uchun, zaryadlangan zarrachalar oqimi oldiga magnit strelkasi joylashtirilganda, uning o'z o'qi atrofida kuzatilishini birinchi bo'lib, tajriba yo'li bilan Ioffe kuzatdi.

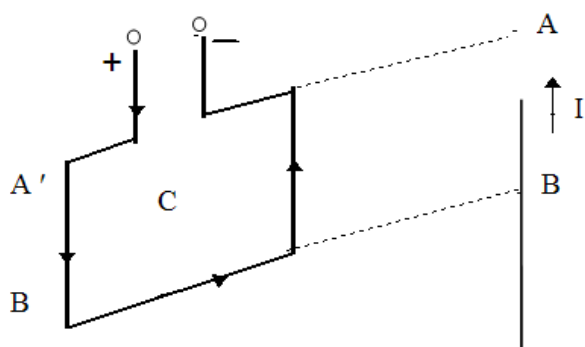
Har qanday harakatlanuvchi zaryadlangan zarrachalar atrofida magnit maydon hosil bo'ladi, bu maydon doimiy magnit maydoni bilan ta'sirlanishi lozim. Bu ta'sirlanishning kattaligi va yo'nalishi quyidagicha aniqlanadi.

Har qanday tokli o'tkazgich yoki tartibli harakatdagi zaryadlar oqimi atrofida magnit maydoni hosil bo'ladi.

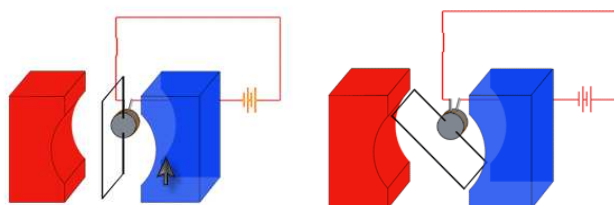
2. Magnit maydon induksiya vektori va kuchlanganligi. Bio-Savar-Laplas qonuni va uning qo'llanilishi. Magnit maydon xossalari tekshirish uchun buralish deformatsiyasini seza oladigan, ingichka ipga osib qo'yilgan ramkadan foydalanamiz.



Agar tokli ramka, tok o'tayotgan o'tkazgichga yaqin keltirilsa, u o'z o'qi atrofida aylanishi kuzatiladi.



Tokli o'tkazgich va ramkaning o'zaro ta'siri. Ushbu tajribani magnet maydonida joylashgan ramka misolida ham kuzatiladi.

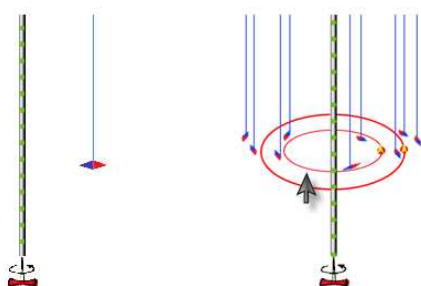


Ushbu o'tkazilgan tajribalar va animatsiya namoyishlaridan ko'rinadiki, tokli ramka magnet maydoniga kiritilganda u o'z o'qi atrofida aylanadi. Demak, magnet maydonidagi tokli ramkaga ma'lum kuch momenti ta'sir etadi va bu kuch momentining kattaligi o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi va ramkaning kesim yuzasiga to'g'ri proporsional bo'ladi.

$M \sim IS$. Tenglamaga proporsionallik koeffitsiyenti B ni kiritamiz va B magnet maydon xossasini xarakterlovchi fizikaviy parametr hisoblanadi va unga magnet maydon induksiya vektori deyiladi. Uning

qiymati $B = \frac{M}{P_m}$. Bu yerda P_m ramkaning magnet momenti hisoblanadi va u $P_m = IS$ ga teng.

Har bir sinov konturga ta'sir etuvchi aylantiruvchi kuch momentining ramkani magnet momentiga nisbati magnet maydonning ayni nuqtasi uchun o'zgarmas kattalik bo'ladi. Magnet maydonning miqdoriy xarakteristikasi vazifasini bajaradigan bu nisbat magnet induksiya B deb ataladigan vektor kattalikni ifodalaydi. SI tizimida magnet induksiya birligi sifatida magnet maydon shunday nuqtasining magnet induksiya qabul qilinishi kerakki, bu nuqtaga kiritilgan magnet momenti $1 \text{ A} \cdot \text{m}^2$ bo'lgan yassi konturga magnet maydoni tomonidan ta'sir etadigan aylantiruvchi momentning maksimal qiymati $1 \text{ N} \cdot \text{m}$ ga teng bo'lishi lozim. Bu birlik Tesla (Tl) deb ataladi:

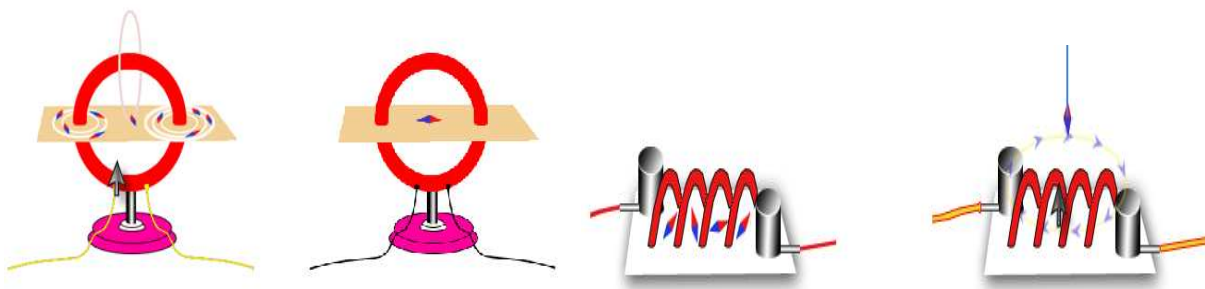


$$1 \text{ Tl} = \frac{1 \text{ N} \cdot \text{m}}{1 \text{ A} \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{mA}}$$

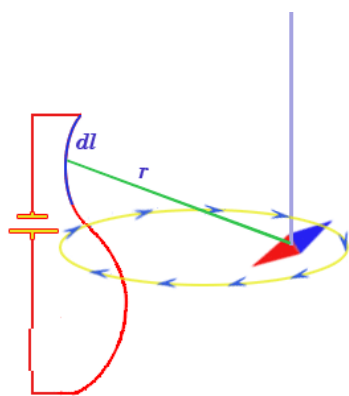
Har qanday ko'rinishdagi o'tkazgichlardan elektr toki o'tganda, uning atrofida hosil bo'ladigan magnet maydon yo'nalishini aniqlash uchun quyidagi tajribalarni amalga oshiramiz to'g'ri shakldagi o'tkazgichdan tok o'tganda magnet maydon kuch chiziqlari

yo'nalishini tavsiflovchi animatsiyadan fragment aylana shakldagi

o'tkazgichdan tok o'tganda magnit maydon kuch chiziqlari yo'nalishini tavsiflovchi animatsiyadan fragment solenoiddan tok o'tganda magnit maydon kuch chiziqlari yo'nalishini tavsiflovchi animatsiyadan fragment.



Bio-Savar-Laplas qonuni va uning qo'llanilishi. Ixtiyoriy shakldagi o'tkazgichdan tok o'tganda uning atrofida hosil bo'ladigan magnit maydon induksiya vektorini Bio – Savar – Laplas qonuniga asosan hisoblash mumkin.



Tokli o'tkazgichdan r masofada joylashgan biror nuqtaning magnit induksiyasi o'tkazgichdagi tok kuchi I ga to'g'ri proporsional bo'lib, tokli o'tkazgich elementidan magnit maydon induksiya aniqlanishi lozim bo'lgan radius vektorning kvadratiga teskari proporsional bo'ladi.

$$dB = k \frac{I[dl \cdot r]}{r^3} \quad \text{Magnit induksiya vektori}$$

$$dB = k \frac{Idl \cdot \sin \alpha}{r^2} \quad \text{bu yerda } \alpha - dl \text{ va } r \text{ vektorlar orasidagi burchak.}$$

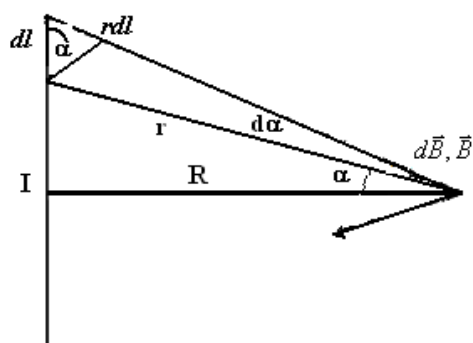
SI sistemasida $k = \frac{\mu_0}{4\pi}$ ga teng, bu yerda μ_0 – magnit doimiysi. Bio – Savar Laplas qonuniga asosan magnit maydon kuchlanganligini hisoblash **animatsiyasidan fragment.**

Bio – Savar – Laplas qonunining qo'llanilishi. Ixtiyoriy shakldagi tokli o'tkazgich hosil qilayotgan maydonning biror nuqtasidagi magnit induksiya uning ayrim qismlari hosil qilayotgan magnit induksiyalarining vektor yig'indisidan iborat bo'ladi, ya'ni

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^n d\vec{B}_i = \int_e d\vec{B}$$

a) To'g'ri tokning magnit maydoni.

Cheksiz uzun, ingichka o'tkazgich o'zidan R masofada joylashgan biror A nuqtada hosil qilgan magnit induksiya kattaligi dB ni hisoblaylik.



$$r = R/\cos\alpha, \quad dl = r \cdot d\alpha/\cos\alpha$$

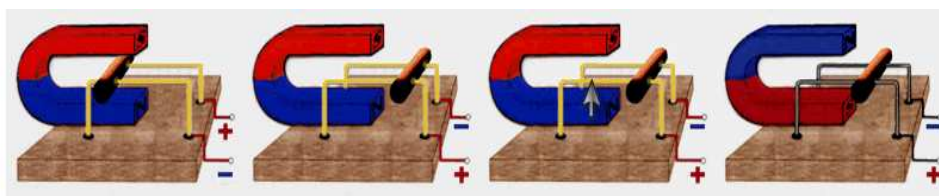
Bu ifodalarni qo'yib tok elementi hosil qilgan magnit induksiya kattaligini topamiz.

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi R} \sin\alpha \cdot d\alpha \text{ burchak } \alpha \text{ } 0 \text{ dan } \pi \text{ o'zgaradi.}$$

$$B = \int dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{R} \int_0^\pi \sin\alpha \cdot d\alpha = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I}{R};$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I}{R} \text{ magnit induksiya kattaligi tok kuchiga proporsional.}$$

3. Amper qonunlari. Magnit maydonda joylashgan tokli o'tkazgichga maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuch shu maydonning magnit induksiya B ga, o'tkazgichning geometrik o'lchamlariga va undan o'tayotgan tok kuchi I ga bog'liq bo'ladi.



Magnit maydonda joylashgan o'tkazgichning dl elementiga ta'sir etuvchi kuchni $d\vec{F} = I \cdot [d\vec{l} \times \vec{B}]$ uning modulini $dF = IdlB\sin\alpha$ ifoda bilan aniqlanadi. Amper qonunini ifodalaydi. B - maydonning dl element joylashgan sohasidagi magnit induksiya, alpha - dl va B vektorlar orasidagi burchak.

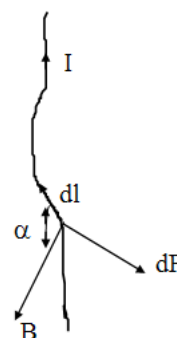
Ta'sir etuvchi kuchni (Amper kuchi) yo'nalishini chap qo'l qoidasi bilan aniqlanadi.

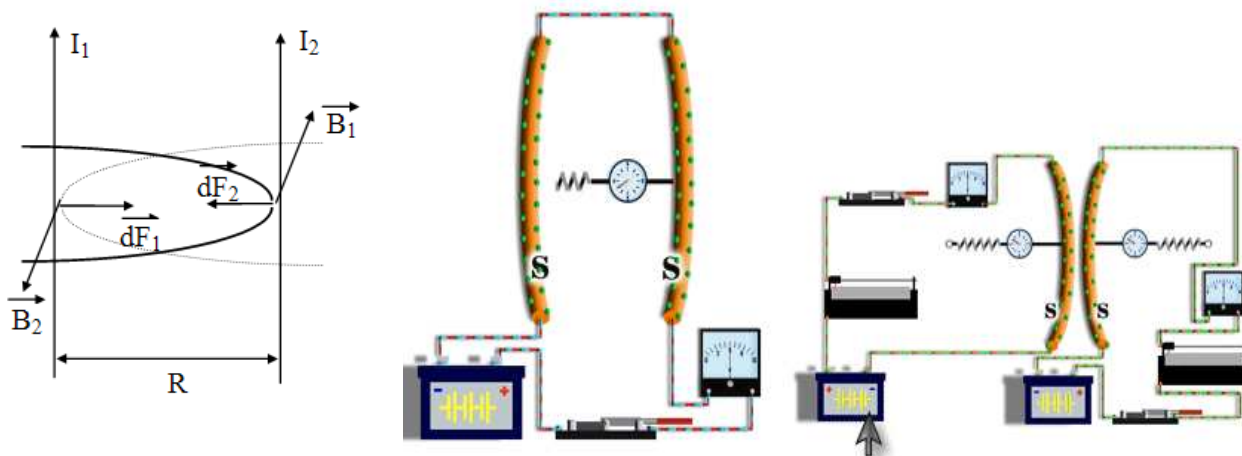
Qoida: chap qo'limizni shunday joylashtirish kerakki, bunda B induksiya chiziqlari kaftimizga kirsin, to'rtala ochilgan barmoq tok yo'nalishiga mos kelsa, 90° ga ochilgan bosh barmoq Amper kuchining yo'nalishini ko'rsatadi.

Amper qonuni tok oqayotgan ikkita parallel o'tkazgichlarni o'zaro ta'sir kuchlarini aniqlashda qo'llaniladi.

4. Parallel toklarning o'zaro tasiri. Eyxenvald tajribasidan ma'lumki, har qanday o'tkazgich atrofida magnit maydon hosil bo'ladi, bu maydon o'zgaras magnit maydoni bilan ta'sirlanishi mumkin.

O'zaro parallel, oralaridagi masofa R bo'lgan I1 va I2 toklar oqayotgan (toklar yo'nalishi cheksiz uzunlikdagi tokli o'tkazgichlarni ko'raylik.





Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Magnit maydonni xarakterlovchi fizik kattalik sifatida nimani bilasiz?
2. Magnit maydon induksiya vektorining o'lchov birligi nima?
3. To'g'ri shakldagi o'tkazgichdan tok o'tganda hosil bo'ladigan magnit maydon qanday yo'nalishga ega?
4. Bio – Savar – Laplas qonuniga ko'ra, tokli o'tkazgichdan ma'lum masofadagi magnit induksiya vektori qanday fizik parametrlarga bog'liq?
5. Amper qonunlarni tushuntiring.

Uyga vazifa

Aylanma tok markazidagi magnit maydoni. Magnit oqimi uchun Gauus teoremasi.

19 - MA'RUZA: LORENS KUCHI VA UNING QO'LLANILISHI. MODDALARNING MAGNIT XOSSASI.

Reja:

1. Lorens kuchi. Xoll effekti.
2. Elektron mikroskopning tuzilishi. Elektron nurli trubka. Mass spektrometr.
3. MGD generator. Zaryadlangan zarrachalarning harakati va tezlatgichi.
4. Muhitning magnit maydoni. Magnit singdiruvchanligi.
5. Dia va para magnetiklar.
6. Ferromagnetiklar va ularning magnitlanishi. Ferromagnetizmga gisterezis hodisasi.

Tayanch iboralar: singdiruvchanligi, dia-para magnetiklar, muhitning magnit maydoni, ferromagnetiklar, gisterezis, domenlar prinsipi, zaryadlangan zarracha, magnit maydon, tezlatgichlar, elektron mikroskopning tuzilishi, elektron nurli trubka, MGD generator.

Ko'rgazmali qurollar: mavzuga oid slaydlar, animatsion dasturlar, plakatlar. MGD generator animatsion dasturi, mavzuga oid slaydlar va plakatlar.

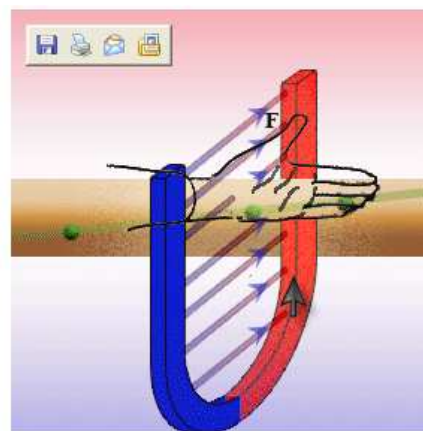
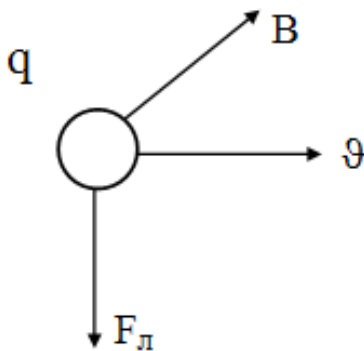
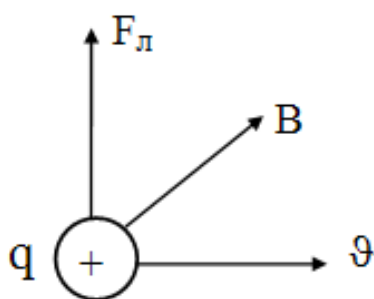
O'tilgan mavzuni takrorlash.

1. Magnit maydonni xarakterlovchi fizik kattalik sifatida nimani bilasiz?
2. Magnit maydon induksiya vektorining o'lchov birligi nima?
3. To'g'ri shakldagi o'tkazgichdan tok o'tganda hosil bo'ladigan magnit maydon qanday yo'nalishga ega?
4. Bio – Savar – Laplas qonuniga ko'ra, tokli o'tkazgichdan ma'lum masofadagi magnit induksiya vektori qanday fizik parametrlarga bog'liq?
5. Amper qonunlarni tushuntiring.

Mavzuning borish.

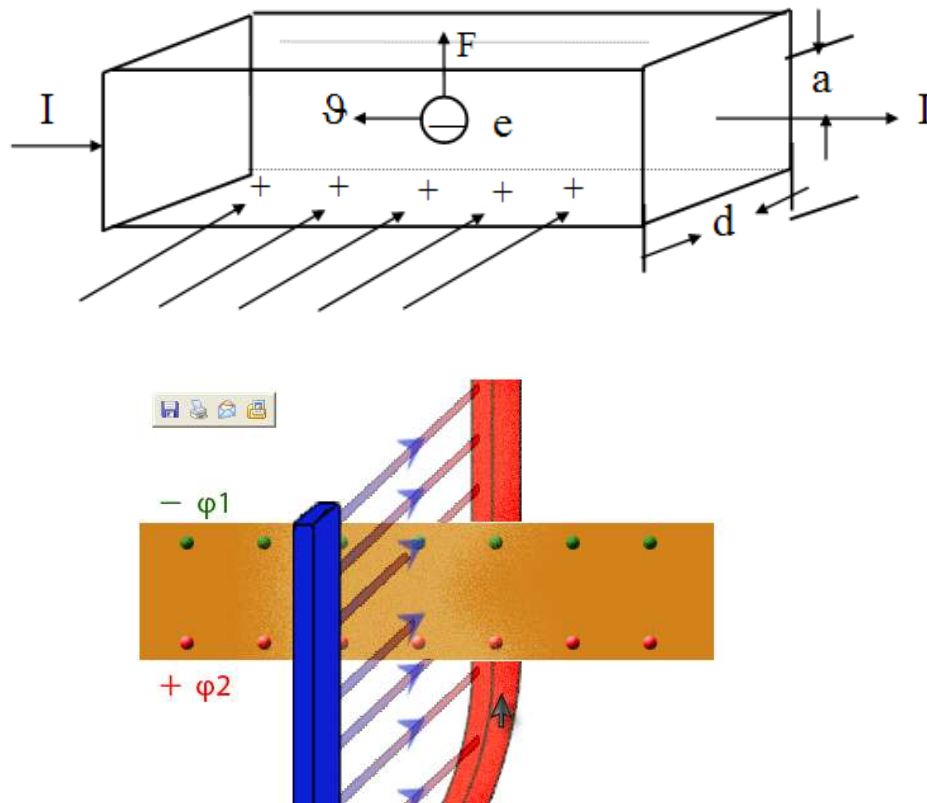
1. Lorens kuchi. Xoll effekti. Magnit maydonida $\vec{v}$ tezlikda harkatlanayotgan q zaryadga $\vec{F}_L = q[\vec{v} \cdot \vec{B}]$ kuch ta'sir etadi. Bu kuchni Lorens kuchi deyiladi. Lorens kuchini yo'nalishi chap qo'l qoidasi bilan aniqlanadi.

Agar kaftga B induksiya chiziqlari kirsam, to'rtala ochilgan barmoq musbat zaryadning tezlik, $\vec{v}$ - vektor yo'nalishiga mos kelsa, bosh barmoq Lorens kuchi yo'nalishini ko'rsatadi.



Lorens kuchining (F_L) modul bo'yicha ifodasi $F_L = qvB \sin \alpha$ $\vec{B}$ va $\vec{v}$ orasidagi burchak.

Xoll effekti. Xoll effektining mohiyati shundan iboratki, metall yoki yarim o'tkazgichdan yasalgan plastinka magnit maydoniga joylashtirilib undan tok o'tkazilsa, ($\vec{B}$ va tok yo'nalishiga tik yo'nalishda) plastinkaning qarama-qarshi yoqlarida noldan farqli bo'lgan potensiallar ayirmasi hosil bo'ladi.



Metall plastinka (eni d , qalinligi a) magnit induksiya chiziqlariga (B) perpendikulyar joylashgan bo'lsa, Lorens kuchlari ta'sirida elektronning harakat yo'nalishi o'zgaradi va natijada plastinkaning yuqori qirrasida ortiqcha manfiy zaryadlar, qarama-qarshi qirrasida ortiqcha musbat zaryadlar to'planadi. Shu sababli plastinkaning qarama-qarshi yoqlarida pastdan yuqoriga yo'nalgan ko'ndalang elektr maydoni hosil bo'ladi. *Elektr kuchlari Lorens kuchlariga teng bo'lganda plastinkaning qarama-qarshi yoqlarida hosil bo'lgan Xoll potentsiallar ayirmasi magnit induksiya kattaligiga (B), tok kuchi (I) ga to'g'ri proporsional bo'lib, plastinkaning qalinligiga (a) teskari proporsional bo'ladi.*

$$\Delta\varphi = R \cdot \frac{IB}{d} \quad R = \frac{1}{ne} \quad (n - 1 \text{ sm}^3 \text{ dagi zaryadlar soni, } e - \text{elektron}$$

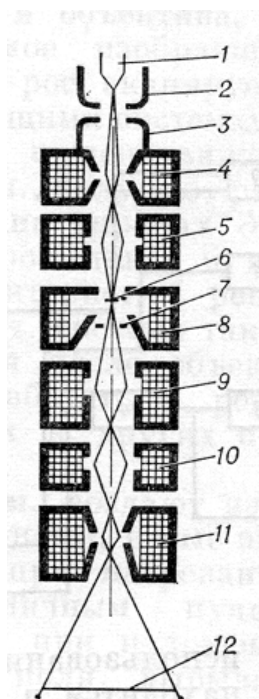
zaryadi)

d – plastinaning qalinligi.

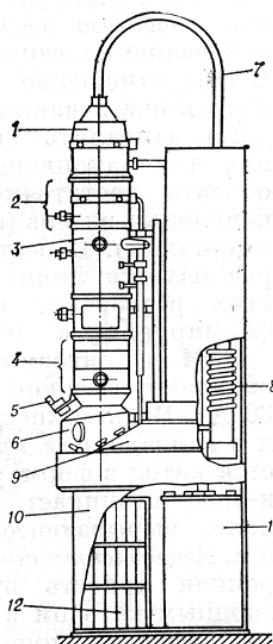
Xoll doimiysi bo'lib moddaning turiga bog'liq bo'ladi. O'lchangan Xoll doimiysining qiymatlariga ko'ra, o'tkazgichdagi elektronlar sonini va R ning ishorasiga qarab tekshirilayotgan o'tkazgichning qanday o'tkazuvchanlikka ega ekanligini aniqlash mumkin.

2.Elektron mikroskopning tuzilishi. Elektron nurli trubka. Mass spektrometr. Optik mikroskoplarda kichik buyumlarning tasvirini kattalashtirish uchun yorug'lik nurlaridan foydalaniladi. Elektron mikroskoplarda esa yorug'lik nuri o'rnida vakuumda yuqori energiyaga ega bo'lgan elektronlar oqimidan foydalaniladi. Bunday qurilmalarda katta

tezlikli elektronlar olish uchun magnit linzalar qo'llaniladi. Magnit linza deganda, kichik tirqishli metal g'ilof ichiga joylashtirilgan va katta magnit maydonga ega bo'lgan solenoid tushuniladi.



a)



b)

Elektron mikroskop

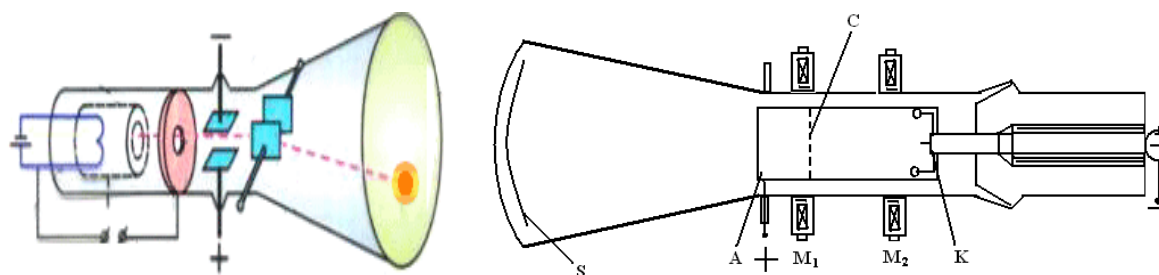
a) umumiy ko'rinishi, b) optik sxemasi.

a - rasmda tasvirlangan elektron mikroskop quyidagi asosiy qismlardan iborat: 1- elektron pushka, 2- kondensorli linzalar, 3- ob'yektiv linzalari, 4- proyeksion linzalar, 5- ekranda namoyon bo'ladigan tasvirni qo'shimcha kattalashtiradigan yorug'lik mikroskopi, 6 – tubus, 7- yuqori kuchlanishli kabel, 8-vakuumli tizim, 9- boshqaruv pulti, 10-stend, 11-yuqori kuchlanish manbai qurilmasi.

b - rasmdagi elektron mikroskopning optik sxemasi quyidagicha tuzilgan: 1-katod, 2-fokuslovshi silindr, 3-anod, 4-birinchi (qisqa fokuslovchi) kondensor, 5- ikkinchi (uzun fokuslovchi) kondensor, 6-ob'yekt, 7-aperturli diafragma, 8-ob'yektiv, 9, 10, 11 – linzaning proyeksiyalovchi tizimi, 12-katodli lyuminesserlovchi ekran.

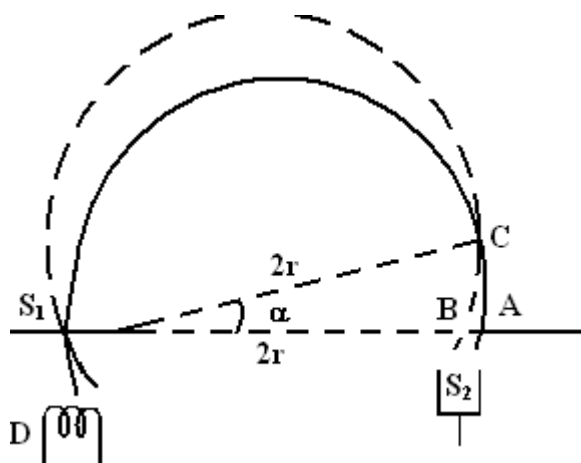
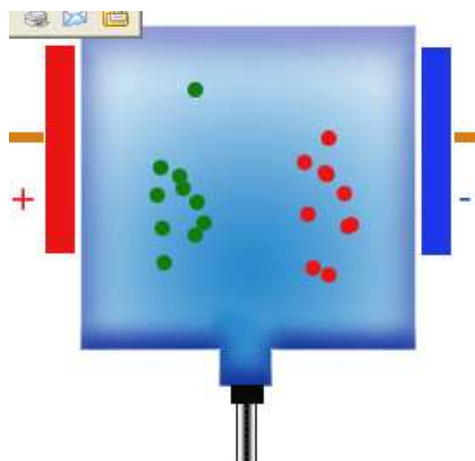
Elektron nurli trubka elektronlarning elekttr maydoni ta'sirida ma'lum bir burchakka egilishi natijasida va maydon kuchlanganligining qiymatiga bog'liq ravishda egilish burchagining o'zgarishi lyuminisensiyalanuvchi ekranning turli nuqtalarida nuqtaviy yoritilishlar vujudga kelishini ta'minlaydi. Bu nuqtaviy yoritilishlar majmuasi elektron nurli trubkada tok kuchi va yo'nalishiga bog'liq ravishda grafiklarni hosil qilish mumkin. Shu asnoda posilograf ishlaydi. Televideniya trubkasida esa yoritgichlar majmuasi tasvirini vujudga keltiradi.

Elektron mikroskopning sxemasi quyidagi rasmda berilgan. Uning tarkibiy qismlari: tok manbai yordamida qizdiriluvchi katod K, anod trubkasi A, nazoratchi to'r C, ikkita magnit linza M_1 , M_2 va ekran S dan iboratdir. Birinchi magnit linza M_1 o'zidan qizdirish yoki yoritish natijasida elektronlar chiqaruvchi (yoki sochuvchi) buyumning haqiqiy tasvirini kattalashtirib beradi. Ikkinchi magnit linza M_2 birinchi linzadan kelgan tasvirni yanada kattalashtirib, ekran S yoki fotoplastinkaga tushiradi. Elektron mikroskopda buyumning umumiy kattalashtirilishi har bir linzadagi kattalashtirishlarning ko'paytmasiga teng bo'ladi. Hozirgi zamon elektron mikroskoplarda buyumlar tasvirini 10^5 martagacha kattalashtirish mumkin.



Elektron nurli trubka

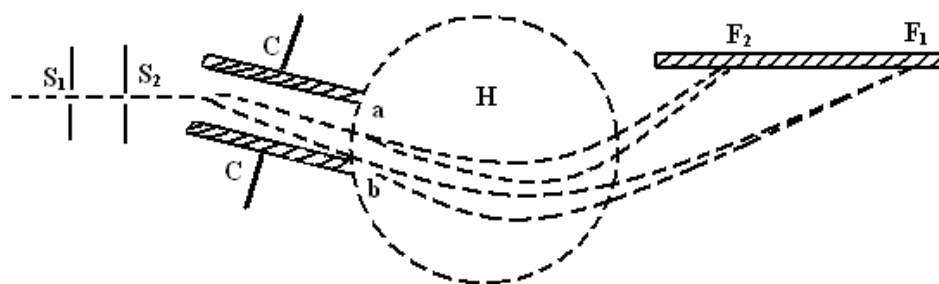
Mass spektrometr. Masspektrofotometrler deb ataluvchi fizikaviy qurilmalardan odatda moddalarning tarkibiy elementlari molyar massasi aniqlash maqsadida masspektrolar olinadi.



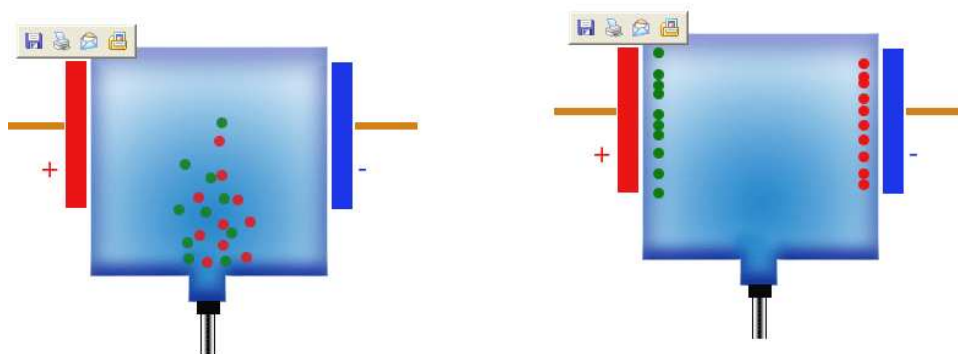
Misol tariqasida mirzoi qizil sabzi olindi, asosiy bo'yovchi modda spektri keltirilgan. β -karotinoid bo'yog'i tarkibidagi bo'yovchi modda masspektrolarini ko'rib o'tib hamda bu spektrolarni tahlil qilib β -karotinoidning molyar massasi 568,428 a.m.b. ga tengligi isbotlandi.

Ikkinchi misol sifatida MAT-311 masspektrometri yordamida o'tkazilgan kuzatishlar shuni ko'rsatdiki, modda tarkibiga kiruvchi elementlar spektrlari ularning molyar massalariga mutanosib bo'lishi lozim.

Haqiqatdan ham, hisoblashlar natijasiga ko'ra 3,5-diglyukozid sianidin moddasining molyar massasi 631,4 a.m.b. gat eng bo'ldi. Shu asosida O'rta Osiyo olxo'risi bo'yog'ining asosiy bo'yovchi pigmenti sifatida 3,5-diglyukozid sianidin ekanligi aniqlangan. Ko'rib o'tganimizdek, masspektrofotometrler zamonaviy texnologiyalar asosida moddalar tarkibiy elementlarini yuqori darajadagi aniqlik bilan o'lchashda katta yordam beruvchi qurilmadir.



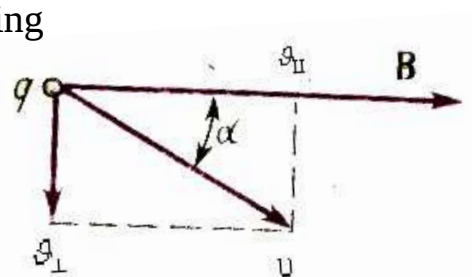
3. MGD generator. Zaryadlangan zarrachalarning harakati va tezlatgichi. *MGD generator. MGD generatorining ishlash prinsipi.* MGD generator yuqori darajada zaryadlangan gaz molekulalarining ya'ni ionlarning magnit maydoni ta'sirida turli yo'nalishlarda harakat qilib, generatorning qoplamalarida musbat va manfiy zaryadlar to'plamini vujudga keltiradi. Bu zaryadlar to'plami esa qoplamalar orasida potensial farqini vujudga keltiradi va bu potensial farqi elektr tok ko'rinishida foydalanishi mumkin. Shuning uchun bunday qurilmalarga Magnito Gidro Dinamik generatorlar (MGD).



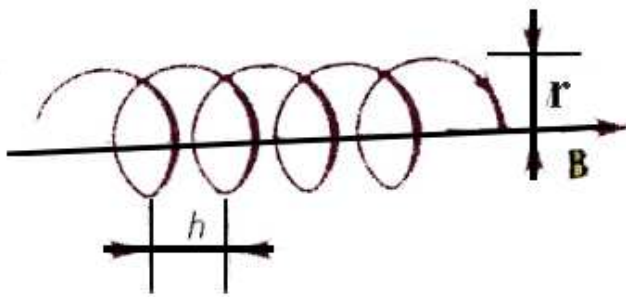
Zaryadlangan zarrachalarning magnit maydoni. Agar zaryadga magnit maydonidan tashqari, kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ ga teng bo'lgan elektr maydoni ham ta'sir etsa, natijaviy kuch Lorens va elektr kuchlarining vektor yig'indisidan iborat bo'ladi.

$\vec{F} = \vec{F}_{el} + \vec{F}_l = q\vec{E} + q[\vec{v} \vec{B}]$ Lorens formulasi deyiladi.

Bu yerda q – harakatlanuvchi zarrachaning zaryad miqdori, $v_{||}$ – zarrachaning magnit maydon induksiya yo'nalishidagi tezlik tashkil etuvchisi, $v_{\perp}$ – magnit maydon induksiyasi yo'nalishiga perpendikulyar yo'nalishda tezlik tashkil etuvchisi v – magnit maydonda zaryadlangan zarrachaning harakat tezligi.



Bunday harakat natijasida zarracha spiralsimon trayektoriya bo'ylab harakat qiladi.



Bu yerda trayektoriya radiusi

$$r = \frac{m v}{q B}$$

Zarrachaning aylanish davri

$$T = \frac{2\pi m}{B q}$$

Spiral qadami $h = \frac{2\pi m \cos \alpha}{B v}$

Harakatlanayotgan zaryadlarga yuqoridagi ta'sirlarga asoslanib tezlatgichlar qurilgan. Tezlatgichlar yordamida zaryadli zarrachalarga (elektronlar, protonlar, mezonlar, ionlar va h.) juda katta energiya berish mumkin.

Chiziqli tezlatgich. Zarrachalar yuqori kuchlanishli generator yordamida hosil qilingan elektrostatik maydon yordamida tezlatiladi. Bunda Q zaryad $\phi_1 - \phi_2$ potentsiallar ayirmasi orqali o'tganda $W = Q \cdot (\phi_1 - \phi_2)$ energiya oladi. Shunday qilib, zarracha ≈ 10 meV energiyaga qadar tezlatiladi.

Chiziqli rezonansli tezlatgich. O'ta yuqori chastotali o'zgaruvchan elektr maydonida protonlar bir necha megoelektron voltgacha, elektronlar o'n gigaelektron volt energiyagacha tezlatiladi. Siklotron - og'ir zarrachalar (proton, ion) ni tezlatuvchi qurilmadir. Qurilmaning prinsipial sxemasi 2.11-rasmda ko'rsatilgan. (Siklotron rezonans hodisasini 1953 yilda AQSh fizigi Charlz Kittel kashf qildi).

Siklotronning asosiy qismi kuchli elektromagnit bo'lib, uning qutblari orasida duant deb ataladigan vakuum kamerasi 1 va 2 joylashgan. Duantlar o'zgaruvchan kuchlanishli yuqori chastotali generator qutblariga ulanganligi uchun navbatma-navbat goh manfiy, goh musbat zaryadlanib turadi.



Agar zaryadlangan zarrachani duantlar orasidagi markazga kiritilsa, zarracha elektr maydonida tezlanish olib, uning trayektoriyasi magnit maydon ta'sirida egrilanadi va duant 1 ga tortiladi. Zarracha yarim aylanani bosib o'tgach, yana duantlar orasidagi tirqishga yotib keladi va duant 2 ga tortilib tezlashadi. Shu tariqa zarrachaning tezligi va orbitasining radiusi ortib

boradi. Zarrachaning traektoriyasi spiralsimon shaklda yoyilib boradi va nihoyat, yetarli energiyaga ega bo'lgach, maxsus qurilma orqali tashqariga chiqadi. Bunday qurilmalar yordamida protonlarni 20 MeV energiyaga qadar tezlatish mumkin.

4. Muhitning magnit maydoni. Magnit singdiruvchanligi. Har xil muhitlarni magnit singdiruvchanligi moddalarning magnit xossalarni ularni tashkil etgan atom va molekulalarning hosil qiladigan mikrotoklariga bog'liq bo'lgani haqidagi birinchi ta'limot Amperga tegishli. Amper gipotezasiga asosan moddalarni magnit xossasini, ushbu moddani tashkil etgan atomlar elektronlarini yadro atrofidagi orbital harakati vujudga keltiradi. Bu vaqtdagi orbital tok $J = ev = ev/2\pi r$; e - elektron zaryadi, v - uning aylanish chastotasi, v - elektronning chiziqli tezligi, r - esa orbita radiusi.

Orbital tokga orbital magnit moment hosil bo'ladi. $P_m = J \cdot S = \frac{1}{2} e v r$
 $S = \pi r^2$ orbital yuzasi. Elektronning aylanishidagi impuls momenti $H = m[r v]$
 $L_C = m v r$ L_C bilan P_m vektorlar qarama-qarshi yo'nalishga ega.

Tenglama birgalikda yechsak $P_m = \gamma L_C$; $\lambda = \frac{P_m}{L_C}$

Elektronning gigomoment orbital momentlar nisbati deyiladi. Elektronning yadro atrofida aylanishida uning pretsessiyalanishi vujudga keladi va unga Larmor pretsessiyalanishi deyiladi.

Tizimga yo'nalishi aylanish o'qi bilan mos tushuvchi bir jinsli kuchsiz doimiy magnit maydon kiritilishi natijasida yuzaga keluvchi bir xilda zaryadlangan zarrachalar tizimining qo'shimcha aylanishi Larmor pretsessiyasi deyiladi. Bu hodisani birinchi bo'lib, 1895 yilda ingliz fizigi J.Larmor kuzatgan. Uning nomi bilan ataluvchi teorema ko'ra, bir jinsli magnit maydon kiritilganda elektronlar sistemasining harakat tenglamasi o'z

shaklini saqlaydi, agar $\omega_L = \frac{eH}{2mc}$ (bu yerda e – elektronning zaryadi, m – massasi) chastota bilan maydon yo'nalishi bo'ylab tekis aylanayotgan koordinata sistemasiga o'tilsa, pretsesiya sodir bo'ladi. ω_L chastota Larmor chastotasi deb aytiladi. Maydon ω_L chastotali har bir elektron atomi orbitasining maydon yo'nalishi bo'ylab pretsessiyasi hosil bo'lishiga olib keladi.

Larmor pretsessiyasi zaryadlangan zarrachalarga Lorens kuchi ta'sir qilishiga asoslangan va gidroskop harakatida uning aylanish o'qi yo'nalishini o'zgartirishga intiladigan kuch ta'siridagi pretsessiyasiga o'xshash.

Agar ω_L chastota magnit maydon bo'lmaganda zarrachalarning aylanish chastotasi bilan solishtirilganda kichik bo'lsa, Larmor teoremasi o'rinli bo'ladi. Elektronlar uchun hattoki juda kuchli magnit maydonda ($H \sim 10^6$ E) $\omega_L \sim 10^{13} \text{ s}^{-1}$, negaki atomda elektronlarning aylanish chastotasi

$(\frac{4Z^2}{n^3}) \cdot 10^{16} \text{ s}^{-1}$ tartibga ega. Bu yerda Z – yadro zaryadi, n – atomning bosh kvant soni. Buning natijasida Larmor teoremasi juda keng qo'llanilish sohasiga ega. Elektronlar sistemasining qo'shimcha aylanishi natijasida (Larmor pretsessiyasi) magnit maydonida sistemaning magnit momenti yuzaga keladi. Shuning uchun Larmor pretsessiyasi asosida diamagnetizm, Zeyeman effekti kabi hodisalarni tushuntirish mumkin bo'ladi.

5. Dia va para magnetiklar. O'tkazgichlardan elektr toki o'tganda hosil qiladigan magnit induksiyasi B_0 bo'ladi. Ushbu magnit maydon induksiyasining qiymati tokli o'tkazgich biron muhitda joylashganda o'zgaradi. Chunki magnit maydon ta'sirida muhitlarning magnitlanish xossasi mavjud. Bu hodisani xarakterlash maqsadida magnitlanish vektori tenglamasi kiritiladi.

$j = \frac{\epsilon P_i}{\Delta V}$ Bu yerda ΔV muhitdan ajratib olingan kichik hajm p-muhit alohida molekulasining hosil qiluvchi magnit moment. Magnitlanish vektorining magnit induksiyasi orqali emas magnit maydon kuchlanganligi "H" bilan bog'laydilar.

$J = \epsilon H$; ϵ - magnit qabul qiluvchanlik bo'lib muhitning magnit xossalarini xarakterlaydi. ϵ - o'lchov birligisiz fizik kattalik magnit maydon kuchlanganligi bilan magnit induksiya vektorining o'zaro quyidagicha bog'lanishga ega.

$$\frac{B}{\mu_0} = H + \epsilon H = (1 + \epsilon)H \quad \text{bunda } \mu - \text{muhitning magnit singdiruvchanligi}$$

$\mu = (1 + \epsilon)$ magnit induksiyasi bilan magnit maydon kuchlanganligi

$$H = \frac{B}{\mu \mu_0}; \quad B = \mu \mu_0 H \quad \text{bo'ladi.}$$

Magnit maydon kuchlanganligi vakuumda tokli o'tkazgich hosil qiladigan magnit maydon induksiya vektori " B_0 " ning μ_0 ga bo'lgan nisbati bilan topiladi.

$$H = \frac{B_0}{\mu_0} - \text{muhitda joylashgan ushbu o'tkazgich hosil qiladigan magnit}$$

$$\text{induksiyasi} \quad B = \mu \mu_0 H = \mu \mu_0 \frac{B_0}{\mu_0} = \mu B_0. \quad \text{Shunday qilib muhit magnit}$$

singdiruvchanligi ushbu muhitda tokli o'tkazgichni hosil qiladigan magnit induksiyasi vakuumdagi shunday qiymatda necha marta ortiq bo'lishini

$$\text{ko'rsatadi. } \mu = \frac{B}{B_0};$$

Diamagnetiklar. Diamagnit effekt atomlarining magnit momentlari nolga teng bo'lgan moddalarda namoyon bo'ladi. Magnit maydon ta'sirida esa, diamagnit effekt tufayli atom tarkibidagi ayrim elektronlar erishadigan qo'shimcha magnit momentlarning qo'shilishi natijasida atomda tashqi maydonga teskari yo'nalgan magnit moment vujudga keladi. Bu magnit moment o'zini vujudga keltirayotgan tashqi maydonni susaytiradi. Shuning uchun bunday moddalarning magnit qabul qiluvchanligi manfiy bo'ladi. Bunday moddalar diamagnetiklar deb ataladi.

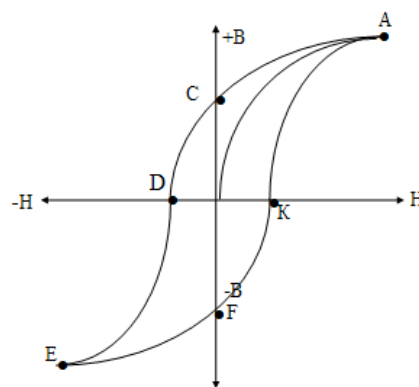
Paramagnetiklar. Paramagnit effekt sodir bo'ladigan moddalarda tashqi magnit maydonning kuchayishi kuzatiladi. Lekin bu kuchayish temperaturaga teskari proporsional bo'ladi. Bunday moddalar paramagnetiklar deb ataladi.

6. Ferromagnetiklar va ularning magnitlanishi. Ferromagnetizmga gisterezis hodisasi. Ferromagnetiklar magnitlanishi.

1. Ferromagnetiklarning magnit qabul qiluvchanligi k_m tashqi magnit maydonga bog'liq, k_m ning H ga bog'liqligi bilan xarakterlanadi.

2. Ferromagnetikdagi magnit maydon induksiyasining tashqi maydon kuchlanganligiga bog'liq ravishda o'zgarishi OA egri chiziq bo'ylab sodir bo'ladi. Shundan keyin H ni kamaytira boshlasak, ferromagnetikdagi B ning qiymati AO chiziq bo'ylab kamaymasdan, balki yangi AB egri chiziq bo'ylab kamayadi. $H=0$ bo'lganda ham ferromagnetikdagi magnit maydon yo'qolmaydi, OB_k kesma bilan ifodalanuvchi qoldiq induksiya saqlanib qoladi.

Ferromagnetizmga gisterezis hodisasi. Ferromagnetiklarning magnit sindiruvchanligi μ tashqi maydon kuchlanganligi H ga bog'liqligini ko'rdik. Endi magnit induksiyasi B va H orasidagi bog'lanishni ko'raylik. Magnitlanishda ferromagnetik ichidagi magnit maydon O dan H ning ma'lum qiymatigacha ortib boradi. Ferromagnetikdagi induksiya qiymatining o'zgarishi OL chiziq bilan xarakterlanadi. Agar H kamaysa, induksiyaning kamayishi LM chiziq bilan ifodaladi. $H=0$ bo'lganda ham induksiya noldan farqli bo'ladi. Qoldiq magnitlanishni yo'qotish uchun esa oldingisiga teskari yo'nalishda maydon qo'yish kerak bo'ladi. Maydon kuchlanganligining $B=0$ dagi qiymati tutuvchi yoki koersitiv kuch H_k deyiladi. Maydon o'zgarishi bilan induksiya ham o'zgaradi. Hosil bo'lgan chiziqqa gisterezis deyiladi. Koersitiv kuchlarning qiymatiga qarab ferromagnetiklar yumshoq va qattiq ferromagnetiklar bo'ladi. Yumshoq ferromagnetiklar uchun gisterezis sirtmog'i ingichka va koersitiv kuchlarning qiymati kichik bo'ladi. Ularga temir, permallay va boshqalar misol bo'ladi.



yumshoq ferromagnetiklardan transformator, generator, elektro dvigatellarning o'zaklari yasaladi.

Qattiq ferromagnetiklar uchun gisterezis sirtmog'i keng va koersitiv kuchlarning qiymatlari ham katta bo'ladi. Shuni ta'kidlash lozimki, gisterezis sirtmog'ining yuzasi ferromagnetikni magnitlanish uchun barajarish kerak bo'lgan ishni xarakterlaydi.

Qattiq ferromagnetiklarga po'lat va uning qotishmalari kirib, odatda ulardan doimiy magnetiklar tayyorlashadi.

Ferromagnetiklarda domenlar prinsipi. Ferromagnetiklar tashqi maydon bo'lish – bo'lmasligidan qat'iy nazar, o'z – o'zidan magnitlanib qolish xususiyatga ega bo'ladilar. Bu hodisani tushuntirish uchun frazsuz fizigi P. Veys (1865 – 1940) domenlar nazariyasini olg'a surdi. Ushbu nazariyaga muvofiq, ferromagnit – juda ko'p miqdordagi kichik mikroskopik sohalar – domenlarga ajratilib, ular o'z – o'zidan magnitklanadilar. Tashqi magnit maydon bo'lmaganda domenlarning magnit momentlar ham betartib joylashgan bo'lib, bir – birlarini yo'qotadilar. Tashqi maydonga kiritilganda esa maydon alohida atom va molekulalarni emas, balki domenlarni maydon bo'ylab yo'naltiradi. Aynan shu sababli maydon kuchlanganligi ortishi bilan magnitlanish juda tez ortadi. Domenlar o'z – o'zidan maydon bo'ylab joylashib qolishi mumkin. Diamagnetiklardan va paramagnetiklardan farqli ravishda ferromagnetiklarning magnit singdiruvchanligi tashqi maydon kuchlanganligiga bog'liqdir.

Ferromagnetiklarning magnit kirituvchanligi ancha katta bo'ladi. Masalan, temir uchun $\mu = 5000$, supermalloy qotishmasi uchun $\mu = 800000$ va hokazo. Ferromagnetiklar hodisasi birinchi bo'lib temirda o'rganilgan. Ferromagnetizm atamasining kelib chiqishi ham shundan.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Elektron – nurli trubka qanday tuzilgan ?
2. Elektron – nurli trubka qayerlarda ishlatiladi?
3. Elektron nurlar dastasi qanday hosil qilinadi?
4. Tezlatgichlar necha turga bo'linadi?
5. Diamagnetiklar deb qanday moddalarga aytiladi?
6. Diamagnetikning xususiyatlari temperaturaga bog'liqmi?
7. Paramagnetiklarning molekulalari xususiy magnit momentiga egami?
8. Paramagnetiklarning xususiy maydoni tashqi maydonni qanday o'zgartiradi?
9. Muhitning magnit singdiruvchanligi deb qanday kattalikka aytiladi?
7. Ferromagnetiklarning alohida xossalarini ayting.
8. Ferromagnetiklar magnitlanishi tashqi maydonga bog'liqmi?
9. Domenlar deb nimaga aytiladi?
10. Ferromagnetiklarga misollar keltiring.

Uyga vazifa

Informatsiya va axborotlarni magnit tasmalarda yozish va saqlash. Magnit maydon kuchlanganligi. Komp'yuter monitorida elektron shula ta'sirida axborot tizimini hosil qilish. Oziq – ovqat texnologiyasi va uning mashina mexanizmlar va jihozlarida qo'llash.

20-MA'RUZA. ELEKTROMAGNIT INDUKSIYA HODISSASI. ELEKTR VA MAGNIT MAYDONLARINING O'ZARO AYLANISHI. MAKSVELL TENGLAMALARI.

Reja:

1. Magnit oqimi. Elektromagnit induksiyasida Faradey tajribasi. Faradey qonuni. Lens qoidasi.
2. O'zinduksiya va induktivlik. O'zaro induksiya.
3. Magnit maydon energiyasi va uning zichligi.
4. Uyurmali elektr maydoni. Fuko toklari. Siljish toklari to'g'risida tushuncha.
5. Elektromagnit maydonlarining o'zaro aylanishi. Maksvell tenglamalari.

Tayanch iboralar: fuko toki, uyurmali elektr maydon, siljish, o'zaro almashuvi, magnit oqim, induksiyada Faradey tajribasi va qonuni. Lens qoidasi, o'zinduksiya, induktivlik, o'zaro induksiya, energiyasi, zichligi.

Ko'rgazmali qurollar: mavzuga doir plakatlar, slaydlar, animatsion dasturlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

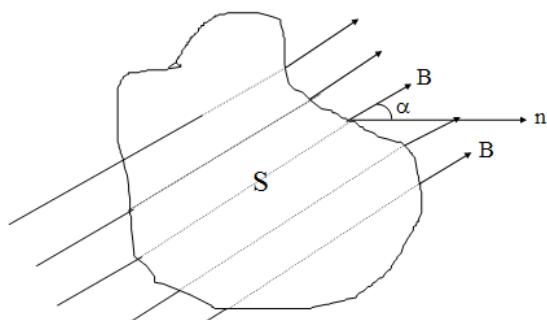
1. Elektron – nurli trubka qanday tuzilgan ?
2. Elektron – nurli trubka qayerlarda ishlatiladi?
3. Elektron nurlar dastasi qanday hosil qilinadi?
4. Tezlatgichlar necha turga bo'linadi?
5. Diamagnetiklar deb qanday moddalarga aytiladi?
6. Diamagnetikning xususiyatlari temperaturaga bog'liqmi?
7. Paramagnetiklarning molekulalari xususiy magnit momentiga egami?
8. Paramagnetiklarning xususiy maydoni tashqi maydonni qanday o'zgartiradi?
9. Muhitning magnit singdiruvchanligi deb qanday kattalikka aytiladi?
7. Ferromagnetiklarning alohida xossalari ayting.
8. Ferromagnetiklar magnitlanishi tashqi maydonga bog'liqmi?
9. Domenlar deb nimaga aytiladi?
10. Ferromagnetiklarga misollar keltiring.

Mavzuning borishi

1. Magnit oqimi. Elektromagnit induktsiyasida Faradey tajribasi.

Faradey qonuni. Lens qoidasi. Magnit maydon induktsiyasining shu induksiya chiziqlari o'tayotgan yuzaga ko'paytmasi magnit oqimi deyiladi.

$d\Phi_B = B_n \cdot dS = B \cdot dS$; $B_n = B \cdot \cos \alpha$ bo'lib, normal n bo'yicha yo'nalgan B vektorning proyeksiyasi. α - B va n orasidagi burchak. Tokli kontur hosil



qilgan magnit induksiya oqimi doimo musbat bo'ladi. Ixtiyoriy S yuza orqali o'tuvchi magnit induksiya oqimi

$$\Phi_B = \int_S B_n \cdot dS = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

bo'ladi. Bir jinsli magnit maydon uchun magnit oqimi $\Phi_B = BS \cos \alpha$ bo'yicha

magnit oqimi Weberda o'lchanishi kelib chiqadi. Bir Weber magnit induktsiyasi 1 Tesla (Tl) bo'lgan bir jinsli magnit maydoniga tik bo'lgan $1m^2$ yuzadan o'tayotgan magnit oqimni bildiradi.

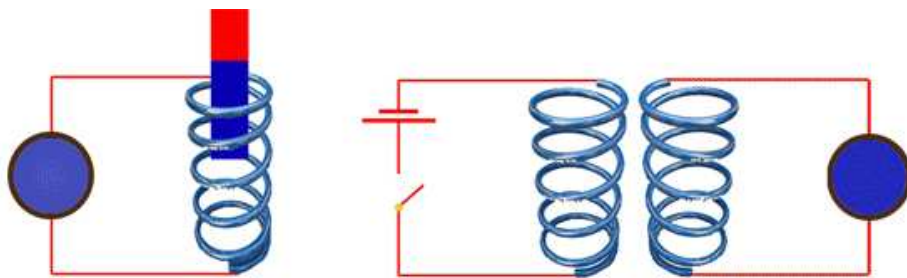
Magnit maydon induktsiyasi B uchun Gauss teoremasi quyidagicha ta'riflanadi:

Teorema: Har qanday berk yuzadan o'tuvchi magnit induksiya oqimi

nolga tengdir: $\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_S B_n \cdot dS = 0$. Gauss teoremasi tabiatda magnit

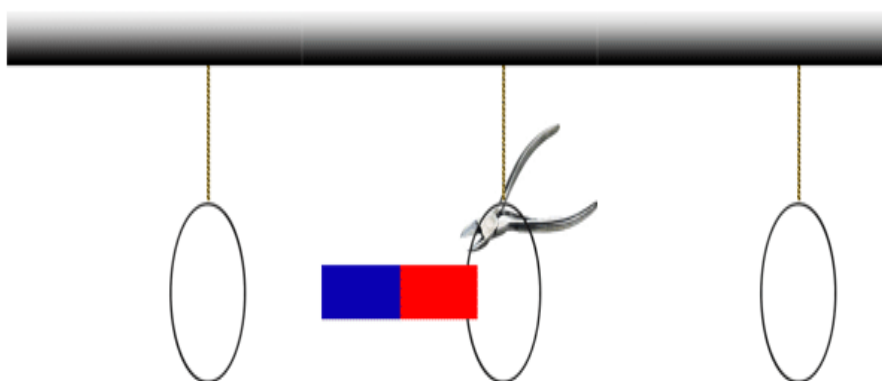
zaryadlarining mavjud emasligini va induksiya chiziqlari doimo berk bo'lishini ko'rsatadi. Bundan kontur yuzasiga qancha induksiya chiziqlari kirsak, shunchasi chiqishi kelib chiqadi.

Elektron induktsiyasida Faradey tajribasi. Elektromagnit induksiya hodisasini 1831 yili Faradey kashf qilgan. Hodisa shundan iboratki, har qanday berk o'tkazgich konturi bilan chegaralangan yuz orqali o'tayotgan magnit induksiya oqimi o'zgargan vaqtda shu konturda elektr tok paydo bo'ladi. Bu tokka **induksion tok** deyiladi. Ushbu induksion toklarning yo'nalishini aniqlash qoidasini 1831 yilda italiyalik fizik Nobili Leopardo taklif qildi. Nemis fizigi Neyman esa 1846 yilda induksiya qonunining matematik tenglamasini berdi. Galvanometrغا ulangan A solenoidning bir uchiga o'zgarmas magnitni yaqinlashtirsak, solenoidda elektr toki paydo bo'ladi. S - solenoidni k - kalit orqali B tok manbaga ulasak, A solenoidda qisqa muddatli tok paydo bo'ladi.



Induksion tokning hosil bo'lishi

Faradey qonuni. Tajribalarni tahlil qilsak, birinchi tajribada shu narsa xarakterlidirki, A solenoidda tok magnet unga yaqinlashayotgan yoki undan uzoqlashayotgan paytdagina, ya'ni solenoid yaqinida magnet maydon o'zgargan vaqtda yoki solenoidning o'zi magnet maydonida ko'chgan vaqtda paydo bo'ladi xolos.



Magnetning solenoidga nisbatan harakati yoki solenoidning magnetga nisbatan harakati to'xtashi bilan solenoid yaqinidagi magnet maydon o'zgarib qoladi va solenoiddan tok o'tmaydi. Ikkinchi tajribadagi hodisa ham birinchidagiga o'xshashdir - bunda o'zgaruvchan magnet maydonni S solenoidda hosil bo'lgan yoki yo'qalayotgan tok hosil qiladi. Peterburg Universitetining professori Lens induksion tokning yo'nalishi uchun quyidagi qoidani topdi: *berk konturda hosil bo'lgan tok shunday yo'nalganki, bu tok kontur bilan chegaralangan yuz orqali o'tuvchi va uning o'zini hosil qiluvchi magnet oqimi induksiyasining o'zgarishini kompensatsiyalaydigan xususiy magnet induksiya oqimini yaratadi*. Birinchi tajribada solenoidga magnetning shimoliy qutbini yaqinlashtirganimizda solenoidda soat strelkasiga teskari yo'nalgan tok paydo bo'ladi. Bu holda magnet hosil qilayotgan induksiya oqimi solenoidning ichiga qarab yo'nalgan bo'lib, magnet yaqinlashgan sari orta boradi. Solenoiddagi induksion tokning magnet maydoni tashqi magnet maydonni o'sishini kompensatsiyalaydi. Magnetning shimoliy qutbi uzoqlashtirilganda solenoidda soat strelkasi yo'nalishidagi tok paydo bo'ladi. Tashqi maydonda magnet induksiya oqimi kamaya boradi. Solenoiddagi induksion tokning magnet maydoni solenoid

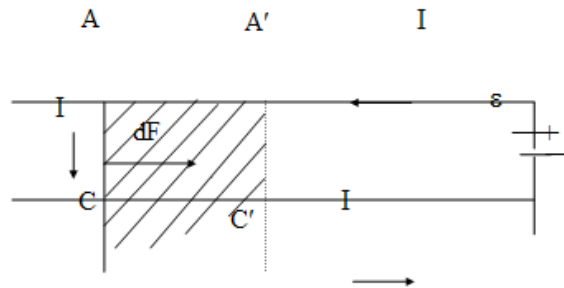
ichiga qarab yoʻnalgan boʻladi va magnit maydonni kamayishini kompensatsiyalaydi.

Lens qoidasi. Maʼlumki oʻzgaruvchan magnit induksiya oqimi ochiq konturda oʻzgaruvchan E.YU.K. hosil qiladi. E.YU.K kattaligi bilan magnit induksiya oqimining oʻzgarish tezligi orasidagi bogʻlanishni energiyaning saqlanish qonuniga asosan aniqlash mumkin.

Agar qoʻzgʻaluvchan AC qismga ega boʻlgan berk konturga E.YU.K. si ε ga teng boʻlgan B galvanik element ulangan boʻlsa, bu manbani dt vaqt ichida bajarigan ishi $A = \varepsilon Idt$ ga teng boʻladi.

Agar kontur magnit maydondan tashqarida turgan boʻlsa, bajarilgan butun ish Joule - Lens issiqligiga sarflanadi $A_1 = Q = I^2 Rdt$.

Agar kontur bir jinsli magnit maydoniga joylashtirilsa, konturni AC qismiga oʻng tomonga qarab unga tik yoʻnalgan F kuch taʼsir etadi va uni A'C' holatga siljitadi. Bunda bajarilgan mexanik ish $A_2 = I \cdot dF$ boʻladi.



dF - konturning shtrixlangan ACA'C' qismi orqali oʻtayotgan magnit induksiya oqimi, I esa kontur harakat qilgan vaqtda shu konturda oqadigan tokning kuchi energiyaning saqlanish qonuniga asosan B galvanik elementni bajarigan ishi:

$A = A_1 + A_2$ yoki $\varepsilon Idt = I^2 Rdt + IdF$ tenglikni har ikkala tomonini Idt

ga boʻlamiz. $\varepsilon = IR + dF/dt$ bu tenglikdan $I = \frac{\varepsilon - \frac{dF}{dt}}{R}$ dF/dt ifoda

kontur yuzi (shtrixlangan) orqali oʻtuvchi induksiya oqimining oʻzgarishi

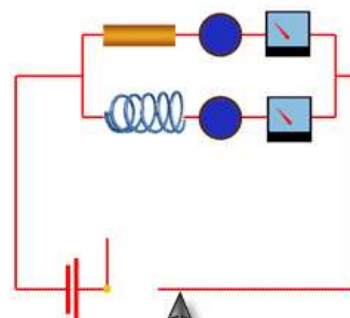
tufayli hosil boʻlgan qoʻshimcha E.YU.K. ni ifodalaydi $E_i = -\frac{d\Phi}{dt}$.

Elektromagnit induksiya qonunini (Faradey qonuni) ifodalaydi. Bu tenglikdagi manfiy ishoraning maʼnosi quyidagicha: induksiya oqimining ortishi ($d\Phi/dt > 0$) konturni aylanib chiqishdagi manfiy yoʻnalish boʻylab taʼsir etuvchi E.YU.K. ni, induksiya oqimining kamayishi ($d\Phi/dt < 0$) esa konturni aylanib chiqishdagi musbat yoʻnalish boʻylab taʼsir etuvchi E.YU.K. ni hosil qiladi. Induksiya E.YU.K. ning SI tizimidagi birligini koʻraylik: $E_i = -d\Phi/dt = Vb/S = Tl \cdot M^2/S$, lekin $Tl = N \cdot M/A \cdot M^2 = J/A \cdot M^2 = A \cdot VS/A \cdot M^2 = V \cdot S/M^2$. Shuning uchun $[E_i] = V \cdot S/M^2 \cdot M^2/S = V$ kelib chiqadi.

Demak, kontur yuzi orqali oʻtuvchi magnit oqim 1 Vb/S tezlik bilan oʻzgarsa, konturda vujudga kelayotgan E.Yu.K. 1 V ga teng boʻladi.

2. O'zinduksiya va induktivlik. O'zaro induksiya. Elektromagnit induksiya hodisasining asosiy qonuniga asosan, kontur yuzi orqali o'tayotgan magnit oqimi o'zgarayotgan barcha hollarda induksiya E.YU.K. si hosil bo'ladi. *Shuning uchun konturdan oqayotgan tok kuchining o'zgarishi natijasida xuddi shu konturning o'zida induksion E.YU.K. ni hosil qiladi.* Bu hodisani o'zinduksiya hodisasi deyiladi.

Kalit K ulanganda, g'altakdan o'tayotgan tok o'zining to'liq qiymatiga birdaniga erishmaydi. Binobarin, g'altak atrofida hosil bo'layotgan magnit oqimi ham o'zining to'liq qiymatiga birdaniga erishmaydi. Lens qoidasiga binoan, hosil bo'layotgan induksion tok induksiya oqimini hosil qiladi, bu oqim dastlabki magnit oqimini ortishiga qarshilik qiladi. Hosil bo'lgan induksion tok ulanayotgan tokka teskari yo'nalgan bo'ladi.



Konturning kuchli yoki kuchsizroq o'zinduksiya hodisasini namoyon qilishi o'zinduksiya ko'effitsiyenti deb ataladigan fizik kattalik bilan xarakterlanadi.

Konturdan o'tayotgan tok tufayli vujudga kelayotgan magnit oqim tok kuchiga proporsional, ya'ni: $\Phi = LI$, bu yerda L - konturning induktivligi bo'lib SI tizimda Genrida o'lchanadi. $[L] = [\Phi/I] = \text{Vb/A} = \text{Gn}$.

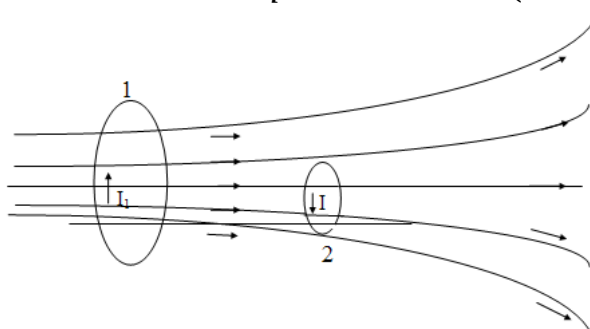
Demak, *1 Gn shunday elektr zanjirining induktivligiki, zanjirdan 1 A o'zgaras tok o'tkanda vujudga keladigan magnit oqim.*

Induktivlik. Bio – Savar – Laplas qonuniga binoan, berk kontur bo'ylab oqadigan elektr toki hosil qiladigan magnit oqimi tok kuchiga proporsional bo'ladi, ya'ni: $\Phi = LI$ bu yerda L – proporsionallik ko'effitsiyenti bo'lib, konturning induktivligi deyiladi.

Induktivlik deganda, konturdan bir birlik tok oqib o'tganda yuzaga keladigan magnit oqimi tushuniladi va u konturning shakli, o'lchamlari va kontur joylashgan muhitning magnit singdiruvchanligiga bog'liq. SI sistemasida induktivlikning o'lchov birligi $1 \text{ Gn} = 1 \text{ Vb} / 1 \text{ A}$.

O'zaro induksiya. *O'zaro induksiya hodisasi shundan iboratki, biror konturdagi tokning kuchi o'zgarganda bu tokning o'zgaruvchan magnit maydoni qo'shni konturlarda E.YU.K. ni hosil qiladi.* Ikkita (1 va 2) konturlarni olaylik.

Konturdagi tok kuchi I_1 bo'lsin. Bu tok hosil qilayotgan magnit in-duksiya oqimi F tok kuchi I_1 ga proporsional bo'ladi. Φ oqimning 2 konturni kesib o'tayotgan qismini Φ_{21} bilan



belgilasak, u vaqtda $\Phi_{21} = L_{21} \cdot I_1$. 1-konturdagi tok kuchi I_1 o'zgarsa, F_{21} ham o'zgarib 2-konturda ε_2 E.YU.K hosil bo'ladi. Bu kattalik: $\varepsilon_2 = -d\Phi_{21}/dt$. Agar konturning o'lchamlari, bir-birlariga nisbatan vaziyatlari o'zgarmasa, L_{21} koef-fitsiyent o'zgarmas bo'ladi va $d\Phi_{21}/dt = L_{21}(dI_1/dt)$ bo'ladi $\varepsilon_2 = -L_{21}(dI_1/dt)$ L_{21} koefitsient 2 kontur bilan 1 konturning o'zaro induksiya koefitsiyenti deyiladi.

3. Magnit maydon energiyasi va uning zichligi. Tok oqayotgan o'tkazgichlar atrofida doimo magnit maydon hosil bo'ladi va tok o'tishi to'xtashi bilan magnit maydoni ham yo'qoladi. Demak, tok energiyasining ma'lum bir qismi o'tkazgich atrofida magnit maydonni hosil qilishga sarflanadi.

Induktivligi L bo'lgan konturdan I tok kuchi oqayotgan bo'lsin. O'tkazgich atrofidagi oqim tokka proporsional bo'ladi, ya'ni $d\Phi = L \cdot dI$. Magnit oqimi $d\Phi$ ga ortishi uchun $dA = Id\Phi = LI dI$ ish bajariladi. U holda Φ magnit oqimini hosil qilishda bajarilgan ish quyidagicha bo'ladi:

$$A = \int_0^I L I dI = L \cdot \frac{I^2}{2}. \text{ Kontur bilan bog'liq bo'lgan magnit maydonning}$$

energiyasi $W = L \cdot I^2 / 2$. Solenoid ichida hosil bo'lgan magnit maydon energiyasi $W = BH / 2 \cdot V$, bu yerda $Sl = V$ solenoid hajmi. Solenoid hosil qilgan magnit maydon bir jinsli bo'lib, solenoid o'rtasida yig'ilgani uchun maydonning hajmiy zichligi $\omega = BH / 2 = 1/2 \mu\mu_0 H^2$ kattalik bilan ifodalanadi.

4. Uyurmali elektr maydoni. Fuko toklari. Siljish toklari to'g'risida tushuncha. Konturda vujudga kelayotgan induksion elektr

yurituvchi kuch ham $\frac{d\vec{B}}{dt}$ orqali ifodalanishi mumkin. Kontur yuzi S dan

o'tuvchi F magnit oqimi magnit maydon induksiyasi B orqali $F = \int_S B_n dS$

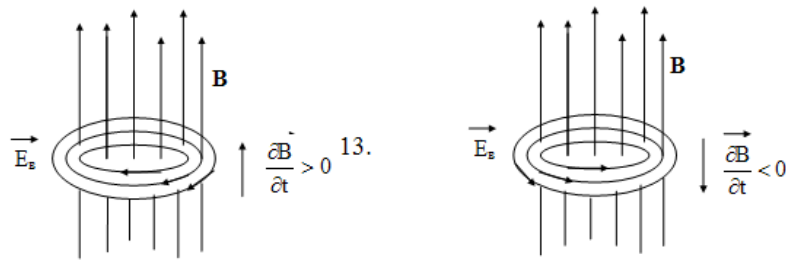
shaklda ifodalanishidan foydalanib induksion elektr yurituvchi kuchning

ifodasini quyidagicha yozamiz: $\varepsilon_{ind} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt} \int B_n dS = -\int_S \left(\frac{dB}{dt} \right) dS$.

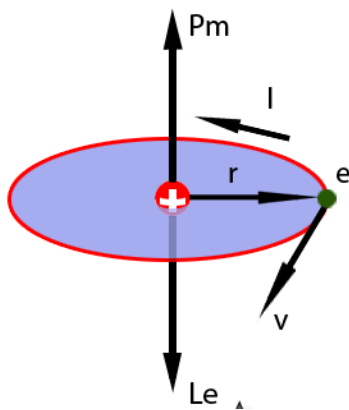
Magnit maydonning o'zgarishi natijasida fazoda induksion elektr maydon vujudga keladi va u o'tkazgichdagi erkin elektronlarni tartibli harakatga keltiradi, degan xulosaga kelimiz. Bu maydon kuchlanganlik vektori $\vec{E}_B$ ning berk kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi shu konturda vujudga

kelayotgan induksion elektr yurituvchi kuchiga teng: $\varepsilon_{ind} = \oint (E_n) dl$.

Bu ifoda o'zgaruvchan magnit maydon tufayli vujudga kelayotgan elektr maydonning kuchlanganlik chiziqlari qo'zg'almas zaryad elektr maydonining kuchlanganlik chiziqlaridan farqli ravishda, berk ekanligidan dalolat beradi.



Boshqacha aytganda, induksion elektr maydon, xuddi magnit maydon singari uyurmaviy xarakterga ega bo'ladi. $\vec{E}_B$ chiziqlari $d\vec{B}/dt$ bilan chap vint qoidasi asosida bog'langan. Shuning uchun odatda bu maydonni *uyurmaviy elektr maydon* deyiladi. Uyurmaviy elektr maydon fazoning o'rganilayotgan qismida kontur bo'lishi yoki bo'lmasligidan qat'iy nazar vujudga kelaveradi. Lekin bu maydonni hosil bo'lishi uchun o'zgaruvchan



magnit maydon bo'lishi shart. Taqqoslash natijasida: $\oint_1 (E_B)_1 = - \int_S (dB/dt)_n dS$. Shunday qilib,

o'zgaruvchan magnit maydoni tufayli vujudga kelgan uyurmaviy elektr maydon kuchlanganligining ixtiyoriy berk kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi magnit induksiya vektorining vaqt davomida o'zgarishini xarakterlovchi

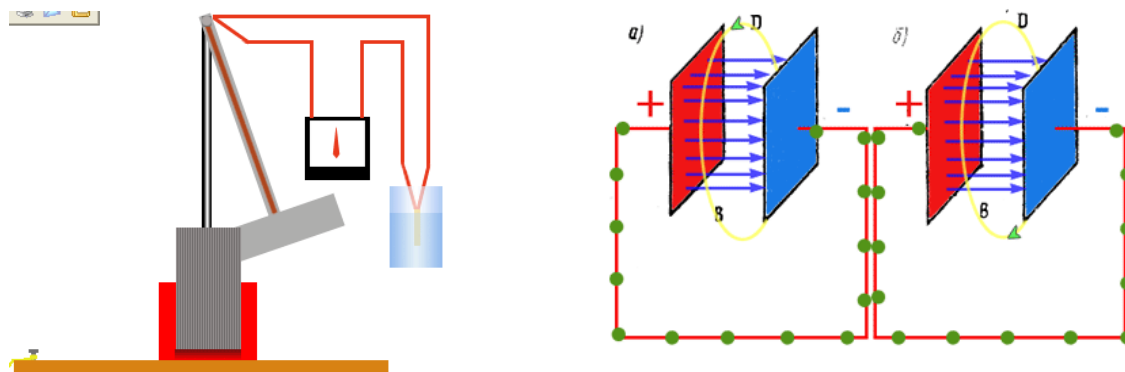
$d\vec{B}/dt$ vektorni shu kontur chegaralangan ixtiyoriy sirt orqali oqimining teskari ishora bilan olingan

qiymatiga teng bo'ladi. **Fuko toklari.** Kondensator zaryadlanayotgan vaqtda plastinkalar oralig'idagi elektr maydon kuchayib boradi. Bu vaqtda $d\vec{D}/dt$ vektor $\vec{D}$ vektorga parallel bo'lib, uning yo'nalishi zanjirdagi o'tkazuvchanlik tokining yo'nalishi bilan bir xil. Aksincha, razryadlanganda elektr maydon susayib boradi. Bu holda elektr induksiya vektorining o'zgarish tezligini ifodalovchi $d\vec{D}/dt$ vektor $\vec{D}$ ga antiparallel. Lekin $d\vec{D}/dt$ vektorning yo'nalishi o'tkazuvchanlik tokining yo'nalishi bilan bir xil. dD/dt ning birligi $[dD/dt] = K^2/M^2 \cdot 1/C = \Phi/M^2$.

Yaxlit o'tkazgichlar o'zgaruvchan magnit maydoniga kiritilganda induksion toklarning hosil bo'lishini birinchi marta Fuko aniqlagan va uning sharafiga **Fuko toklari** yoki uyurmaviy toklar deb atalgan. O'zgaruvchan tok o'tayotgan o'tkazgichning o'zida ham Fuko toklarining hosil bo'lishi maxsus skin – effekti hosil bo'lishiga olib keladi.

Siljish toklari to'g'risida tushuncha. Elektr maydonning o'zgarishi va bu o'zgarish tufayli vujudga kelayotgan magnit maydon orasidagi miqdoriy bog'lanishni topish uchun *siljish toki* tushunchasini kiritamiz.

Bu tushunchani quyidagi tajriba jarayonida o'rganamiz. Kondensatorli zanjirdan kvazistatsionar o'zgaruvchan tok oqqanda kondensator plastinkalarini birlashtiruvchi o'tkazgichlar orqali zaryad o'tadi, lekin plastinkalar oralig'idagi dielektrikdan o'tmaydi. Natijada o'zgaruvchan tokning zanjir bo'ylab oqishi kondensatorning zaryadlanishi va razryadlanishidan iborat bo'ladi.



Shunday qilib, o'tkazuvchanlik tokining chiziqlari kondensator plastinkalarining bir-biriga qaragan sirtlarida uzilib qoladi. Maksvell bu fikrga qarama-qarshi bo'lgan g'oyani ilgari surdi. Uning fikricha har qanday o'zgaruvchan tok zanjirlari ham berk bo'ladi. Faqat zanjirning o'tkazgich bo'lmagan qismlarida, ya'ni kondensator plastinkalari oralig'ida "siljish toki" deb ataladigan tok oqadi. Uni quyidagicha tushunamiz. Zanjirdan o'tayotgan tokning oniy qiymati I bo'lsin. Shu momentda kondensator plastinkalaridagi zaryad miqdori q deb, ularning sirt zichligini esa $\sigma = q/S$ deb belgilaylik. U holda kondensator plastinkalari ichidagi o'tkazuvchanlik toki zichligining

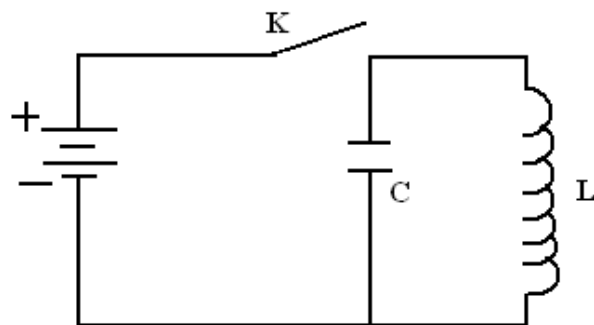
$$\text{qiymati } j = \frac{I}{S} = \frac{dq}{dt} \frac{1}{S} = \frac{d}{dt} \left(\frac{q}{S} \right) = \frac{d\sigma}{dt}.$$

Shu momentda plastinkalar oralig'idagi elektr maydon kuchlanganligining qiymatiga teng. Maydonning elektr $E = \sigma / \epsilon \epsilon_0$ induksiyasi esa $D = \epsilon_0 \epsilon E = \epsilon_0 \epsilon \sigma / \epsilon_0 \epsilon = \sigma$; $\partial D / \partial t = d\sigma / dt$.

Vaqt o'tishi bilan plastinkalardagi zaryadning sirt zichligi o'zgaradi. Bu esa elektr maydon induksiyasi qiymatining o'zgarishiga sabab bo'ladi.

5. Elektr magnit maydonlarining o'zaro aylanishi. Maksvell tenglamalari. *Elektr va magnit maydonining o'zaro aylanishi.* Vaqt davomida o'zgarib turadigan har qanday elektr maydon magnit maydon bilan bog'liq. O'zgaruvchan magnit maydoni elektr maydonni hosil qilishini kuzatish uchun quyidagi tajribani qaraymiz.

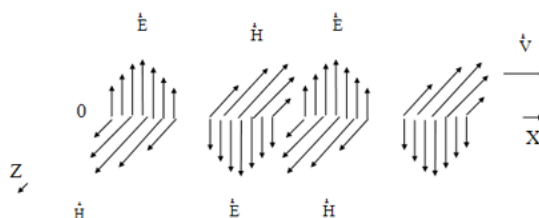
O'zgaruvchan magnit maydonida o'tkazgichdan yasalgan qo'zg'almas berk kontur joylashtirilgan deb faraz qilamiz. Unda magnit induksiya vektori B o'zgaruvchan bo'lganligi uchun konturdan o'tayotgan magnit induksiya oqimi Φ o'zgarib turadi. Demak konturda induksiya elektr yurituvchi kuchi hosil bo'ladi. O'tkazgichda elektr yurituvchi kuchning hosil bo'lishini o'tkazgichning ichida uning erkin zaryadlarini ma'lum yo'nalish bo'ylab harakatlanishiga majbur etuvchi kuch paydo bo'lganligini ko'rsatadi.



Maksvellning differensial va integral ko'rinishidagi tenglamalari. Vektor analizdagi Stoks va Gauss teoremlaridan foydalanib *Maksvell tenglamalarini quyidagicha differensial ko'rinishda* ifodalash mumkin:

$\text{rot } \vec{E} = -d\vec{B}/dt$; $\text{rot } \vec{H} = \vec{j} + d\vec{D}/dt$, $\text{div } \vec{D} = \rho$, $\text{div } \vec{B} = 0$. Bu tenglamalarni yechishda ularda qatnashgan $\vec{E}$ va $\vec{D}$, $\vec{B}$ va $\vec{H}$ kattaliklar o'rtasidagi quyidagi moddiy munosabatlardan (izotrop muhit uchun) foydalaniladi:

$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}$, $\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$, $\vec{D}_y \uparrow \vec{j}_y = \sigma \vec{E}$ bu yerda, ϵ_0 - elektr doimiy ϵ -muhitning dielektrik singdiruvchanligi; σ -moddaning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi.



$\vec{E}$ va $\vec{H}$ vektorlar o'zaro perpendikulyar bo'lib, ular to'lqinning tarqalish tezligi $\vec{V}$ ga perpendikulyar tekislikda yotadi. Elektromagnit to'lqinni ikki o'zaro perpendikulyar tekisliklarda yotuvchi sinusoidalar shaklida tasvirlash mumkin. Sinusoidalardan biri elektr maydon kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ ning, ikkinchisi esa magnit maydon kuchlanganlik vektori $\vec{H}$ ning tebranishlarini ifodalaydi. Elektromagnit to'lqin chastotasi aynan bir xil saqlansa ($\omega = \text{const}$), uni monoxromatik elektromagnit to'lqin deyiladi. OX o'q yo'nalishida tarqalayotgan ω chastotali elektromagnit to'lqin quyidagicha yoziladi: $\vec{E} = \vec{E}_m \sin(\omega t - kx + \phi_0)$, $\vec{H} = \vec{H}_m \sin(\omega t - kx + \phi_0)$.

Bunda $\vec{E}_m$ va $\vec{H}_m$ - mos ravishda $\vec{E}$ va $\vec{H}$ vektorlarning amplituda qiymatlari, $k = \omega/V = 2\pi/\lambda$ - to'lqin soni, ϕ_0 - koordinatasi $x=0$ nuqtadagi tebranishlarning boshlang'ich fazasi.

Maksvellning integral ko'rinishdagi tenglamalari. Maksvell siljish toki tushunchasini qo'llab, elektr va magnit hodisalarining yagona nazariyasini yaratdi. *Maksvell nazariyasining* asosini to'rtta tenglama tashkil etadi.

1) *Qo'zg'almas zaryad q* o'z atrofidagi fazoda elektr maydonini vujudga keltiradi. Bu maydon *potensial maydondir*. Shuning uchun bu maydon kuchlanganlik vektori $\vec{E}_q$ ning ixtiyoriy berk kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi (ya'ni elektrostatik maydon kuchlarining berk yo'lda bajargan ishi) nolga teng: $\oint E_{ql} dl = 0$

Uyurmaviy elektr maydon kuchlanganligi $\vec{E}_B$ vektorining ixtiyoriy berk kontur bo'yicha sirkulyatsiyasiga asosan noldan farqli: $\oint_l E_B dl = - \left(\frac{dB}{dt} \right)_n dS$

Umumiy holda elektr maydon $\vec{E}_q$ va $\vec{E}_B$ maydonlarning yig'indisidan iborat bo'lishi mumkin, ya'ni $\vec{E} = \vec{E}_q + \vec{E}_B$ deb belgilab, tenglamalarni qo'shsak:

$$\oint_l E_l dl = - \int \left(\frac{dB}{dt} \right)_n dS$$

Maksvellning integral ko'rinishdagi birinchi tenglamasi kelib chiqadi. Chap tomonidagi integral ixtiyoriy berk kontur bo'yicha, o'ng tomondagisi esa shu kontur chegaralab turgan ixtiyoriy sirt bo'yicha olinadi.

Har qanday elektr tok atrofida magnit maydon hosil bo'ladi. Magnit maydon kuchlanganligi vektori $\vec{H}$ ning ixtiyoriy berk kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi shu kontur o'rab olgan barcha makroskopik toklarning algebraik yig'indisiga teng:

$$\oint H_l dl = \sum J = \int_s j_n dS$$

O'zgaruvchan elektr maydon xuddi tok kabi magnit maydoni hosil qiladi. Demak, umumiy holda magnit maydon o'tkazuvchanlik toki $\vec{j}_y$ va siljish toki tufayli vujudga kelgan magnit maydonlarning yig'indisidan iborat. Agar o'tkazuvchanlik toki zichligi va siljish toki $\vec{j}_c$ zichligi $\vec{j}_c = \frac{d\vec{D}}{dt}$ larning yig'indisidan iborat bo'lgan to'liq tok zichligi

$\vec{j}_T: \vec{j}_T = \vec{j}_y + \vec{j}_c = \vec{j}_y + \frac{d\vec{D}}{dt}$ tushunchasidan foydalansak, quyidagicha yozish mumkin:

$$\oint_l H_l dl = \int_s \left(\vec{j}_y + \frac{d\vec{D}}{dt} \right) dS$$

Bu ifoda *Maksvellning ikkinchi tenglamasi* deb atalib, u magnit maydon kuchlanganlik vektori $\vec{H}$ ning ixtiyoriy berk kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi shu konturga tiralgan ixtiyoriy S sirt orqali o'tuvchi makroskopik va siljish toklarining algebraik yig'indisiga tengligini ko'rsatadi.

Ixtiyoriy berk sirt orqali chiqayotgan elektr siljishi vektori $\vec{D}$ ning oqimi shu sirt ichidagi barcha erkin zaryadlarning algebraik yig'indisiga teng:

$$\oint_S \vec{D}_n dS = \int_V \rho dV \quad \text{bunda } \rho - \text{berk sirt ichida uzluksiz ravishda joylashgan}$$

zaryadlarning hajmiy zichligi. *Maksvellning uchinchi tenglamasi* deb ataladigan. Qo'zg'almas zaryadlar tufayli vujudga kelgan potensial elektr maydon va o'zgaruvchan magnit maydon tufayli vujudga kelgan uyurmaviy elektr maydonlar yig'indisidan tashkil topgan elektr maydon uchun ham o'rinlidir.

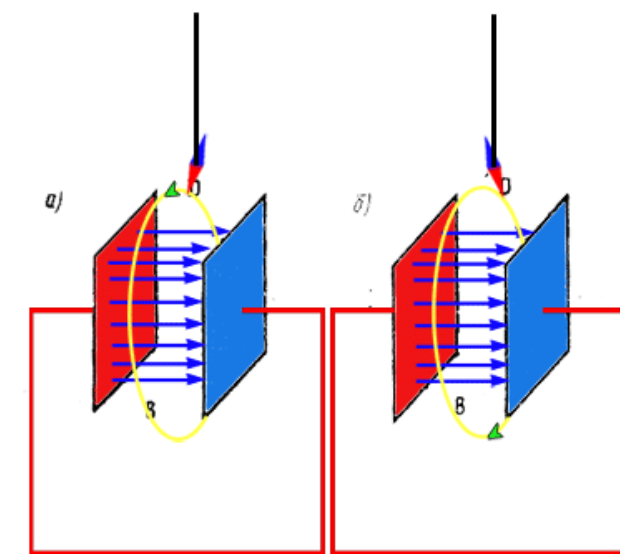
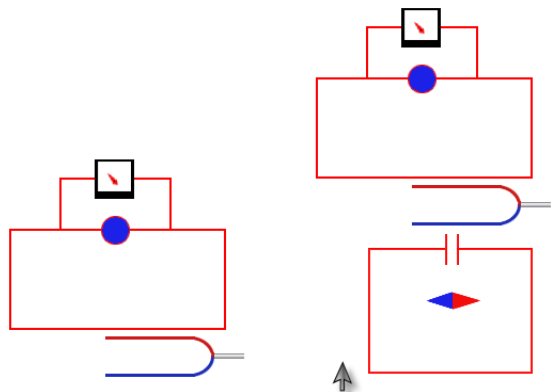
Magnit maydon qanday usul bilan vujudga keltirilganligidan qat'iy nazar magnit induksiya chiziqlari doimo berk bo'ladi. Shuning uchun umumiy holda

$$\oint_S \vec{B}_n dS = 0$$

Bu ifoda $\vec{B}$ vektor uchun Gauss teoremasidir. Uni *Maksvellning to'rtinchi tenglamasi* deyiladi. *Tenglamalar integral ko'rinishdagi Maksvell tenglamalaridir.*

Maksvellning tenglamalarning mohiyati. Yuqoridagi kattaliklarni invariantligidan, maydon vektorlariga tegishli quyidagi xulosalar kelib chiqadi:

1. Agar biror sistemada $s^2 V^2 > E^2$ va $\vec{B} \perp \vec{E}$ bo'lsa, shunday sistema tanlash mumkinki, unda $\vec{E} = 0$, $\vec{B} \neq 0$ bo'ladi: agar $\vec{B}$ vektor $\vec{E}$ ga perpendikulyar bo'lmasa, bunday sistema mavjud emas;



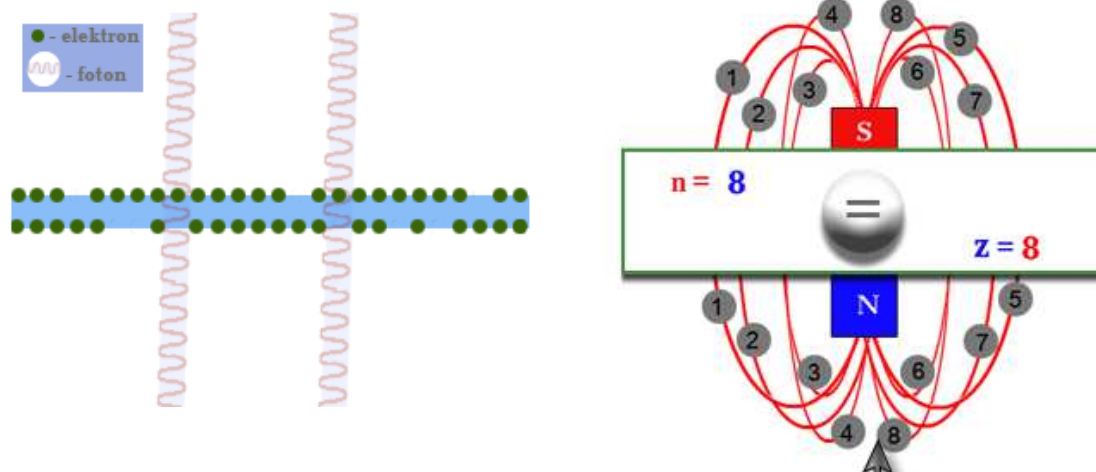
2. Agar biror sistemada $s^2 V^2 < E^2$ va $\vec{B} \perp \vec{E}$ bo'lsa, shunday sistema tanlash mumkinki, unda $\vec{E} \neq 0$, $\vec{B} = 0$ bo'ladi; agar $\vec{B}$ vektor $\vec{E}$ vektorga perpendikulyar bo'lmasa, bunday sistema mavjud emas;

3. Agar qandaydir ISS da faqat elektr maydon yoki magnit maydon bo'lsa,

boshqa ISS larda ham elektr maydon, ham magnit maydon bo`lib, ular o`zaro perpendikulyar bo`ladi;

4. Maydon vektorlari $sV=E$, $\vec{B} \perp \vec{E}$ shartlarni qanoatlantiruvchi yassi to`lqin barcha ISS larda ham yassiligicha qoladi.

Ma`ruzaning oxirida shuni ta`kidlash joizki, zarralar va jismlarning zaryadi ISS larini tanlashga bog`liq emas, zaryad va tok zichliklari esa nisbiy kattaliklardir.



Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Magnit oqimi deb qanday kattalikka aytiladi?
3. Magnit oqimining SI dagi birligi va u qanday oqim?
4. Lorens kuchi nima?
5. Faradey tajribasini tushuntiring.
6. Elektromagnit induksiya uchun Faradey qonuni tushuntirish.
7. Induktivlikning SI dagi birligi va u qanday induktivlik?
8. O`zinduksiya EYUK nimaga teng?
9. Nima uchun bu toklarga Fuko toklari deyiladi?
10. Siljish tokning zichligini aniqlang.
11. Maksvell tenglamalari elektromagnitizmning qaysi qonunlarini ifodalaydi?
12. Maksvell tenglamalarining integral va differensial shakllarini yozing.

Uyga vasifa

Elektromagnit induksiya hodisasi. Transformatorlar. Internet saytlardan elektr va magnit maydonining o`zaro aylanishi bazasini to`ldirish.

21 - MA'RUZA. ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR VA TO'LQINLAR. O'ZGARUVCHAN TOK.

Reja:

1. Elektromagnit tebranishlar va uning parametrlari.
2. Elektromagnit to'lqinlar va ularning xossalari. Elektromagnit to'lqinlar shkalasi.
2. Elektromagnit to'lqinlarni tarqatish va qabul qilish.
4. O'zgaruvchan tok hosil qilish. O'zgaruvchan tok parametrlari.
5. O'zgaruvchan tok zanjiridagi sig'im va induktivlik. O'zgaruvchan tok va kuchlanish rezonansi.

Tayanch iboralar: elektromagnit to'lqinlar, to'lqinning tarqalish tezligi, to'lqin uzunligi, elektromagnit to'lqinlarning xossalari, o'zgaruvchan tok, o'zgaruvchan tok zanjiri faol qarshilik zanjirdagi kuchlanish va tok kuchi.

Ko'rgazmali qurollar: mavzuga oid plakatlar, animatsiya.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Maksvell tenglamalari elektromagnetizmning qaysi qonunlarini ifodalaydi?
2. Siljish toki nima?
3. Maksvell tenglamalarining integral va differensial shakllarini yozing.
4. Elektromagnit vektorlar uchun Lorens almashtirishlari qanday?
5. Elektromagnit maydon invariantlarini tushuntiring.

Mavzuning borish

1. Elektromagnit tebranishlar va uning parametrlari.

Elektromagnit tebranishlar tenglamasi erkn garmonik tebranishlarning differensial tenglamasiga o'xshaganligi sababli uning yechimi $Q=Q_0\sin(\omega_0 t+\varphi_0)$ ko'rinishga ega bo'ladi. Bu yerda Q_0 – kondensator qoplamalaridagi maksimal zaryad. ω_0 kontur xususiy tebranishlarining chastotasini topish mumkin: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Tebranishlar davri esa $T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}$

Davriy ravishda takrorlanib turadigan harakat tebranma harakat deyilishi ma'lum. Muayyan vaqt davomida sistemaning muvozanat holatidan x davriy siljishi sinusoidal qonun bo'yicha yuz beradigan tebranish garmonik tebranish deb ataladi, uning harakat tenglamasi quyidagicha: $X=A \sin(\omega t+\varphi)$, bu yerda A kattalik tebranishning muvozanat holatidan maksimal chetlashishidir. Sinusning qiymati -1 dan +1 gacha o'zgargani uchun siljishning qiymati $-A$ dan $+A$ gacha o'zgaradi. Siljishning bu chetki qiymatlarining moduli tebranish amplitudasi deb ataladi. Garmonik tebranma

harakat tenglamasidagi $\omega t + \varphi$ ifoda tebranish fazasi, esa boshlang'ich faza deyiladi. Agar ikkita nuqtaning tebranishi 0 va 1 fazalar farqi bilan sodir bo'layotgan bo'lsa, ular bir xil fazada tebranmoqda deyiladi. Bunday tebranishlar ba'zan sinxron tebranishlar deb ataladi.

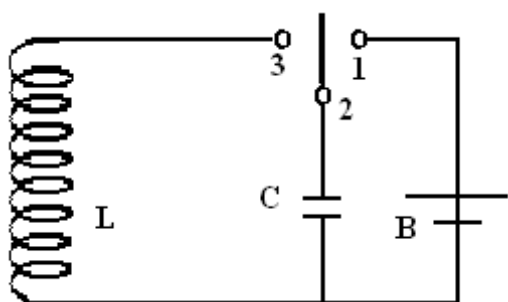
Tebranish davri T deb, jismning tebranma harakati takrorlanishi ro'y beradigan eng minimal vaqt oralig'iga aytiladi. Agar t vaqt mobaynida jism n marta tebrangan bo'lsa, u holda $T = \frac{t}{n}$.

Vaqt birligi ichida nechta to'liq tebranish yuz berganligini ko'rsatuvchi kattalik tebranish chastotasi deyiladi. Tebranish chastotasi tebranish davriga teskari bo'lgan kattalik $\nu = \frac{1}{T}$ bo'lib, gerts (Gs) larda o'lchanadi. Gers deb, jismning shunday tebranish chastotasiga aytiladiki, bunda jism bir sekundda bitta to'la tebranadi, ya'ni $1\text{Gs} = 1\text{s}^{-1}$.

Elektromagnit tebranishlarni kuzatish uchun elektr maydoni magnit maydonga va aksincha, magnit maydoni elektr maydoniga aylanadigan qurilmadan foydalanamiz.

Elektr sig'imi C bo'lgan kondensator va induktivligi L bo'lgan solenoiddan iborat zanjir tuzamiz va uni tebranish konturi deb ataladi.

Kondensatorning razryadlanishi tufayli g'altakdan elektr toki o'ta



boshlaydi. Natijada g'altak ichida va uning atrofida ortib boruvchi magnit maydoni vujudga keladi. Magnit maydonning ortishi kondensator to'liq razryadlanguncha davom etib, g'altakda o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchining paydo bo'lishiga sababchi bo'ladi. O'zinduksiya elektr yurituvchi kuchi g'altak orqali oqayotgan

tokning o'sishiga qarshilik ko'rsatadi, lekin uni to'xtata olmaydi. Bu momentda konturdagi energiya zapasi faqat g'altakning magnit maydon energiyasi sifatida namoyon bo'ladi va uning qiymati quyidagicha

aniqlanadi:

$$W_m = \frac{1}{2} L I_m^2 = \frac{1}{2} L \left(\frac{dq_m}{dt} \right)^2$$

Konturning tebranish davri uchun quyidagi ifodani olamiz: $T = 2\pi\sqrt{LC}$

Bu formula 1853 yili nazariy yo'l bilan birinchi marotaba Tomson tomonidan olingan va shuning uchun Tomson formulasi deyiladi. Bu formulada T -sekund hisobida olingan davr, C - farada hisobida olingan sig'im, L - genri hisobida olingan induktivlik.

Kondensator qoplamalaridagi zaryad miqdori garmonik qonunga binoan o'zgaradi, undagi kuchlanish zaryad miqdoriga mos holda o'zgarib, quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi: $U = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$. Zanjirdan

oqayotgan tok kuchi zaryad va kuchlanishdan faza bo'yicha $\frac{\pi}{2}$ ga farq qilishi bilan birga, u ham garmonik qonunga binoan o'zgaradi.

$$I = I_m \cos(\omega_0 t + \varphi + \frac{\pi}{2})$$

Tebranish konturida elektromagnit tebranishlar hosil qilishda kontur cheksiz kichik qarshilikka ega, deb faraz qilindi. Real sharoitda har qanday kontur ma'lum qarshilikka ega bo'ladi. Shuning uchun bu konturda yuzaga keladigan tebranishlar so'na boshlaydi va birmuncha vaqtdan keyin batamom so'nadi. Texnikada ko'pincha biror qurilmaning davriy ishlashi uchun so'nmas tebranishlar zarur bo'ladi. Konturda so'nmaydigan elektromagnit tebranishlar hosil qilish uchun energiya sarfini bir davr davomida kamida bir marta to'ldirib turish kerak. Elektromagnit tebranishlarni uzoq vaqt saqlash uchun avtotebranish sistemalaridan foydalaniladi.

So'nuvchi va majburiy tebranishlar. Har qanday real kontur aktiv qarshilikka ega bo'ladi va bunda kondensatorning razryadlanish jarayonida uning elektr maydoni energiyasining ma'lum qismi magnit maydon energiyasiga aylanadi, qolgani esa aktiv qarshilikda issiqlik ko'rinishda ajralib chiqadi. Kondensator qayta zaryadlanganda magnit maydon energiyasining bir qismigina elektr maydon energiyasiga aylanadi, qolgan qismi issiqlik energiyasiga aylanib ketadi. Bundan shunday xulosa qilish mumkin: real konturda yuzaga kelgan erkin tebranishlar vaqt o'tishi bilan so'nib boradi va so'nuvchi tebranishlar deb ataladi.

So'nuvchi tebranishlar tenglamasi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi:

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 2\beta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0$$

Ushbu tenglamaning yechimi $q = q_{m0} e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi)$ dan topiladi va bu yerda ω - so'nuvchi elektromagnit tebranish chastotasi deyiladi.

ω ning qiymati konturning aktiv qarshiligi kamayib borishi bilan xususiy tebranishlar chastotasiga yaqinlashib boradi va quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

Konturda tebranishlar so'nmasligiga erishish uchun unga elektr yurituvchi kuchi davriy o'zgarib turuvchi manba ulash kerak. Bunda manba konturda ajralib chiqayotgan energiyaning kamayishini kompensatsiyalaydi va natijada konturning energiyasi doimiy saqlanib qoladi. Bu konturda yuzaga kelgan tebranishlar majburiy tebranishlar deb ataladi.

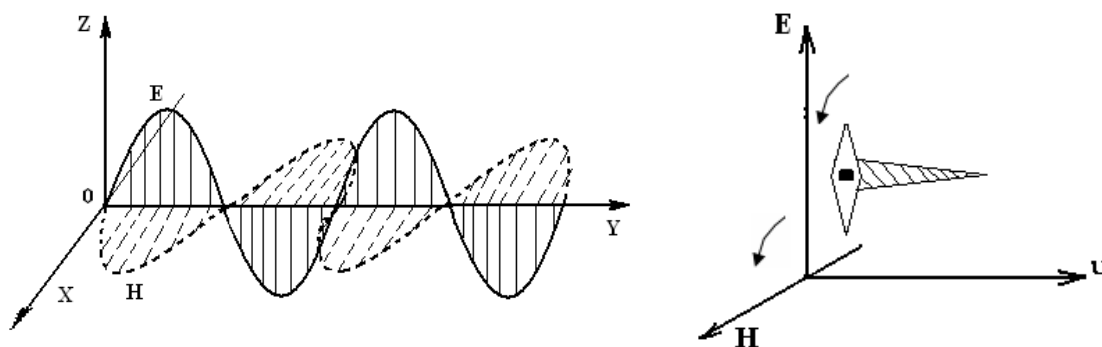
Majburiy tebranishlar $L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = \varepsilon_m \cos \omega t$ tenglama yechimidan aniqlanadi.

Kondensator qoplamalaridagi zaryad miqdori: $q = q_m \cos(\omega t - \varphi)$

bundan
$$q = \frac{\varepsilon_m}{\omega \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{R}{\frac{1}{\omega C} - \omega L}$$

Bu vaqtda kondensatordagi kuchlanish quyidagicha topiladi:

$$U_m = \frac{q_m}{C} = \frac{\varepsilon_m}{\omega C \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}$$



Konturdagi tok kuchi birinchi tartibli hosila olish yo'li bilan topiladi:

$$I_m = \omega q_m = \frac{\varepsilon_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}$$

2.Elektromagnit to'liqlar va ularning xossalari. Elektromagnit maydonning davriy ravishda o'zgarib turib tarqalishi elektromagnit to'liq deyiladi. Elektromagnit to'liqni uning tarqalish yo'nalishida ikkita o'zaro perpendikulyar tekisliklarda yotgan ikkita sinusoida orqali ifodalash mumkin. Bu sinusoidalardan biri elektr kuchlanganlik vektori E ning, ikkinchisi esa magnit kuchlanganlik vektori H ning tebranishlarini tasvirlaydi. Bo'shliqda ikkala vektorning tebranish amplitudalari miqdor jihatdan bir – biriga teng bo'ladi; ikkala vektor bir xil fazada tebranadi.

To'liq tarqalayotgan yo'nalishni parma qoidasidan foydalanib topish mumkin: agar parmaning dastasini E vektordan H vektorga qarab burasak, u holda parmaning ilgarilanma harakati yo'nalishi to'liq tarqalayotgan yo'nalishni ko'rsatadi.

Elektromagnit to'lqin bilan birgalikda elektromagnit maydonni xarakterlovchi yana bir fizik kattalik – energiya ham tarqaladi. Birlik hajmdagi elektromagnit maydon energiyasi zichligi quyidagi munosabat yordamida aniqlanadi:

$$W = \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0 \varepsilon \mu} E \cdot H$$

Elektromagnit to'lqinlar ko'ndalang to'lqinlar ekanligini ta'kidlab o'tdik. Ular vakuumda, yorug'likning vakuumdagi tezligiga teng $c=3 \cdot 10^8$ m/s tezlik bilan harakatalanadi. Elektromagnit to'lqinlarning tezligi, to'lqin uzunligi muhitining xususiyatlariga bog'liq. Elektromagnit to'lqinning chastotasi esa barcha muhitlar uchun bir xil kattalikdir. Shuningdek, yorug'lik to'lqinlari kabi to'siqdan qaytadi, muhitlar chegarasida sinadi, interferensiyasiga kirishadi. Boshqacha qilib aytganda, elektromagnit to'lqinlarning barcha xossalari yorug'likning xossalariга o'xshab ketadi. Demak, bundan shunday xulosa kelib chiqadiki: yorug'lik nuri elektromagnit to'lqinlardan iboratdir. Keyingi tajribalar shuni ko'rsatadiki, faqat yorug'lik nuri emas, balki unfaqizil, ultrabinafsha, rentgen va gamma nurlari ham elektromagnit tabiatga egadir.

3. Elektromagnit to'lqinlarni tarqatish va qabul qilish. Zamanoviy radiouzatgich va radiopriyomnikning ish sxemasi 3-rasmda keltirilgan.

So'nmas tebranishlar generatori yuqori chastotali tebranishlarni hosil qiladi. Ayni paytda tovush tebranishlari mikrofon yordamida elektr tebranishlariga aylanadi. Har ikkala tebranish ham modulatorga uzatiladi. Modulatorda amplituda yoki chastotaning modulatsiyasi amalga oshadi. Gapni va musiqani uzatish modulatsiya tovush chastotalari $(10 \div 13) \cdot 10^3$ Hz amalga oshiriladi. Modulatsiyalangan tebranishlar kuchaytirilib, elektromagnit to'lqinlarni efirga tarqatuvchi ochiq tebranish konturi bo'lgan antennaga uzatiladi.

Qabul qiluvchining antenasiga yetib kelgan elektromagnit to'lqinlar tebranish konturida elektromagnit tebranishlarni vujudga keltiradi. So'ngra bu tebranishlar kuchaytiriladi va detektorlanadi. Ajratilgan past chastotali tebranishlar yana kuchaytirilib, radiokarnayga uzatiladi.

4. O'zgaruvchan tok hosil qilish. O'zgaruvchan tok parametrlari. Vaqt davomida o'zgartirib turadigan elektr toki o'zgaruvchan tok deyiladi. O'zgaruvchan tokning yo'nalishi va kuchi o'zgarib turadi. Umumam olganda, o'zgaruvchan tok deyilganda tok kuchining va kuchlanishning bir davrdagi o'rtacha qiymati nolga teng bo'ladigan davriy tok tushuniladi. Konturda qaror topgan majburiy elektromagnit tebranishlarni zanjirda oqayotgan elektr toki sifatida qarash mumkin. O'zgaruvchan elektr toki garmonik qonunga muvofiq o'zgaradi. O'zgaruvchan EYUK bir marta to'la tebranishi uchun sarflanadigan vaqtga o'zgaruvchan tokning davri T deyiladi.

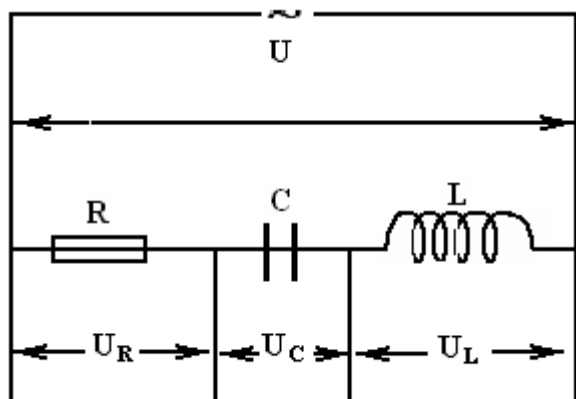
Bir sekunddagi to'la tebranishlar soniga o'zgaruvchan tokning chasrotasi (ν) deyiladi. $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$

O'zgaruvchan tok parametrlari. O'zgaruvchan elektr yurituvchi kuch ta'sirida berk konturda hosil bo'ladigan tok o'zgaruvchan tok deyiladi va uning tok kuchi tarmoqlarga ajralmagan o'tkazgichning turli kesimlarida turlicha bo'ladi. Bunday cheklash ahamiyatga ega bo'lmasligi uchun, tok kuchi hamda zaryadlarning taqsimlanishi tekshirilayotgan sistemaning bir – biridan eng uzoqda yotgan qismlari o'rtasidagi masofani bosib o'tishiga ketadigan vaqt ichida kam o'zgarishi kerak. Ushbu shartni qanoatlantiradigan toklar *kvazistatsionar toklar* deyiladi. Bunday toklar hamma vaqt Om va Kirxgof qoidalariga bo'ysunadilar.

O'zgaruvchan tokning asosiy parametrlaridan biri – *davri* bo'lib, tokning qiymati bir marta to'liq tebranib o'zining avvalgi qiymatiga qaytishi uchun ketgan vaqtdir. U birlik vaqt ichidagi tebranishlar soni – chastota bilan quyidagicha bog'lanishga ega: $\nu = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$

O'zgaruvchan tok ega bo'lishi mumkin bo'lgan maksimal oniy qiymat bu uning *amplitudasi* I_m dir. Garmonik qonun bo'yicha o'zgarayotgan tokning har ikkala yo'nalishdagi amplitudalari o'zaro teng bo'ladi. Tok kuchi

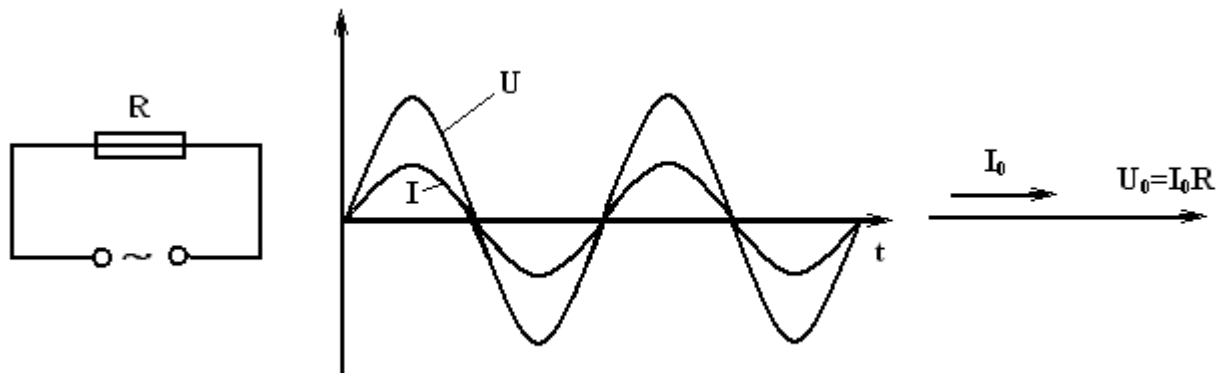
va kuchlanishning amplituda qiymatlari o'rtasida $I_m = \frac{U_m}{R}$ munosabat mavjud.



O'zgaruvchan tokning yana bir asosiy parametri – tok fazasi hisoblanadi. Bunda tokning amplitudasi davriy ravishda o'zgarib turadi, shu sababli, o'zgaruvchan tokning effektiv qiymati (fazasi) tushunchasi kiritilgan. O'zgaruvchan tok generatoriga ulangan tashqi zanjir faqat R qarshilikka ega bo'lib, sig'imi va induktivligi juda kichik bo'lsa, qarshilik uchlaridagi

kuchlanish Om qonuni asosida quyidagicha o'zgaradi: $U = I \cdot R = I_0 R \sin \omega t$

Bundan shunday xulosa qilish mumkin: agar zanjirda faqat qarshilik bo'lsa, kuchlanish ham tok kabi sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaradi va kuchlanish tebranishlari orasidagi fazalar farqi nolga teng bo'ladi.



O'zgaruvchan tok uchun Om qonuni. Qarshilik, sig'im va induktivlik ketma – ket ulangan zanjirdan o'zgaruvchan tok oqayotgan bo'lsin. Ular ketma – ket ulanganligi uchun, umumiy kuchlanish ularning har biridagi kuchlanishlarning yig'indisiga teng bo'ladi. Bu kuchlanishlarning har biri sinusoida qonuni bo'yicha o'zgaradi.

Kuchlanishlarni qo'shishda garmonik tebranishlar vektor diagrammalaridan foydalanib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$U_0 = I_0 \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}. \text{ Bu tenglamada kuchlanish amplitudasi tok}$$

amplitudasiga proporsionalligidan, o'zgaruvchan tok uchun Om qonuni deb ataladi. Natijaviy tebranishning boshlang'ich fazasini ko'rsatuvchi burchak

tangensini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz: $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$

5. O'zgaruvchan tok zanjiridagi sig'im va induktivlik. O'zgaruvchan tok va kuchlanish rezonansi. S klemmalarga o'zgaruvchan elektr yurituvchi kuch $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t$ ulangan bo'lsin.

Zanjir ketma – ket ulangan C sig'im, L o'zinduksiya va R qarshilikdan tashkil topgan. Konturning L o'zinduksiya ega bo'lgan qismida o'zinduksiya elektr yurituvchi kuch paydo bo'ladi:

$$\varepsilon_{si} = -L \frac{dI}{dt}; \text{ konturdagi to'liq elektr yurituvchi kuch } \varepsilon = L \frac{dI}{dt} \text{ ga teng.}$$

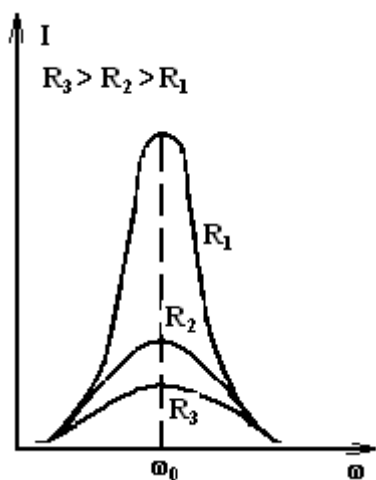
Kondensator qoplamalaridagi potentsiallar ayirmasi, undagi zaryad miqdori tenglamalaridan foydalanilsa va ularni vaqt bo'yicha differensiallansa quyidagi differensial tenglama hosil bo'ladi:

$L \frac{d^2 I}{dt^2} + R \frac{dI}{dt} + \frac{1}{C} I = \varepsilon_0 \cos \omega t$ bu tenglamani bir – biriga ketma – ket ulangan sig'im, o'zinduksiya va qarshilikka ega bo'lgan zanjirdagi tok qanoatlantirishi zarur. Ushbu tenglamaning yechimini davri elektr yurituvchi kuchning davriga teng bo'lgan davriy funksiya sifatida izlab, quyidagilarga ega bo'lamiz:

$$I = I_0 \sin(\omega t - \varphi); \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}; \quad I_0 = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}}$$

Bu tengliklar biz izlayotgan yechimni beradi: zanjirdagi tokning davri unga ulangan elektr yurituvchi kuchning davriga tengdir; bu tokning amplitudasi topiladi. Tokning fazasi elektr yurituvchi kuchning fazasiga nisbatan qandaydir burchakka siljigan bo'ladi.

O'zgaruvchan tok va kuchlanish rezonansi. Konturda majburiy tebranishlar sodir bo'layotgan vaqtdagi tok kuchi va kuchlanishning amplituda qiymati bu majburiy tebranishlarni yuzaga keltiradigan elektr yurituvchi kuchning chastotasiga bog'liq.



Majbur etuvchi kuch chastotasining biror – bir aniq qiymatida majburiy tebranishlar amplitudasining keskin oshib ketishi, ya'ni maksimal qiymatga erishishi, rezonans deb ataladi. Rezonans yuzaga kelgandagi majbur etuvchi kuch chastotasi rezonans chastota, amplitudasi esa rezonans amplituda deyiladi va quyidagicha aniqlanadi: $\omega = \omega_p = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$

(bu yerda $\beta = \frac{R}{2L}$ - so'nish koeffitsiyenti);

$$A_r = \frac{F_0}{2mb\sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}}$$

Tebranish konturida majbur etuvchi elektr yurituvchi kuchning biror bir chastotasida kondensator qoplamlaridagi kuchlanishning maksimal qiymatga erishishi kuchlanish rezonansi deb ataladi. Bu vaqtda rezonans chastota

konturning parametrlari R,L,C bilan quyidagicha bog'liq: $\omega_v = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{2L^2}}$

Tok kuchining amplitudasi maksimumga erishishini ta'minlash uchun (**)

tenglamaning maxraji minimumga intilishi lozim. Bu esa $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ shart

bajarilgandagina amalga oshadi. Shularni hisobga olib, quyidagi xulosaga kelamiz:

Tebranish konturida tok rezonansi yuzaga kelishi uchun majbur etuvchi elektr yurituvchi kuchning chastotasi konturning xususiy chastotasiga teng bo'lishi kerak.

$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$. Qarshilikning har xil qiymatlarida tok kuchi amplituda qiymatining konturning chastotasiga bog'lanishi keltirilgan.

Mustahkamlash uchun savollar

1. O'zgaruvchan tok deb qanday tokka aytiladi?
2. O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni.
3. O'zgaruvchan tok zanjiridagi to'la qarshiligini aniqlash.
4. Kondensatorli o'zgaruvchan tok zanjiridagi tok kuchi qanday aniqlanadi?
5. Elektromagnit to'lqinlar qanday vujudga keladi?
6. Elektromagnit to'lqinlar deb qanday to'lqinlarga aytilad?

Uyga vazifa

O'zgaruvchan tok generatori. Elektromagnit to'lqinlarning foydalanishining hozirgi zamon talqinida.

22 - MA'RUZA. TO'LQIN OPTIKASI. YORUG'LIK INTERFERENSIYASI VA DIFRAKSIYASI.

Reja:

1. To'lqin optikasi. Fotometrik kattaliklar. Yorug'lik to'lqinlari va ularning xarakteristikasi.
2. Yorug'likning qaytishi va sinishi.
3. Yorug'lik nurlarining monoxromatlikligi va kogerentligi. Yorug'lik interferensiyasini kuzatish usullari. Ikki manba beradigan interferension manzarani hisoblash.
4. Interferometrlar.
5. Yorug'lik difraksiyasi. Gyugens prinsipi. Frenel va Fraungofer difraksiyasi.
6. Difraksion panjara. Rentgen nurlar difraksiyasi.

Tayanch iboralar: to'lqin uzunligi, to'lqin soni, yorug'lik kuchi, yorug'lik oqimi, yoritilganlik, yorug'lik intensivligi, kogerent manbalar, interferensiya, oq-qora tasmalar, oq-qora xalqalar, interferensiyani hisoblash, teng qiyalikdagi va teng qalinlikdagi interferensiya, interferometr, yorug'lik difraksiyasi, Gyugens va Frenel qoidasi, difraksion panjara, panjaraning ajrata olish qobiliyati, rentgen nurlari difraksiyasi.

Ko'rgazmali qurollar: palakatlar, slaydlar, animatsion dasturlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. O'zgaruvchan tok deb qanday tokka aytiladi?
2. O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni.
3. O'zgaruvchan tok zanjiridagi to'la qarshiligini aniqlash.
4. Kondensatorli o'zgaruvchan tok zanjiridagi tok kuchi qanday aniqlanadi?
5. Elektromagnit to'lqinlar qanday vujudga keladi?
6. Elektromagnit to'lqinlar deb qanday to'lqinlarga aytilad?

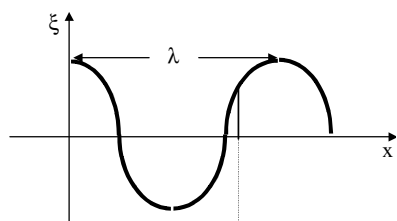
Mavzuning borishi

1.To'lqin optikasi. Yorug'lik tolqinlari haqidagi ma'lumotlarni, elektromagnit to'lqinlar mavzusiga qarang. **Elektromagnit to'lqinlar shkalasi.**



Yorug'lik chastotasi 10^{10} dan 10^{15} Gs gacha bo'lgan elektromagnit to'lqinlarini o'z ichiga oladi. Yorug'lik to'lqinlari parametrlari sifatida fotometrik kattaliklar kiradi (uyga vazifa).

Bir jinsli va izotrop muhitda joylashgan nuqtaviy teboranish manbaidan tarqalayotgan to'lqinlarning fronti sferik shaklda bo'ladi. Bunday to'lqinlar sferik to'lqinlar deyiladi. Agar tebranish manbai tekislik shakliga ega bo'lsa, manbaga yaqin soxalardagi to'lqinlar yassi to'lqinlar deb ataladi. Tebranish nurqa perpendikulyar bo'lsa, bunday to'lqinlar ko'ndalang to'lqinlar deyiladi. Yorug'lik to'lqini ham ko'ndalang to'lqindir. Muhitning 0 nuqtasiga joylashgan manba $t=0$ dan boshlab $x = A \cos \omega t$ garmonik tebranma harakat qilayotgan bo'lsin, bu yerda A , ω - mos ravishda tebranish amplitudasi va chastotasi. Amplituda deb muvozanat vaziyatidan eng katta chetga chiqish kattaligi tushuniladi. 0 nuqtadan x masofa uzoqlikdagi zarraning ixtiyoriy t vaqtdagi siljishi $\xi = A \cos \omega(t - x/u)$



u - to'lqinining muhitdagi tarqalish tezligi. Bu ifoda yuguruvchi to'lqin tenglamasi deb ataladi.

To'lqin uzunligi deb bir xil fazada tebranayotgan 2 ta eng yaqin nuqtalar orasidagi masofaga aytiladi. $l = uT$ ekanligidan

$$\xi = A \cos \left(\omega t - \omega \frac{x}{u} \right) = A \cos \left(\omega t - \frac{2\pi x}{T u} \right) A \cos \left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda} \right)$$

Agar muhitda tarqalayotgan to'lqin sferik bo'lsa, tebranish amplitudalari tebranish manbaidan uzoqlikka ($\vec{r}$) teskari proporsional ravishda kamayib boradi: $\xi = A/r \cos(\omega t - kr)$.

Demak, to'lqinning tarqalish tezligi fazaning ko'chish tezligini anglatadi. Shuning uchun uni fazaviy tezlik deyiladi.

Turli chastotali to'lqinlar yig'indisini to'lqinlar guruhi yoki to'lqin "paket" deb ataladi. "Paket"ning tezligi uning tarkibidagi to'lqinlarining birortasining tezligiga mos kelmaydi bunday hollarda to'lqinlar guruhi maksimumining ko'chish tezligi tushunchasidan foydalaniladi va uni guruh tezlik deb ataladi.

To'lqin uzunliklari l dan $l + dl$ gacha bo'lgan to'lqin "paket" ning guruh tezligi bilan aniqlanadi. $u_g = u - \lambda du/d\lambda$

To'lqinning muhitda tarqalish jarayonida energiyaning tarqalishi ham sodir bo'ladi. Elementar DV hajmdagi to'lqin energiya kinetik va potensial energiyalar yig'indisidan iboratdir $W = E + U = \rho A^2 \omega^2 \sin^2 \omega(t - x/u) \Delta V$

Bu ifodaning DV hajmga nisbati - muhitning birlik hajmida mujassamlashgan energiyadir. U energiya zichligi deb ataladi $w = W/\Delta V$
 $\rho A^2 \omega^2 \sin^2 \omega(t - x/u)$

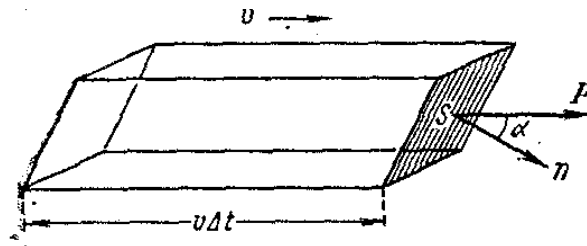
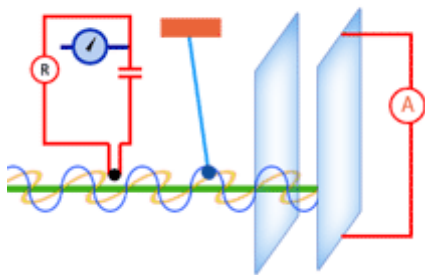
Sinus kvadratining o'rtacha qiymati 1/2 ga teng bo'lganligi uchun to'lqinning ixtiyoriy nuqtasidagi energiya zichligining vaqt bo'yicha o'rtacha qiymati $w_{o'r} = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2$ bo'ladi.

To'lqinning tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar ravishda joylashtirilgan S sirt orqali 1s. davomida ko'chib o'tadigan energiya miqdori bilan xarakterlanuvchi kattalik energiya oqimi deyiladi. Energiya oqimi skalyar kattalik bo'lib, u quvvat birliklarida, SI da vatlarda o'lchanadi. To'lqinning tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan 1m² yuzli sirt orqali 1s. davomida ko'chib o'tadigan energiya miqdorini energiya oqimining zichligi deb ataladi.

Energiya oqimining zichligi $\vec{j} = \omega \vec{u}$

Bu vektorini Umov vektori deb ataladi. Uning absolyut kattaligi bo'yicha o'rtacha qiymati $I = j_{o'r} = \frac{\rho A^2 \omega^2}{2}$ to'lqin intensivligi deb ataladi.

Yorug'lik intensivligi muhitning sindirish ko'rsatkichi n va to'lqin amplitudasining kvadrati E_m^2 ga proporsional: $I = \frac{c}{4\pi} n E_n^2 \cdot \vec{S} = \left[\vec{E} \times \vec{H} \right] -$
Umov-Poyting vektori.



2. Yorug'likning qaytishi va sinishi. Agar yorug'lik ikkita muhitning chegarasiga tushsa, unda tushuvchi nur ikkita – qaytuvchi va sinuvchi nurlarga ajralib ketadi. Tushuvchi nur (I), qaytgan nur (II), va singan nur (III) deb belgilangan. Yorug'lik nuri deganda, yorug'lik energiyasi tarqaladigan yo'nalish tushuniladi. Tushuvchi va qaytgan nurlar hamda ikki muhit chegarasidagi, nurning tushish nuqtasiga o'tkazilgan perpendikulyar bir tekislikda yotadi. Qaytish burchagi i_1 tushish burchagi i_1 ga teng: $i_1 = i_1$.

Yorug'likning sinishi. Tushayotgan nur, singan nur hamda ikki muhit chegarasidagi, nurning tushish nuqtasiga o'tkazilgan perpendikulyar bir tekislikda yotadi. Tushish burchagi sinusining sinish burchagi sinusiga nisbati shu ikki muhit uchun o'zgarmas kattalikdir. $\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{21}$ bu yerda n_{21} –

ikkinchi muhitning birinchisiga nisbatan nisbiy sindirish ko'rsatkichi. Burchaklarni belgilashdagi indekslar yorug'lik nuri qaysi muhitda harakatlanayotganligi ko'rsatadi. Ikki muhitning nisbiy sindirish ko'rsatkichi

ularning absolyut sindirish ko'rsatkichlarining nisbatiga teng. $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$

3. Yorug'lik nurlarining monoxromatlikligi va kogerentligi. Yorug'lik interferensiyasini kuzatish usullari. Ikki manba beradigan interferension manzarani hisoblash. O'zgarmas chastotali (to'lqin uzunlikli) va o'zgarmas amplitudali to'lqin monoxromatik to'lqin deb ataladi. Ikki yoki undan ortiq to'lqinlarning tebranish chastotasi bir xil va faza farqlari doimiy bo'lsa, bunday to'lqinlar kogerent to'lqinlar deb ataladi. Aytaylik, ikki monoxromatik kogerent $x_1 = A_1 \cos(\omega t + j_1)$ va $x_2 = A_2 \cos(\omega t + j_2)$ to'lqinlar bir birining ustiga tushsin. Natijaviy tebranish amplitudasi $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos(j_2 - j_1)$.

To'lqinlar kogerent bo'lganligi uchun $I \sim A^2$ va $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(j_2 - j_1)$.

Fazoning $\cos(j_2 - j_1) > 0$ shart bajariladigan nuqtalarida $I > I_1 + I_2$ bo'ladi. $\cos(j_2 - j_1) < 0$ bo'lgan nuqtalarda $I < I_1 + I_2$. Shunday qilib, 2 (yoki bir nechta) kogerent yorug'lik to'lqinlari ustma-ust tushganda, fazoda yorug'lik oqimlarining qayta taqsimlanishi ro'y beradi va natijada intensivlikning bir

joyda maksimumi boshqa joyda minimumi kuzatiladi. **Bu hodisa yorug'lik interferensiyasi deb ataladi.**

Kogerent yorug'lik to'lqinlari olish uchun 1 ta manba nurlantirayotgan to'lqinni 2 ga bo'lish usuli ishlatiladi. Bunda to'lqinlar turli optik yo'lni o'tganlaridan so'ng qo'shiladilar va interferension manzara kuzatiladi.

Aytaylik, 0 nuqtada to'lqin ikkita kogerent to'lqinga ajratilyapti. Interferension manzara kuzatilayotgan M nuqtaga borgancha n_1 sindirish ko'rsatkichli muhitda birinchi to'lqin S_1 yo'l o'tdi, ikkinchi to'lqin n_2 sindirish ko'rsatkichli muhitda S_2 yo'l o'tdi. Agar 0 nuqtada tebranish fazasi ωt bo'lsa, M nuqtada birinchi to'lqin $A_1 \cos \omega(t - S_1/v_1)$, ikkinchi to'lqin $A_2 \cos \omega(t - S_2/v_2)$, ni vujudga keltiradi; bu yerda $v_1 = s/n_1$, $v_2 = s/n_2$ - birinchi va ikkinchi to'lqinlarning fazaviy tezliklari.

Yo'lning geometrik uzunligi S ning muhit sindirish ko'rsatkichi n ga ko'paytmasi yo'lning optik uzunligi L, $D = L_2 - L_1$ esa yo'lning optik farqi deyiladi.

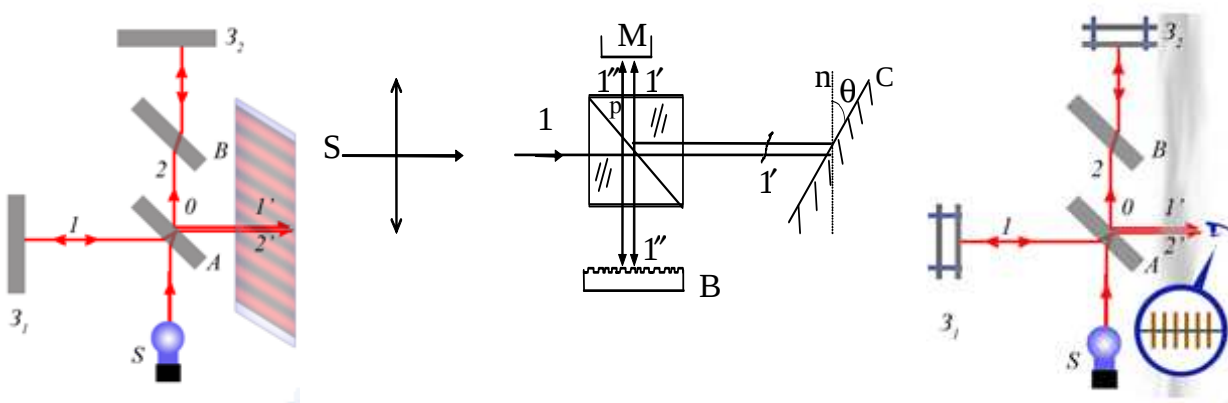
Agar yo'lning optik farqi vakuumdagi to'lqinning butun soniga

$$D = \pm m \lambda_0 \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

teng bo'lsa $d = \pm 2mp$ va M nuqtada qo'zg'alayotgan tebranishlar bir xil fazada bo'ladi interferension maksimum sharti deb ataladi.

Yo'lning optik farqi $d = (2m+1)\lambda_0$ ($m = 0, 1, 2, \dots$) bo'lsa, $d = \pm(2m+1)p$ bo'ladi va M nuqtadagi to'lqin fazalari qarama-qarshi bo'ladi; interferension minimum sharti deyiladi.

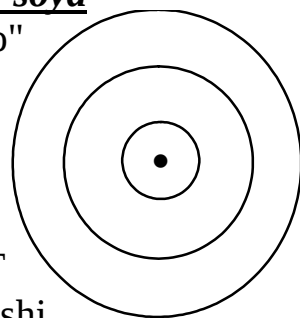
4. Interferometrlar. Interferensiya manzarasi interferensiyalanuvchi to'lqinlarning yo'llari ayirmasiga juda sezgir bo'ladi: yo'llar ayirmasining kichik o'zgarishlarida uzunliklar va burchaklarni aniq o'lchash uchun, shuningdek, shaffof muhitlarning sindirish ko'rsatkichlarini aniqlash uchun ishlatiladigan asboblarning tuzilishi shunga asoslangan. Sanoatda interferometrlar metall va boshqa silliqqlangan sirtlarning sifatini (silliqligini) tekshirishda keng qo'llaniladi.



Bu oqim nurlaridan birining yo'lini ko'raylik. Yarim shaffof qatlamda 1 nur "ikkiga ajraladi": qisman qatlam orqali o'tadi va S ko'zguga tushadi. (1 nur), qisman esa qaytadi va tekshirilayotgan B sirtga tushadi (1 nur). So'ngra 1 nur ko'zgu va yarim shaffof qatlamdan qaytgandan so'ng va 1" nur tekshirilayotgan sirtidan qaytib, yarim shaffof qatlamdan o'tgandan so'ng M mikroskopga tushadi. Bu nurlar kogerent nurlardir, shuning uchun ular interferentsiyalanadi, ularning interferentsiyalanish natijasida mikroskopning ko'rish maydonida ko'rinib turadi

5. Yorug'lik difraksiyasi. Gyugens prinsipi. Frenel va Fraungofer difraksiyasi. *Yorug'lik difraksiyasi deb ataladigan hodisada, yorug'lik nurlari shaffofmas to'siqlardan egilib o'tib geometrik soya sohaga kirib boradi.* Difraksiya so'zi lotincha "difrakcio"

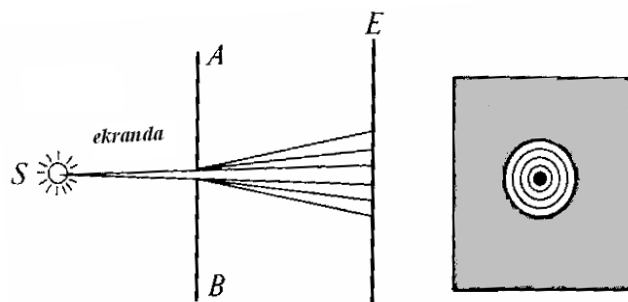
"egilib o'tish" dan olingan. Masalan, nuqtaviy monoxromatik yorug'lik manbai M dan tarqalayotgan yorug'lik nurlarining yo'lga shaffofmas jismdan yasalgan disk shaklidagi T to'siq joylashtirilgan bo'lsin. Geometrik optika qonunlariga asosan, E ekranda T to'siqning soyasi doira shaklidagi qorong'i soqa kuzatilishi lozim. Tajribada shu narsa kuzatiladi. Lekin to'siqdan ekrangacha bo'lgan masofa to'siq o'lchamlaridan bir necha ming marta katta bo'lsa, ekranda ketma-ket yorug'lik va qorong'i konsentrik halqachalar kuzatiladi.



Gyuygens - Frenel qoidasi. Frenel va Fraungofer difraksiyasi. *Gyuygens- Frenel qoidasi.* Geometrik optika qonunlariga asosan, E ekranda T to'siqning soyasi doira shaklidagi qorong'i soqa kuzatilishi lozim. Tajribada shu narsa kuzatiladi. Lekin to'siqdan ekrangacha bo'lgan masofa to'siq o'lchamlaridan bir necha ming marta katta bo'lsa, ekranda ketma-ket yorug'lik va qorong'i konsentrik halqachalar kuzatiladi.

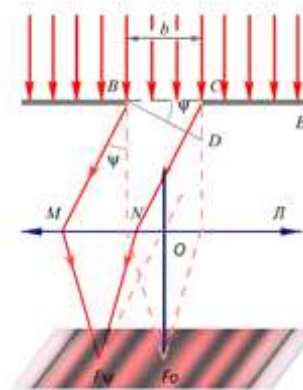
Gyuygens prinsipiga asosan, to'lqin frontining har bir nuqtasini ikkilamchi to'lqinlarining manbalari deb hisoblash mumkin. Frenel uni to'ldirib, bu ikkilamchi to'lqinlarning manbalarini kogerent manbalar deb va fazoning ixtiyoriy nuqtasidagi tebranish bu nuqtaga yetib kelgan ikkilamchi kogerent to'lqinlar interferentsiya-lanishining natijasi deb qarash lozimligini aytib o'tadi.

Frenel va Fraungofer difraksiyasi. Frenel difraksiyasi - bu difraksiya tarqaluvchi yorug'liklar difraksiyasi bo'lib, aylana shaklidagi tirqishdan bo'ladigan difraksiya ko'rinishida ko'rib chiqamiz. Agar AB aylana shaklidagi tirqish to'lqin uzunligi darajasidan katta bo'lsa, bu vaqtda tirqishning tasviri ekranda hosil bo'ladi.



Agar tirqishni kichraytirsak, tirqish tasviri o'rniga o'zaro bir-birini almashtiruvchi qora va oq xalqalar hosil bo'ladi. Agar aylana shaklidagi tirqishda tok Frenel zonalar sig'adigan bo'lsa, birinchi xalq oq bo'ladi, agar tirqishga juft Frenel zonalar sig'adigan bo'lsa birinchi xalqa qora bo'ladi.

Fraungofer difraksiyasi. Difraksiya hodisalari ikki sinfga bo'linadi. To'siqqa tushayotgan nurlar parallel dastasini hosil qilgan va difraksion manzara manbadan cheksizlikda mujassamlashgan holdagi hodisalarni Fraungofer tekshirgan. Shuning uchun bu hodisalar Fraungofer difraksiyasi deyiladi.



Bir tirqishdan bo'ladigan difraksiya. To'g'ri to'rtburchakli tor tirqishli B ekranga parallel monoxromatik nurlar dastasi ekranga normal holda tushayotgan bo'lsin. Tirqishdan dastlabki yo'nalishda o'tayotgan barcha nurlar S linza yordamida linzaning fokal tekisligida joylashgan A ekrannning O nuqtasiga to'planadi. Bu barcha nurlar o'rtasidagi yo'l ayirmasi 0 ga teng bo'ladi. O nuqta orqali tirqishga parallel yorug' yo'l o'tadi. Endi difraksiya tufayli tirqishdan o'tgan nurlarning faqat dastlabki yo'nalishda emas, balki bu yo'nalishga turli burchaklar ostida o'tishini nazarga olamiz (j burchak difraksiya burchaqi deb ataladi).

$j = j_2$ burchak ostida difraksiyalanuvchi nurlar dastasining chekka nurlar orasidagi Dl yo'l ayirmasi $3l/2$ ga teng bo'lsin. Bu holda butun dastani uchta I, II, III Frenel zonalariga ajratish mumkin. Ikki qo'shni zonaning (I, II) bir-birini so'ndirishi tushunarli (chunki bu zonalarining nurlari orasidagi yo'l ayirmasi $l/2$ ga teng) III zona esa so'nmaydi va O_2 nuqtadan o'tuvchi chiziqda difraksiya maksimumini beradi. O_2 nuqtaga simmetrik bo'lgan O'_2 nuqtadan o'tuvchi to'g'ri chiziqda ham shunday maksimum paydo bo'ladi. O'_2 va O_2 maksimumlarning yoritilganligi 0 maksimumning yoritilganligidan ancha kam bo'ladi.

Shunday qilib, Frenel zonalarining toq soniga mos burchaklar bilan difraksiyalanuvchi nurlar dastasi ekranda difraksiya maksimumlarini hosil qiladi, Frenel zonalarining juft soniga mos burchaklar bilan difraksiyalanuvchi nurlar dastasi difraksiya minimumlar hosil qiladi. Bu maksimumlarni hosil qiluvchi nurlarning difraksiya burchaklari ortishi bilan maksimumlarni yoritilganligi kamayadi. Natijada bir tirqishdan hosil qilinadigan difraksiya manzarasi markazi yorug' yo'ldan har ikki tomonda simmetrik joylashgan qorong'i va yorug' yo'llarning navbatlashishidan iborat.

b) ikki va ko'p parallel tirqishlardan hosil bo'lgan difraksiya. Parallel monoxromatik nurlar dastasi bir-biridan d masofada joylashgan ikkita parallel tirqishi bo'lgan B ekranga perpendikulyar tushayotgan bo'lsin.

Bunda bu tirqishlar yorug'likning kogerent manbalari bo'lib qoladi. Agar B ekran orqasida S yig'uvchi linza qo'yilgan bo'lsa, u holda linzaning fokal tekisligida joylashgan A ekranda difraksiya manzarasi vujudga keladi, bu difraksiya manzarasi ikki jarayonning, ya'ni yorug'likning har bir ayrim tirqishdan interferensiyasi natijasidir. Biroq bu manzaraning asosiy xususiyatlari ko'proq ikkinchi jarayon bilan aniqlanadi. Ikki parallel nurlar yo'llarining ayirmasi $d \sin j = n\lambda$ Agar bu ayirma $d \sin = n$ shartni qanoatlantirsa, ekranda interferension maksimum kuzatiladi.

Agar $d \sin j = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$ bo'lsa, interferension minimum kuzatiladi. Maksimumlarning mumkin bo'lgan soni, sin birligidan $n \leq d/\lambda$ bo'ladi.

Yorug'lik bir-biriga yaqin joylashgan ko'plab parallel tirqishlar to'plamidan difraksiyalanganida ham difraksiya manzarasining ko'rinishi ikki tirqishdan difraksiyalanishdagi ko'rinishda bo'ladi. **Faqat maksimumlar ravshanroq va torroq, ularni ajratib turgan minimumlar esa keng va amalda butunlay qorong'i ko'rinadi. Bunday qurilma difraksiya panjarasi deyiladi masofa panjaraning davri deyiladi.** Difraksiya panjaralari shisha plastinka yoki metall ko'zgu sirtiga ingichka shtrixlar (tirnashlar) chizish yo'li bilan tayyorlanadi. Difraksion panjara bilan yorug'lik to'lqin uzunligini aniqlash mumkin.

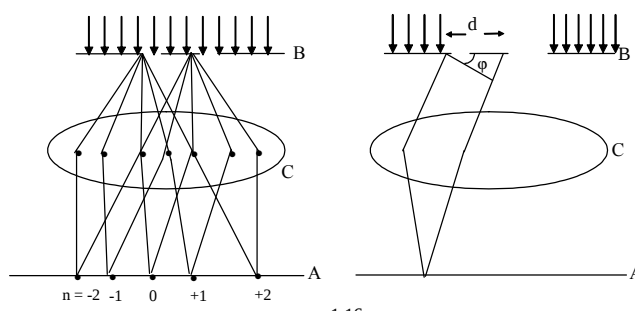
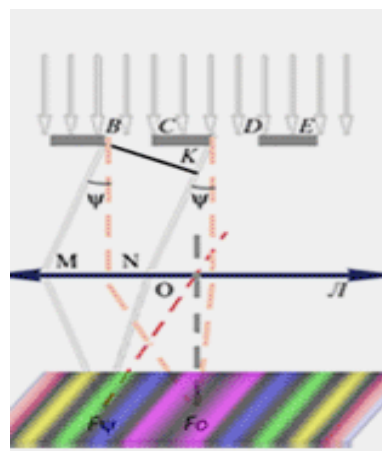
4.Difraksion panjara. Rentgen nurlar difraksiyasi. Difraksion panjara. Panjarani ajrata olish qobiliyati.

Bu davriy ravishda tirqish va to'siqlardan iborat tiniq optik qurilma hisoblanadi. Tirqish kenligi b va to'siq kenligi a bo'lsa, difraksion panjaraning davri $d = a + b$ bo'ladi. Bu vaqtda panjaradagi tirqishlar soni: $N = l/d$. Bu yerda l – panjaraning eni. Bu tizimga parallel yorug'liklar tushganda Fraungofer difraksiyasi vujudga kelib, nurlar tushish yo'nalishiga nisbatan φ burchakka og'adilar. Bu

nurlar linza yordamida to'planganda, linzaning fokal tekisligida o'zaro bir-birini almashtiruvchi oq va qora tasmlar hosil bo'ladi.

Bu vaqtda difraksion manzara bir nechta maksimumlardan iborat bo'ladi.

Difraksiya vaqtida φ burchakning ma'lum qiymatlarida ikkala tirqishning mos nuqtalaridan kelayotgn nurlar bir xil fazada bo'ladi. Bu nurlarning interferensiyalanishi natijasida intensive-likning asosiy maksimumi kuzati-



ladi. $d \sin \varphi = 2k \frac{\lambda}{2}$, $k = 0, 1, 2, 3 \dots$

Kuzatish burchagi φ ning ma'lum qiymatlarida nurlar qarama-qarshi fazada bo'lib yo'llar farqi yarim to'lqin uzunligi juft karalli bo'ladi, bu holda nurlarning interferensiyalanishi natijasida yorug'lik intensivligining so'nishi kuzatiladi va qo'shimcha minimumlik sharti bajariladi. $a \sin \varphi = \pm 2k \frac{\lambda}{2}$

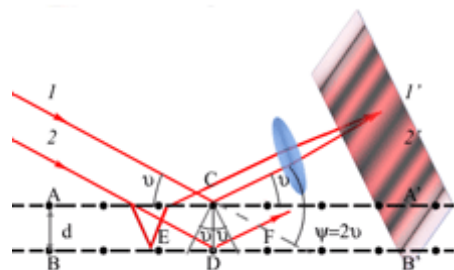
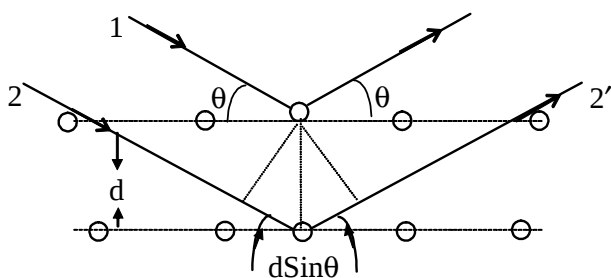
Kuzatish burchagining ma'lum qiymatlari: $a \sin \varphi = \pm (2k+1) \frac{\lambda}{2}$ kuzatiladi va bu shart qo'shimcha maksimumlar sharti hisoblanadi.

Difraksion panjaraning ajrata olish qobiliyati. Difraksion panjara va difraksion asboblarning ajrata olish qobiliyati burchakli dispersiya va chizig'li dispersiya ko'rinishda bo'ladi. Burchakli dispersiya: $D = d\varphi / d\lambda$; $D = k / b \cos \varphi$, bu yerda φ difraksiya vaqtida nurning og'ish burchagi, $d\lambda$ - to'lqin uzunligining o'zgarishi, k - difraksion manzaraning tartib raqami, b - difraksion panjaradagi tirqish eni.

Dispersiyaning chizig'lik kattaligi ya'ni panjara yoki spektral asboblarning chizig'li ajrata olish qobiliyati quyidagicha aniqlanadi:

$$r = \frac{\lambda}{\delta \lambda} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

Rentgen nurlarining difraksiyasi. Vulf – Breg formulasi. Difraksion manzara kuzatilishi uchun panjara doimiysi va to'lqin uzunliklarining tartibi bir xil bo'lishi kerak. Kristallarning panjara doimiysi $\sim 10^{-10}$ m va shuning uchun ko'rinadigan yorug'lik ($l \gg 5 \times 10^{-7}$ m) uchun ularda difraksiya kuzatilmaydi. Nemis fizigi M.Laue kristallarda difraksiyani rentgen nurlari ($> 10^{-12} - 10^{-8}$ m)da kuzatish mumkinligini birinchi bo'lib ko'rsatdi.



Monoxromatik rentgen nurlari dastasi (1,2)-sirpanish burchagi ostida kristallga tushmoqda va 1,2 ikkilamchi to'lqin sifatida tarqalmoqda va interferensiyalanmoqda. Intensivlik maksimumlari - difraksion maksimumlar $2d \sin \theta = m \lambda$ ($m=1,2,3, \dots$) da kuzatiladi. Bu ifodadan foydalanib, kristallarning atom tekisliklari orasidagi masofa (d) ni aniqlash mumkin (rentgenostrukturaviy tahlil). Bu usul elektronlar va neytronlardan foydalanib

amalgam oshirilishi mumkin (elektronografiya, neytronografiya). d , λ va m ni bo'lgan holda yorug'lik to'lqin uzunligini aniqlash mumkin.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Yorug'likning qaytish qonunini aytib bering.
2. Yorug'likning sinish qonunini aytib bering.
3. Yorug'lik interferensiyasi nima?
4. Interferometrlar nima?
5. Difraksiya so'zi qanday ma'noni anglatadi?
6. Gyugens prinsipi nima?
7. Frenel Gyugens prinsipiga qanday qo'shimcha kiritdi?
8. Fraunhofer difraktsiyasi deb qanday difraktsiyaga aytiladi?

Uyga vazifa

Linzaning optik kuchi. Fotometrik kattaliklar. Kogerent manbalar va ularning olish usullari. Yengil sanoat dizaynida interferensiya hodisasini qo'llanilishi. Rentgen nurlari xossalari. Rentgen nurlar difraktsiyasi. Golografiya.

23-MA'RUZA. YORUG'LIKNING SOCHILISHI. YORUG'ULIK DISPERSIYASI. YORUG'LIKNING QUTBLANISHI. SUN'IY IKKILANMA NUR SINDIRISH.

Reja:

1. Yorug'likning sochilishi. Reley formulasi. Yorug'likning o'z – o'zida fokuslanishi.
2. Yorug'lik dispersiyasi. Anomal va normal dispersiya.
3. Yorug'likning moddada tarqalishi. Dispersiyaning elementar klassik nazariyasi.
4. Yorug'likning qaytishda va sinishda qutblanishi. Bryuster qonuni. Ikkilanma nur sindirish. Qutblantiruvchi prizmalar.
5. Qutblanish tekisligining aylanishi. Qutblagich asboblardan moddani o'rganishda foydalanish.

Tayanch iboralar: yorug'likning qaytishi, yorug'likning sochilishi, Reley formulasi, fokuslanish, yorug'lik dispersiyasi, yorug'likning qaytishda qutblanishi, yorug'likning sinishda qutblanishi, Bryuster qonuni, ikkilanma nur sindirish, qutblantiruvchi prizma, Kerr effekti, tekisligining aylanishi.

Ko'rgazmali qurollar: mavzuga doir animatsion dastur.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Difraksiya so'zi qanday ma'noni anglatadi?
2. Gyugens prinsipi nima?
3. Frenel Gyugens prinsipiga qadarday qo'shinchalar kiritildi?
4. Fraunhofer difraksiyasi deb qanday difraksiyaga aytiladi?
5. Difraksion panjaradagi difraksiyani izohlab bering.
6. Difraksion panjara deb nimaga aytiladi?
7. Interferensiya hodisasi yorug'likning qanday tabiatiga egaligini isbotlaydi?
8. Yorug'lik interferensiyasi nima?
9. Qanday yorug'lik to'lqinlari interferensiyaga kirishi mumkin?
10. Teng qiyalikdagi interferensiya qanday hosil bo'ladi?

Mavzuning borishi.

1. Yorug'likning sochilishi. Reley formulasi. Yorug'likning o'z – o'zida fokuslanishi. Tiniq bo'lmagan muhitlarda, ya'ni optik jihatdan bir jinslimas bo'lgan muhitda ham yorug'lik difraksiyasi kuzatiladi. Bunday muhitlarga aerozollar (bulut, tutun, tuman), emulsiya, kolloidli eritmalar va hokazolar kiradi, ya'ni mayda zarrachalar suzib yurgan muhitlar kiradi. Yorug'lik bunday muhitdan o'tayotib tartibsiz joylashgan bir jinsli bo'lmagan joylardan, zarralardan difraksiyalanadi va hamma yo'nalishda bir xil intensivlik beradi, bunda aniq bir difraksion manzara hosil bo'lmaydi. Bu hodisa tiniq bo'lmagan (xira) muhitda yorug'likning sochilishi deb ataladi. Misol uchun quyosh nurining ingichka dastasi changli havodan o'tayotib, sochiladi va ko'rinadigan bo'lib qoladi.

Yorug'likning sochilishi begona zarralari bo'lmagan toza muhitlarda ham kuzatilishi mumkin. L.I.Mandelshtam bu hodisani muhitning sindirish ko'rsatkichining doimiy emasligi bilan, ya'ni nuqtadan nuqtaga o'tganda o'zgarishi bilan tushuntiradi.

Reley formulasi. Yorug'likning kuzgudan qaytishi vaqtida monoxromatik fazaviy tezligi $v = \omega/k$, bu yerda ω – monoxromatik davriy chastotasi, k – to'lqin soni.

Yorug'likning spontan sochilishi vaqtida uning faza tezligi bilan birga guruppa tezligi vujudga keladi. Guruppa tezligining qiymati $u = d\omega/dk$ bo'ladi. bu tenglamaga ω – qiymati qo'yilsa

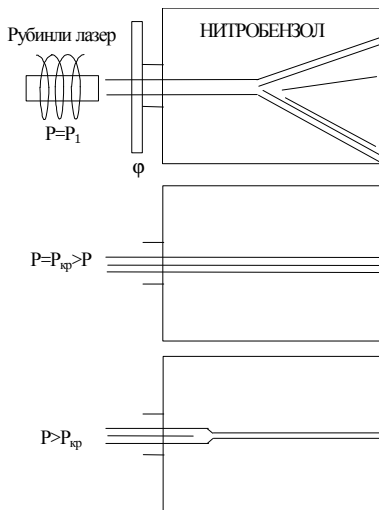
$$u = \frac{d\omega}{dk} = \frac{d(vk)}{dk} = v + k \frac{dv}{dk}; \quad k \frac{dv}{dk} = -\frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda^2}{2\pi} \frac{dv}{d\lambda} = -\lambda \frac{dv}{d\lambda}; \quad u = v - \lambda \frac{dv}{d\lambda}$$

Reley formulasi kelib chiqadi.

Muhitning sindirish ko'rsatkichi bilan yorug'likning tezligi orasida bog'lanishda foydalangan holda $n\lambda = 2\pi c/\omega$.

Guruppa tezligining qiymati quyidagicha aniqlanadi.

$$u = c / n + \omega dn / d\omega.$$



Yorug'likning o'z – o'zida fokuslanishi.

Parallel yorug'lik oqimi muhitda tarqalganda, difraksiya hodisasi tufayli chekka soxalarga ham tarqaladi. Agar muhit suyuqlik yoki (ba'zan) kristall bo'lsa bunday bo'lmasligi ham mumkin ekan. Shunday tajribalardan birida rubin lazeri ($\lambda=9643$ Å~qizil soqa)ning qizil dastasi F filtrni va dumaloq diafragmani o'tgandan so'ng shaffof suyuqlik, masalan, nitrobenzolga tushadi. Quvvat $P \sim 0,5$ Vt bo'lganda odatdagi chiziqli optika qonunlariga binoan difraksion manzara hosil bo'ladi.

Quvvat $P_{kr}=20$ kVt ga teng bo'lsa, yorug'lik chetga chetga tarqalmasdan dasta bo'lib tarqaladi. $P>P_{kr}$ da dasta muhitda siqilib $P \sim 1/\sqrt{P}$, o'z-o'zidan fokuslanadi. Buning sababi muhit sindirish ko'rsatkichi yorug'lik intensivligi ortib borishi bilan ortishidir: $n = n_0 + n_1 E^2$; $n_0 = \sqrt{\epsilon_0}$.

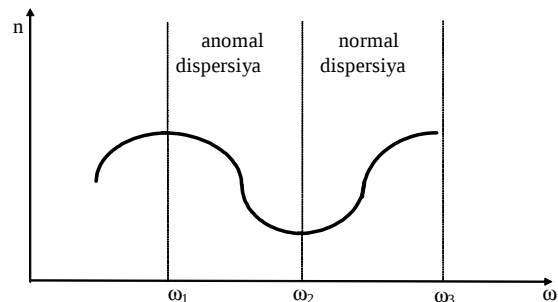
Bunda nur egallagan soha optik jiqatdan zich bo'lib qoladi va dasta fokuslanadi.

2. Yorug'lik dispersiyasi. Anomal va normal dispersiya.

Chastota ortishi bilan moddaning sindirish ko'rsatkichi ham ortsa, ya'ni bu moddada yorug'likning dispersiyasi

normal dispersiya deyiladi. Agar chastota ortishi bilan moddaning sindirish ko'rsatkichi kamaysa, u holda

$\Delta n / \Delta \omega < 0$ va bunday dispersiya anomal ba'zi moddalarda ham normal ham anomal dispersiyalar kuzatiladi.

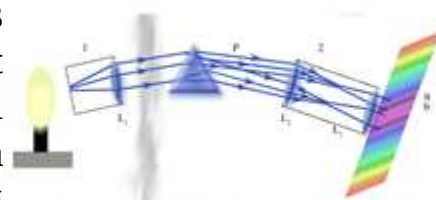


Yorug'likning dispersiyasi. Moddalar sindirish ko'rsatkichining yorug'lik to'lqin

(chastotasiga) bog'liqligi dispersiya deb ataladi. $n = f(\lambda_0)$ funksya bilan xarakterlash mumkin. Bu yerda λ_0 – yorug'likning vakuum-dagi to'lqin uzunligi. Nyuton 1672 yilda yorug'likning shisha prizmada sinishidan foydalanib, birinchi bo'lib, yorug'lik dispersiyasini eksperimental tekshirdi.

3. Yorug'likning moddada tarqalishi. Dispersiyaning elementar klassik nazariyasi. Yorug'likning moddada tarqalishi. Vakuumda istalgan to'lqin uzunlikli elektromagnit to'lqinlarning tarqalish tezligi bir xil $c=3 \cdot 10^8$ m/s, moddalarda esa to'lqin uzunligiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun ham oq yorug'lik tarkibiga kiradigan turli ranglarga mos keluvchi to'lqinlar uchun muhitning sindirish ko'rsatkichi ham farq qiladi. Natijada prizmadan o'tish paytida turli ranglar turlicha sindirish ko'rsatkichiga uchraydi, turlicha sinadi va bir – birida ajraladi.

Dispersiyaning elektron nazariyasi. Yorug'likni elektromagnit to'lqin, modda tuzilishini esa elektron nazariya asosida tasavvur qilish yetarli. Elektron nazariyaga asosan jism elektronlar va ionlardan tashkil topgan. Ular yorug'lik ta'sirida tebranma harakatga keladi. Yorug'lik to'lqinlarning tebranishlari 1015 Gs chastotalarda sodir bo'ladi. Elektromagnit maydonning bunchalik tez o'zgarishini massalari yetarlicha kichik bo'lgan elektronlarga sezishga ulguradi. Shuning uchun yorug'lik to'lqinining jismga ta'sirini hisoblashda yorug'likning elektronga ta'sirini hisoblash bilan chegaralanilsa bo'ladi.



Elektromagnit to'lqin jismdan o'tayotganda-e zaryadli har bir elektronga elektr kuch ($\vec{F}_e = -e\vec{E}$) va Lorens kuchi $\vec{F} \approx -e\left[\vec{\partial}\vec{B}\right]$ ta'sir qiladi:

$$\vec{F} = \vec{F}_e + F = -(e\vec{E} + e[\vec{\partial}\vec{B}]) ; \quad \vec{F}_e = -e\vec{E} = -e\vec{E}_0 \cos wt$$

E_0 ning amplituda qiymati, w - to'lqinning siklik chastotasi. Birinchi yaqinlashishda kuch faqat eng tashqi elektronlarni siljitadi, deb hisoblash mumkin. Lekin bu elektron bilan atomning qolgan qismi orasida kvazielastik kuch mavjudki, u elektronni avvalgi vaziyatiga qaytarishga harakat qiladi. Bu

kuch siljishga proporsionaldir: $\vec{F}_e = -k\vec{x}$

U holda elektron harakati uchun Nyutonning 2-qonunini quyidagicha yozsa bo'ladi:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx - eE_0 \cos wt ; \quad m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx - eE_0 \cos wt ; \quad \frac{d^2 x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x - \frac{e}{m}E_0 \cos wt$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\omega_0^2 x - \frac{e}{m}E_0 \cos wt, \quad \omega_0^2 = \frac{k}{m}$$

Bu tenglamaning yechimini $x = x_0 \cos wt$; $\dot{x} = -x_0 \sin wt \cdot w$, $\ddot{x} = -w^2 x_0 \cos wt$,

$$-w^2 x_0 \cos wt = -w^2 x_0 \cos wt - \frac{e}{m}E_0 \cos wt, \quad x_0 (w^2 - w_0^2) = \frac{e}{m}E_0,$$

va nihoyat,
$$x_0 = \frac{\frac{e}{m}E_0}{\omega^2 - \omega_0^2} = -\frac{\frac{e}{m}E}{\omega_0^2 - \omega^2} \quad \text{ni hosil qilamiz.}$$

Ikkinchidan elektromagnit to'lqin ta'sirida elektronni siljishi tufayli hosil bo'lgan bunday sistemani elektr dipoli deb qarash mumkin. Bu dipolning yelkasi siljishga teng. Agar x_0 maksimal siljish bo'lsa, dipol momenti $Re = -ex_0$ ga teng.

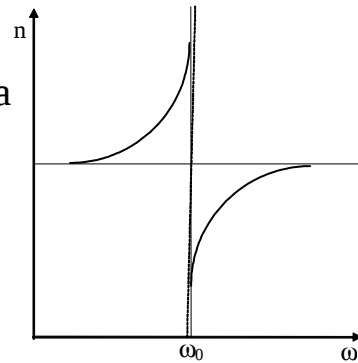
Moddaning birlik hajmidagi atomlar sonini N deb belgilasak, qutblanish

vektori P ning qiymati $P = NP_p = N \frac{e^2}{m} E_0 / \omega_0^2 - \omega^2$.

Kuchlanganligi E_0 bo'lgan maydondagi modda uchun R dielektrik singdiruvchanligi bilan quyidagicha bog'langan: $P = (n - 1) e_0 E_0$. U holda

$$N \frac{e^2}{m} E_0 / \omega_0^2 - \omega^2 = (n - 1) e_0 E_0,$$

$$n = 1 + N \frac{e^2}{m} E_0 / \epsilon_0 (\omega_0^2 - \omega^2) \text{ kelib chiqadi.}$$

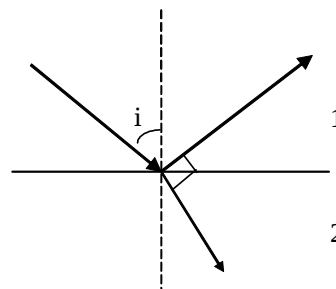
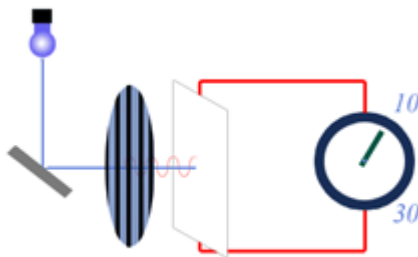


Maksvell nazariyasiga binoan dielektrik singdiruvchanligi, magnit singdiruvchanligi bo'lgan muhitda elektromagnit to'lqinning tarqalish tezligi $v = c / \sqrt{\epsilon \mu}$. Moddaning sindirish ko'rsatkichi esa $n = c / v = \sqrt{\epsilon \mu}$, $m=1$, $n = \sqrt{\epsilon}$. Demak,

$$n = \sqrt{1 + N / \epsilon_0 \cdot \frac{e^2}{m} / \omega_0^2 - \omega^2}$$

4. Yorug'likning qaytishda va sinishda qutblanishi. Bryuster qonuni. Ikkilanma nur sindirish. Qutblantiruvchi prizmalar. Kerr effekti. Tabiiy yorug'lik nuri ikki dielektrik chegarasiga tushayotgan bo'lsin (masalan, havodan shishaga).

Qutblanish darajasi nurning tushish burchagiga va sindirish ko'rsatkichiga bog'liq. Shotlandiyalik olim Bryusterning aniqlashicha $\tan i_B = n_{21}$

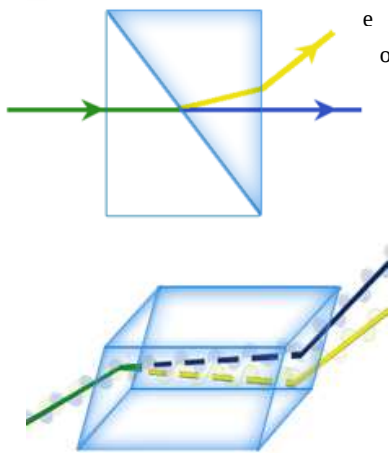


munosabatdan topiladigan i_B burchaklarda qaytgan nur yassi (to'la), singan nur esa maksimal (to'la bo'lmasa ham) qutblangan bo'lar ekan.

Yorug'lik Bryuster burchagi ostida tushganda qaytgan va singan nurlar o'zaro perpendekulyar bo'ladi.

Singan nurning qutblanish darajasini har safar Bryuster burchagi ostida tushirib oshirish mumkin.

Ikkilanma nur sindirish. Qutblantiruvchi prizmalar. Kerr effekti. *Ikkilanma nur sindirish.* Fizik xususiyatlari yo'nalishlarga bog'liq bo'lmagan muhit izotrop muhit deb, yo'nalishlarga bog'liq bo'lgan muhit anizotrop



muhit deyiladi. Izotrop muhit (masalan shisha plastinka) da yorug'likning sinishi sinish qonuniga bo'ysunadi. Agar island shpatiga yorug'lik tushsa, kristalldan ikki bir-biriga va tushayotgan nurga parallel nur chiqadi. Agar tushayotgan nur kristallga perpendekulyar bo'lsa ham singan nur ikkiga bo'linadi. **Bu nurlardan birining elektr tebranishlari kristallning bosh optik tekisligiga perpendikulyar bo'ladi; bu nur oddiy nur (o) deb ataladi. Ikkinchi nurning elektr tebranishlari esa bosh tekislikda bo'ladi; bu nur q'ayri oddiy nur (e) deyiladi.**

Kubik sistemaga kiruvchi kristallardan boshqa hamma kristallar nurni ikkilantirib sindirish xossasiga ega. Bu hodisa birinchi bo'lib island shpatida Bartolini tomonidan aniqlangan. Bu hodisa yorug'likning anizotrop kristallarda turli yo'nalishda e_x, e_y lar har xil bo'lishi mumkinligi bilan bog'liq.

Qutblantiruvchi prizmalar. Tabiiy yorug'likdan qutblangan yorug'lik olish uchun shunday sharoit yaratish kerakki, bunda yorug'lik to'lqinining $\vec{E}$ vektori muayyan aniq bir yo'nalish bo'ylab tebranadigan bo'lsin. Bunday sharoitlar qutblovchi prizmalarda mujassamlangandir. Prizmalar ikki turga bo'linadi:

- 1) faqat yassi qutblangan nur olinadigan;
- 2) bir-biriga perpendikulyar tekisliklarda qutblangan ikkita nur beradigan prizmalar. Eng avvalo Bryuster qonunidan foydalanib ko'p qavatli kristallardan foydalanib qutblagich qurish mumkinligini ta'kidlash kerak. Qutblovchi prizmalar to'la ichki qaytish hodisasiga asoslanib ishlaydi. Bunday prizmalarning tipik misoli Nikol prizmasidir. Nikol prizmasi ikki island shpatidan qilingan AB chiziq bo'ylab Kanada balzami ($n=1.55$) kleyi bilan birlashtirilgan qurilmadir. Tabiiy nur kristall ichida oddiy ($n_o=1.66$) va g'ayri oddiy ($n_e=1.51$) nurlarga bo'linadi. Oddiy nur Kanada balzamidani to'la qaytadi va qoraytirilgan SB sirtida yutiladi. Kristalldan g'ayri oddiy nur chiqadi.

Agar bir turmalin plastinkasi orqasiga ikkinchi turmalin plastinkasi joylashtirilsa, birinchisi qutblagich, ikkinchisi tahlilchi deyiladi. Ikkinchi kristallga tushuvchi yorug'lik intensivligini I_0 , chiquvchi yorug'lik intensivligini I deb belgilasak, $I = I_0 \cos^2 \alpha$ tabiiy yorug'lik intensivligi I_1 bo'lsa, $I_0 = I_1/2$ dir.

Kristallarning optik o'qlari orasidagi burchak. **Malyus qonunini ifodalaydi.**

5. Qutblanish tekisligining aylanishi. Qutblagich asboblardan moddani o'rganishda foydalanish. Aylanish burchagi ϕ nurning kristall ichida bosib o'tgan l yo'lga proporsional: $\phi = \alpha l$, α – koeffisienti aylanish doimiysi deb ataladi. Eritmalarda qutblanish tekisligining aylanish burchagi

nurning eritmadagi l yo'liga va aktiv moddaning c konsentrasiyasiga proporsionaldir: $\varphi = [\alpha]cl$, bunda $[\alpha]$ – solishtirma aylanish doimiysi deb ataladigan kattalik.

Qutblanish tekisligi aylanishining yo'nalishiga qarab, optikaviy aktiv moddalar o'ngga va chapga aylantiruvchi moddalarga bo'linadi.

Qutblagich asboblardan moddani o'rganishda foydalanish. O'zaro perpendikulyar polyarizatorlar orasiga optikaviy aktiv modda joylashtirilsa, o'tish sohasi yorishadi. Qaytadan qorong'ilik hosil qilish uchun ikkinchi polyarizatorni φ burchakka burish kerak bo'ladi. Berilgan moddaning solishtirma aylanish doimiysi $[\alpha]$ va l uzunlik ma'lum bo'lsa, φ burilish burchagini o'lchab, eritmaning c konsentrasiyasini aniqlash mumkin. Konsentrasiyani aniqlashning bunday usuli turli moddalarni ishlab chiqarishda, jumladan, qand ishlab chiqarishda keng qo'llanadi, bunga tegishli asbob *saxarimetr* deb ataladi.

Poliyarizatorni qorong'ilikka to'g'rilashni yetarlicha aniqlida amalga oshirib bo'lmaydi. Shu sababli oddiy polyarizator o'rniga *yarim soya qurilmalar* ishlatiladi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Yorug'likning sochilishi qanday hodisa?
2. Reley formulasini kelirib chiqaring?
3. O'z – o'zidan fokuslanish qanday hodisa?
4. Jismning to'lqini deb qanday to'lqinga aytiladi?
5. Qaytgan va singan nurlar qanday qutblangan bo'ladi?
6. Bryuster qonunini tushuntiring.
7. Yorug'likning qaytishda, sinishda qutblanishini tushuntiring.
8. Qutblanuvchi prizma nima?
9. Kerr efekti deb nimaga aytiladi?

Uyga vazifa

Dispersiya hodissasining qo'lanillishi. Qutblanish tekisligining aylanishining bazasini to'ldirish. Kerr effekti.

24 - MA'RUZA. YORUG'LIKNING YUTILISHI. ISSIQLIK NURLANISHI.

Reja:

1. Yorug'lik yutilishi. Buger qonuni va uning qo'llanilishi.
2. Mutloq qora jism. Kirxgof qonuni.
3. Stefan-Bol'tsman va Vin qonunlari.
4. Reley-Jins va Plank formulasi.
5. Issiqlikni o'lchovchi optik asboblari va ularning qo'llanilishi.

Tayanch iboralar: Anomal dispersiya, normal dispersiya, yorug'likning dispersiyasi, dispersiyaning elementar nazariyasi, Buger qonuni, yorug'likning yutilishi, Vavilov – Cherenkov nurlanishi, Doppler effekti, mutloq qora jism, Kirxgof qonuni, Stefan – Bol'tsman va Vin qonunlari, issiqlikni o'lchovchi asboblarni qo'llash.

Ko'rgazmali qurollar: animatsion dasturi.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Yorug'likning sochilishi qanday hodisa?
2. O'z – o'zidan fokuslanish qanday hodisa?
3. Bryuster qonunini tushuntiring.
4. Yorug'likning qaytishda, sinishda qutblanishini tushuntiring.
5. Kerr effekti deb nimaga aytiladi?

Mavzuning borishi

1. Yorug'lik yutilishi. Buger qonuni va uning qo'llanishi. Yorug'lik yutilish (absordsiya) deb moddadan o'tishda yorug'lik energiyasining yo'qotishiga aytiladi. Bunga sabab – yorug'lik energiyasining moddaning ichki energiyasiga aylanishi. Yutilish natijasida o'tayotgan yorug'likning intensivligi kamayadi.

Buger qonuni va uning qo'llanilishi. Moddadan o'tuvchi yorug'lik intensivligi $I = I_0 e^{-cd}$, I_0 - tushuvchi yorug'lik intensivligi, d - qalinlik, $d = 1/c$ bo'lsa, $I = I_0/e$.

Jismdan o'tayotgan yorug'lik intensivligini e marta kamaytiradigan qatlamning qalinligiga teskari bo'lgan kattalik yutilish ko'effitsiyentidir: $c=1/d$.

Yutilish ko'effitsienti modda xarakteristikasi bo'lib, u to'lqin uzunligi, temperatura kabi faktorlarga bog'liq.

2. Mutloq qora jism. Kirxgof qonuni. *Mutloq qora jism.* Avval ta'kidlaganimizdek, elektromagnit nurlanishiga elektr zaryadlarining, xususan moddaning atomlari va molekulalari tarkibiga kiruvchi zaryadlarning tebranishi sabab bo'ladi. Masalan, molekulalar va atomlarning tebranma va aylanma harakati infraqizil nurlanishni, atomda elektronlarning muayyan ko'chishlari ko'rinadigan va infraqizil nurlanishni, erkin elektronlarning tormozlanishi esa rentgen nurlanishini vujudga keltiradi.

Tabiatda elektromagnit nurlanishning eng katta tarqalgan turi issiqlik nurlanishi bo'lib, u moddaning atomlari va molekulalarining issiqlik harakati energiyasi hisobiga bo'lib, nurlanayotgan jismning sovushiga olib keladi. Issiqlik nurlanishida energiya taqsimoti temperaturaga bog'liq: past temperaturada issiqlik nurlanishi asosan infraqizil nurlanishdan, yuqori temperaturalarda ko'rinadigan va ultrabinafsha nurlanishdan iborat.

Har qanday jism o'z nurlanishi bilan birga jismlar chiqarayotgan nur energiyasining bir qismini yutadi. Bu jarayon nur yutish deyiladi. Biror yuza orqali o'tayotgan F oqim deb vaqt birligi ichida shu yuzadan o'tayotgan nurlanish energiyasi tushuniladi. $F = dW/dt$.

Shu sababdan issiqlik nurlanishini muvozanatli nurlanish deb yuritiladi. qobiq ichida 2 ta bir xil temperaturadagi jism bo'lsin. Agar jismlardan biri ko'proq energiya yutayotgan bo'lsa, bu jismning temperaturasi ortib ketadi. Buning evaziga 2-jismning T si kamayib ketishi kerak. Lekin bu termodinamikaning 2 - qonuniga zid. Aytaylik 1 - jism oddiy, 2 - jism absolyut qora jism bo'lsin:

nur chiqarish: 1: e_T 2: E_T ; nur yutish: a_T 1

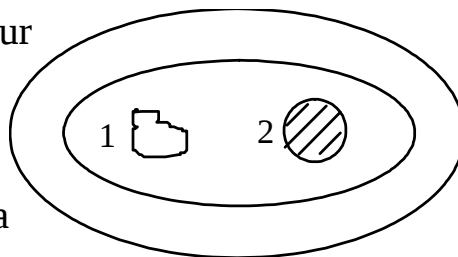
1-jism 2-jism nurlantirgan energiyaning a_T qismini, ya'ni $a_T E_T$ energiyani yutadi. Demak, 1 - jism uchun $e_T = a_T E_T$. 2-jism 1-jism chiqargan e_T energiyani va bu jism qaytargan $(1 - a_T) E_T$ energiyani yutadi, ya'ni 2-jism uchun

Bulardan $E_T = e_T + (1 - a_T) E_T$; $e_T / a_T = E_T / 1 = E_T$.

Kirxgof qonuni. Bu Kirxgofning integral qonunidir: har qanday jismning muayyan temperaturadagi to'la nur chiqarish va nur yutish qobiliyatining nisbati o'zgarmas kattalik bo'lib, u ayni temperaturadagi absolyut qora jismning to'la nur chiqarish qobiliyatiga teng.

Agar ikkala jism oralig'idan $+d$ gacha to'lqin uzunlikdagi nurlanishni o'tkazib, qolganlarini qaytaradigan filtr joylashtirsak Kirxgofning differensial qonunini olamiz $e_{lT}/a_{lT} = E_{lT}$.

Ixtiyoriy jismning nur chiqarish va nur yutish qobiliyatining nisbati bu jismning tabiatiga bog'liq bo'lmay, barcha jismlar uchun to'lqin uzunlik va temperaturaning universal funksiyasidir va u absolyut qora jismning nur chiqarish qobiliyati e_T ga tengdir.



Issiqlik nurlanish nazariyasining eng asosiy vazifasi absolyut qora jism uchun $e = e(l, T)$ ning ko'rinishini topishdir.

3. Stefan-Bol'tsman va Vin qonunlari. Absolyut qora jismning to'la nur chiqarish qobiliyati temperaturaning 4 darajasiga proporsionaldir (Stefan-Bol'tsman)

$$E_T = sT^4, \quad s = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ BT/M}^2 \text{K}^4.$$

Bu formulani Stefan tajriba natijalarini tahlil qilish natijasida topdi, lekin xato qilib ixtiyoriy jism uchun o'rinli deb hisobladi. Bol'tsman bu qonunni termodinamik metod asosida topdi va absolyut qora jism uchun o'rinli ekanligini ko'rsatdi. Ba'zi ishlarda bu qonunni ixtiyoriy jism uchun

o'rinli ko'rinishini topishga harakatlar bo'ldi: $E_T = BT^n$, lekin V ham p ham turli xil temperaturalar uchun turlicha bo'lib chiqaverdi. Uzunligiga bog'liqligi (spektral taqsimot) turli T lar uchun keltirilgan.

1. Unda absolyut qora jism nurlanish spektri uzluksizligi,
2. Har bir temperaturaga oid bo'lgan nurlanishning energetik taqsimotini ifodalovchi egri chiziqda aniq maksimum bo'lib, u temperatura oshgan sari qisqa to'lqin sohasiga siljishi ko'rinib turibdi.

Vinning siljish qonuni: absolyut qora jism nur chiqarish qobiliyatining maksimumiga mos keluvchi m to'lqin uzunligining temperaturaqa ko'paytmasi o'zgarmas kattalikdir: $\lambda_m T = b$.

4. Reley-Jins va Plank formulasi. Reley-Jins absolyut qora jism nurlanish energiyasi uchun quyidagi tenglamani berdi. Bu tenglama klassik fizikaning termodinamika qonunlariga asoslangan bo'lib, u quyidagi ko'rinishga ega:

$$f(\omega, T) = \omega^2 / 4\pi^2 c^2 k T$$

Reley – Jins formulasi asosida mutloq qora jismning nur chiqorish energetik funksiyasi tajribada olingan Stefan-Bol'tsman va Vin qonunlari bilan solishtirganda bu qonuniyatlar chastotaning kichik qiymatlarida o'zaro mos tushib, chastotaning katta qiymatlarida esa tajribada olingan natijalar chekli qiymatga ega. Holbuki, Reley-Jins formulasi asosida olingan natija uchun nurlanish funksiyasi cheksizlikka intiladi. Bu hodisa ko'rsatadikim, mutloq qora jismning nur chiqara olish qobiliyati klassik fizika qonunlariga bo'ysunmaydi.

Mutloq qora jismning nurlanish qobiliyatini xarakterlash uchun 1905- yilda nemis olimi M.Plank yorug'likning kvant nazariyasini beradi va bu nazariya asosida mutloq qora jismning nur chiqara olish funksiyasini aniqlab beradi.

Plank formulasiga ko'ra, bu funksiya quyidagicha aniqlanadi.

$$f(\omega, T) = \frac{h \omega^3}{4 \pi^2} \frac{1}{e^{h \omega / kT} - 1} ; \quad R_{\omega}^* = \frac{h}{4 \pi^2 c^2} \left(\frac{kT}{h} \right)^4 \int_0^{\infty} \frac{x^3 dx}{e^x - 1}$$

Keyingi ifodadagi aniq integralni hisoblab chiqarish mumkin. U $\pi^4/15 \approx 6,5$ ga teng. Uning qiymatini o'z o'rniga qo'yib, Stefan-Bol'tsman qonunini hosil qilamiz: $R_{\omega}^* = \pi^2 k^4 / 60 c^2 h^3 = T^4 = \sigma T^4$; $T \lambda_m = 2 \pi h c / 4,965 k = b$

h , c va k larning son qiymatlarini qo'yish b uchun eksperimental qiymat bilan mos tushuvchi $2,90 \cdot 10^3 \text{ mk} \cdot \text{grad}$ ni beradi.

Shunday qilib, Plank formulasi muvozanatli issiqlik nurlanishining tugallangan ifodasini beradi.

5. Issiqlikni o'lchovchi optik asboblari va ularning qo'llanilishi.
Issiqlik nurlanish qonunlariga asoslanib yuqori temperaturalarni o'lchash usullari optik pirometriya deyiladi.

Radiatsion pirometr. Stefan - Bol'tsman qonuniga asoslanib absolyut qora jismning temperaturasi ($E_T = \sigma T^4$ $T = \sqrt[4]{E_T / \sigma}$) topsa bo'ladi. Lekin jismlar odatda absolyut qora bo'lmaydi. Agar bu ifodadagi E_T o'rniga absolyut qora bo'lmagan ixtiyoriy jismning e_T si qo'yilsa, jismning haqiqiy temperaturasi emas, radiatsion temperaturasi aniqlangan bo'ladi. Demak, radiatsion temperatura deganda to'la nur chiqarish qobiliyati absolyut qora bo'lmagan jismning e_T sig'a teng bo'lganda absolyut qora jism erishishi kerak bo'lgan temperatura topiladi.

$$T_{pad} = \sqrt{\frac{e_T}{\sigma}} \quad \frac{T}{T_{pad}} = \sqrt{\frac{E_4}{e_4}} = \frac{1}{\sqrt[4]{a_T}} \quad T = \frac{T_{pad}}{\sqrt[4]{a_T}}$$

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Yorug'lik dispersiyasi deb nimaga aytiladi?
2. Yorug'lik dispersiyasini birinchi marta kim va nechanchi yilda eksperiment qilgan?
3. Dispersiya elektron nazariyasini tushuntirib bering.
4. Buger qonuni formulasi qanday?
5. Yorug'likning yutilishi (absorbsiya) deb nimaga aytiladi?
6. Yutilish koeffitsiyenti deb nimaga aytiladi?
7. Vavilov-Cherenkov hodisalarini gapirib bering.
8. Doppler hodisalarini gapirib bering.
9. Energetik yorqinlik nima?
10. Absolyut qora jism nurlanishni gapirib bering.
11. Stefan - Bol'tsman va Vin qonunini aytib bering.
12. Reley - Jins formulasini keltirib chiqaring.

Uyga vazifa

Vavilov - Cherenkov nurlanishi. Doppler effekti. Nurlanish va yutulish spektrlari. Reley - Jins formulasini internet saytlardan bazasini to'ldirish. Plank formulasida Stefan-Bolt'sman va Vin qonunlarini keltirib chiqoring.

25 - MA'RUZA. KVANT NAZARIYA. FOTOEFFEKT HODISSASI. YORUG'LIK BOSIMI VA KOMPTON EFFEKTI.

Reja:

1. Issiqlik nurlanishning kvant nazariyasi. Kvant parametrlari. Issiqlik nurlarining oqimi.
2. Fotoeffekt qonuniyatlari. Tashqi fotoeffekt.
3. A.G.Stoletov tajribalari va qonunlari. Eynshteyn tenglamasi.
4. Yorug'likning bosimi. P.N.Lebedev tajribasi. Kompton effekti.

Tayanch iboralar: kvant nazariyasi, yutilish qobiliyati, nurlanish oqimi, plank doimiysi, fotoeffekt hodisasi, tashqi va ichki fotoeffekt, Eynshteyn tenglamasi, Stoletov tajribasi, fotonlar energiyasi, fotonlar massasi, fotonlar impulsi, Kompton effekti.

Ko'rgazmali qurollar: animatsion dasturlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Issiqlik nurlanishi to'g'risida so'zlab bering.
2. Energetik yorqinlik nima?
3. Absolyut qora jism nurlanishni gapirib bering.
4. Kirxgof qonunini aytib bering.
5. Stefan – Bol'tsman qonunini aytib bering.
6. Vin qonunini aytib bering.
7. Reley – Jins formulasini keltirib chiqaring.

Mavzuning borishi

1. Issiqlik nurlanishning kvant nazariyasi. Kvant parametrlari. Issiqlik nurlarining oqimi. Yorug'likning tabiati haqidagi masala fiziklar oldida turgan eng katta muammolardan biri edi. Bu muammo, ayniqsa, issiqlikda nurlanishni o'rganish jarayonida yaqqol namoyon bo'ldi. Uni yechish yo'lida dadil g'oyani ilgari surgan nemis fizigi M.Plank 1900 – yilda “energiya faqat kichkina porsiyalar, ya'ni kvantlar ko'rinishida chiqariladi va yutiladi”, degan fikrni bildirdi. 1905 yilda A.Eynshteyn fotoeffekt hodisasi uchun o'z formulasini yozib, Plank gipotezasini yanada rivojlantirdi.

Yorug'likning har ikkala tabiatini ham tasdiqlovchi hoddisalarning mavjudligi, u har ikkala xususiyatga ham ega emasmikan, degan fikrning tug'ilishiga sabab bo'ldi. Bu – yorug'likning korpuskular to'lqin dualizimining paydo bo'lishiga olib keladi.

Kvant parametrlari. Plank gipotezasi yorug'lik kvanti haqidagi tuhsunchaning paydo bo'lishiga olib keladi va u **foton** deb nom oldi. Foton quyidagi xarakteristikalariga ega.

Fotonning energiyasi: $E = h\nu = hc / \lambda$,

massasi $m = E / c^2 = h\nu / c^2 = h / c\lambda$, impulsi $p = mc = h\nu / c = h / \lambda$

Yuqoridagi ifodalarda $v=c/\lambda$ ekanligi e'tiborga olingan. $c = 3 \cdot 10^8$ m/s – yorug'likning bo'shliqdagi tezligi.

Foton yorug'lik tezligiga teng bo'lgan tezlik bilan harakatlanadi. Uni sekinlashtirib ham, tezlatib ham bo'lmaydi. Shuning uchun fotonning tinchlikdagi massasi to'g'risida gapirish ma'noga ega emas.

Issiqlik nurlarining oqimi Nurlanish oqimi F biror plastinkaga tushayotgan bo'lsin. Bu oqim qisman qaytadi (F_q) qisman jismda yutiladi (F_{yu}), qolgani jismdan o'tadi ($F_{o'}$), ya'ni $F_q + F_{yu} + F_{o'} = F$; $F_q/F = r$ - jismning nur qaytarish qobiliyati;

$F_{yu}/F = a$ - jismning nur yutish qobiliyati; $F_{o'}/F = D$ - jismning nur o'tkazish qobiliyati;

$r + a + D = 1$; Nisbatan qalinroq bo'lgan jismlar uchun

$D=0$ va $r + a = 1$,

Tajribalarning ko'rsatishicha $r_{l,T}$ va $a_{l,T}$ larning funksiyasidir $r_{l,T} + a_{l,T} = 1$

Umuman $r_{l,T}$ va $a_{l,T}$ larning qiymatlari 0 dan 1 gacha o'zgaradi.

1) $r_{l,T} = 1$ $a_{l,T} = 0$ nur to'la qaytariladi (absolyut oq jism);

2) $r_{l,T} = 0$ $a_{l,T} = 1$ nur to'la yutiladi (absolyut qora jism).

Tabiatda absolyut oq jism ham, absolyut qora jism ham bo'lmaydi. Har qanday jism tushayotgan nurlanishning bir qismini yutsa, qolgan qismini qaytaradi. Farqi shundaki, ba'zi jismlar ko'proq qismini yutib ozrog'ini qaytarsa, boshqa jismlar ko'prog'ini qaytarib ozrog'ini yutadi. Masalan, qora kuya uchun $l = 0,40$ mkm; $0,75$ mkm sohada $a_{l,T} = 0,99$.

2. Fotoeffekt qonuniyatlari. Tashqi fotoeffekt.

Fotoeffekt - yorug'lik ta'sirida jismdan elektron ajralib chiqishidir. Bu hodisani birinchi bo'lib, 1887 yilda

G.Gerts kuzatgan va uni miqdoran A.Stoletov tekshirgan. 1898 yilda Lenard va Tomson

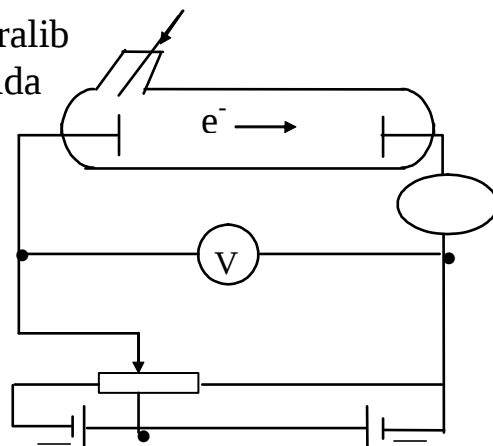
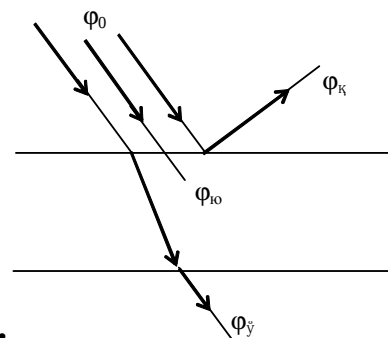
fotoeffekt natijasida katoddan ajralib chiquvchi zarra elektron ekanligini zarralarning magnit maydonida oqishiga asoslanib aniqladi.

Fotoeffekt hodisasini o'rganish uchun havosi so'rib olingan shisha idish, uning ichidagi katod va anod plastinkalari olinadi. O'tkazilgan

tajribalar natijasida rasmdagi Volt – Amper xarakteristikasi olingan. Fotoeffektning 4 ta asosiy qonuni bor:

1. Muayyan fotokatodga tushayotgan yorug'likning spektral tarkibi o'zgarmas bo'lsa, fototokning to'yinish qiymati yorug'lik oqimiga to'g'ri proporsional.

2. Muayyan fotokatoddan ajralib chiqayotgan fotoelektronlar boshlang'ich tezliklarining maksimal qiymati yorug'lik intensivligiga bog'liq



emas. Yorug'likning to'lqin uzunligi o'zgarsa, fotoelektronlarning maksimal tezliklari ham o'zgaradi.

3. Har bir fotokatod uchun biror "qizil chegara" mavjud bo'lib, undan kattaroq to'lqin uzunlikli yorug'lik ta'sirida fotoeffekt vujudga kelmaydi. λ_q ning qiymati yorug'lik intensivligiga mutlaqo bog'liq emas, u faqat fotokatod materialining ximiyaviy tabiatiga va sirtining holatiga bog'liq.

4. Yorug'lik fotokatodga tushishi va fotoelektronlarning hosil bo'lishi orasida sezilarli vaqt o'tmaydi.

Tashqi fotoeffekt. Yorug'lik ta'sirida elektronlarning moddalardan ajralib chiqish hodisasi *tashqi fotoeffekt* deyiladi. Bu hodisani 1887 yilda G/Gers kashf qilingan va u 1890 yilda rus fizigi Stoletov tomonidan o'rganilgan. Agar atom yoki molekuladan ajratib olingan elektron moddaning ichida erkin elektronlar sifatida qolsa, bunday hodisaga *ichki fotoeffekt* deyiladi.

3. A.G.Stoletov tajribalari va qonunlari. Eynshteyn tenglamasi. O'tkazgan juda ko'p nozik tajribalari asosida Stoletov fotoeffektning quyidagi qonunlarini aniqladi.

1. To'yinish fototokning kuchi katodga tushayotgan yorug'lik oqimiga proporsional: $I_k = k \cdot \Phi_e$ ya'ni yorug'lik oqimi qancha katta bo'lsa fototok ham shuncha katta bo'ladi. Bu yerda k – katod materialining yorug'likni sezishini xarakterlovchi koeffitsiyent.

2. Fotoelektronlarning kinetik energiyasi tushayotgan yorug'likning chastotasiga to'g'ri proporsional va yorug'lik oqimiga bog'liq emas.

3. Tushayotgan yorug'lik intensivligi qanday bo'lishidan qat'i nazar, fotoeffekt ma'lum chastotadan (to'lqin uzunligidan) boshlab ro'y bera boshlaydi va bu chastota katodning qanday materialdan yasalganiga bog'liq.

Eynshteyn tenglamasi. Yorug'likning to'lqin nazariyasi va fotoeffekt orasida yuqorida bayon qilingan mos kelmasliklar mavjud. Shuning uchun 1905 yilda A.Eynshteyn yorug'likni kvant nazariyasini taklif qildi. Eynshteyn Plank nazariyasini yorug'likka nisbatan qo'llab, yorug'lik kvantlar tariqasida nurlanibgina qolmay, balki yorug'lik energiyasining tarqalishi ham, yutilishi ham kvantlashgan bo'lishini ta'kidladi. Bunda yorug'lik fotonlar (yorug'lik zarralari) sifatida qaraladi. $h\nu$ energiyaga ega bo'lgan foton o'z energiyasini metalldagi elektronga beradi. Agar bu energiya yetarlicha katta bo'lsa, metalldan elektron ajralib chiqadi. Energiyaning qolgan qismi esa metalldan tashqariga chiqib olgan elektronning maksimal kinetik energiyasi sifatida namoyon bo'ladi. Buni $h\nu = A_r + m\vartheta_{\max}^2/2$ ko'rinishda ifodalash mumkin. Bu tenglama Eynshteyn tenglamasi deb ataladi.

Eynshteyn tenglamasi fotoeffektning barcha qonunlarini tushuntira oladi. Xususan qizil chegara uchun $h\nu = A_r$.

4. Yorug'likning bosimi. P.N.Lebedev tajribasi. Kompton effekti.

Yorug'likning bosimi. Maksvell nazariyasiga binoan, jism sirtiga tushayotgan har qanday elektromagnit to'lqin jismga bosim beradi. Bu bosim $P=w(1+\rho)$, w - sirtga tushayotgan yorug'lik dastasi energiyasining hajmiy zichligi, ρ - sirtning yorug'lik qaytarish koeffitsiyenti. Yorug'lik bosimini birinchi bo'lib 1900 yilda P.N.Lebedev tajribada aniqladi: osongina buriladigan parrakning qanotlaridan biri qoraytirilgan, ikinchisi esa yaltiroq qilib yasalgan. Bu qanotlarni navbatma-navbat yoritish natijasida hosil bo'ladigan parakklarning buralishlari taqqoslanadi. Yaltiroq sirt uchun $\rho=1$. Shuning uchun $P_{\text{я}} = (1+\rho)=2w$. Yorug'likni to'la yutuvchi qoraytirilgan sirt uchun $\rho=0$. Natijada $P_{\text{x}} = (1+\rho)=w$

Nisbati $P_{\text{я}} / P_{\text{x}} = 2$. Tajriba bu natijani tasdiqlaydi.

Yorug'lik bosimini kvant tasavvurlar asosida ham tushuntirish mumkin.

P.N.Lebedev tajribasi. Yorug'likning bosimini birinchi bo'lib o'lchash 1899 – yilda rus fizigi Lebedevga nasib etgan. Yorug'likning qattiq jismlarga ko'rsatadigan bosimini o'lchash uchun o'tkazgan tajribasining sxemasi ko'rsatilgan. Qurilma havosi so'rib olingan idishda o'rnatilgan bo'lib, ingichka ipga osib qo'yilgan va “qanotchalar” biriktirilgan yengil osmadan iborat. Qanotchalar qalinligi 0,01mm dan 0,1 mm gacha bo'lgan oq va qoraytirilgan disklar shaklida bo'ladi. Ular osma atrofida aylandigan o'qqa nisbatan simmetrik qilib o'rnatilgan. Tushgan yorug'lik oq va qoraytirilgan diskarga turli xil bosim ko'rsatadi. Natijada osmani tutib turgan ingichka ip aylantiruvchi moment ta'sirida buraladi. Yorug'likning bosimi aynan shu ipning burilish burchagi yordamida aniqlanadi. O'z navbatida, bu burilish qanotchalariga tushayotgan yorug'likning bosimi mavjudligini, bu bosim jism sirtining qaytara olish qobiliyatiga va tushayotgan yorug'lik oqimiga bog'liqligini ko'rsatadi.

Kompton effekti. Yorug'likning korpuskulyar xossalari Kompton effektida yorqin nomoyon bo'ladi. Amerikalik fizik Kompton 1923 yilda yengil atomli moddalarda monoxromatik rentgen nurlarining sochilishini o'rganayotib, sochilgan nurlanish tarkibida birlamchi to'lqin uzunlikli nurlanish bilan birga kattaroq to'lqin uzunlikli nurlanish borligini aniqladi. Tajribalar $\Delta\lambda=\lambda'-\lambda$ farq tushuvchi nurlanishning to'lqin uzunligi λ , sochuvchi jismga bog'liq bo'lmay, faqat sochilish burchagi θ ga bog'liqligini ko'rsatdi: $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 2 d_c \sin^2 \theta/2$ bu yerdagi d_c kompton doimiysi deb ataladi va $d_c=2,41 \cdot 10^{-12}$ m ga teng. Rasmda ko'rsatilgan D_1 , D_2 diafragmalardan o'tgan ingichka rentgen nurlari K_r kristallga tushadi. Sochilgan nurlanishni S_n –spektrograf yordamida tekshirish mumkin. Nurlanish yo'nalishda ($\theta=0$) λ o'zgarmaydi, boshqa yo'nalishlarda $\Delta\lambda \sim \sin^2 \theta/2$.

Shunday qilib, Kompton effekti deb nurlanish (rentgen, γ - nurlanish) moddaning erkin elektronlarida sochilishi natijasida to'qin uzunligining ortishiga aytiladi.

To'liq nazariya nuqtai nazaridan bu hodisani tushintirib bo'lmaydi. Elektron yorug'lik to'liqini ta'sirida shu to'liqin chastotasiga teng chastota bilan tebranishi va shu chastotaga teng to'liqin nurlantirishi kerak. Kvant nuqtai nazariga ko'ra rentgen fotonlarining kristall elektronlari bilan ta'sirlashganda yuqoridagi ifoda hosil bo'ladi bunda $d_c = h/m_0c$. hisob-kitoblar d_c uchun yuqoridagi son qiymatini beradi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Kvant fizikasi qanday muammolarni o'rgatadi?
2. Yorug'lik qanday xususiyatga ega bo'ladi?
3. Plank gipotezasini ta'riflab bering.
4. Plank doimiysi va uning fizik ma'nosini aytib bering.
5. Plank gipotezasiga muvofiq atomlarning nurlanish energiyasi qanday bo'ladi?
6. Fotoeffekt deb nimaga aytiladi?
7. Stoletov tajribasini tushuntiring.
8. Yorug'lik bosimini birinchi bo'lib kim va qachon aniqlangan?
9. Nima uchun Lebedev qurilmasi havosi so'rib olingan idishda o'rnatgan?
10. Kompton effektini tushuntiring.

Uyga vazifa

Kompton effekti. Stoletov qonunlarining talqini. Lebedev tajribasining ahamiyati.

26 - MA'RUZA. MODDANING TO'LIQIN XUSUSIYATLARI. ATOM TUZILISHI. ATOM SPEKTRLAR. KO'P ELEKTRONLI ATOMLAR.

Reja:

1. De-Broyl gipotezasi. De – Broyl to'liqin uzunligi va uning xossalari.
2. Mikrozaralar to'liqin xususiyatlarining amaliy isboti. Geyzenbergning aniqmaslik ifodasi.
3. Rezerford tajribasi. Atomning polenar modeli va uning kamchiliklari.
4. Bor postulatlari. Frank-Gers tajribasi.
5. Ridberg doimiysi va uning fizikaviy ma'nosi. Atom spektrlari.
6. Chiziqli spektrlar. Bor nazariyasining kamchiliklari.
7. Ishqoriy metallarning spektrlari.

Tayanch iboralar: De-Broyl gipotezasi, to'liq uzunligi, mikrozarlar to'liq xususiyatlari, Rezerford tajribasi, bor nazariyasi, Frank-Gers tajribasi, Ridberg doimiysi, bor nazariyasining kamchiliklari, spin to'g'risida tushuncha, bosh seriya, aniq seriya, diffuz seriya va asosiy seriya, ko'p elektronli, energetik sathlar.

Ko'rgazmali qurollar: slaydlar, animatsion dasturlar plakatlari.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Fotonlar impulsi, massasi va energiyasi qanday aniqlanadi?
2. Yorug'likning bosimi haqidagi fikr qanday paydo bo'ladi?
3. Yorug'lik bosimini birinchi bo'lib kim va qachon aniqlangan?
4. Nima uchun Lebedev qurilmasi havosi so'rib olingan idishda o'rnatgan?
5. Kompton effektini tushuntiring.

Mavzuning borishi

1. De-Broyl gipotezasi. De – Broyl to'liq uzunligi va uning xossalari. *De-Broyl gipotezasi.* Frantsuz fizigi Lui-de-Broyl yorug'lik tabiati to'g'risidagi dualistik ya'ni korpuskulyar va to'liq xususiyatlari to'g'risidagi fikrni rivojlantirib 1924 yilda korpuskulyar to'liq dializmining universalligi to'g'risidagi gipotezani ilgari surdi. Bunga ko'ra nafaqat fotonlar yoki elektronlar emas balki materiyaning istalgan zarrachalari bir vaqtning o'zida ham korpuskulyar ham to'liq xususiyatiga egadir.

De – Broyl to'liq uzunligi va uning xossalari. De- Broylga ko'ra har qanday mikroob'ekt bir tomondan korpuskulyar xarakterga E - energiyasi va P - impulsi bilan; boshqa tomondan esa to'liq xarakteristikasi v - chastota va λ - to'liq uzunligi bilan bog'landi. U holda elektrmagnit nurlanish fotonlari uchun o'rinli bo'lgan quyidagi $E = h\nu, P = \frac{hc}{\lambda}$ munosabatni moda zarralari uchun ham qo'llash mumkin. Shuning uchun massasi m , tezligi v (ya'ni impulsi $P=mv$) bo'lgan zarrachaning harakatlanish jarayonida uzunligi $\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{mv}$ bo'lgan to'liqlarning xususiyatlari namoyon bo'lishi kerak, degan xulosaga keladi. Ifodani De Broyl formulasi deb, λ ni esa De - Broyl to'liq uzunligi deb atash odat bo'lgan. De -B royl gipotezasining to'g'riligi ko'pgina tajribalarda tasdiqlandi.

2. Mikrozarlar to'liq xususiyatlarining amaliy isboti. Geyzenbergning aniqmaslik ifodasi. *Mikrozarlar to'liq xususiyatlarining amaliy isboti.* De - Broyl gipotezasi to'g'ri bo'lsa, elektronlar uchun difraksiya hodisasini kuzatish lozim. Haqiqatan, 1927 yilda Devisson va Jermer tajribasida bu fikr tasdiqlandi. Bu tajribaning sxemasi.

Qizdirilgan K katoddan chiqqan termoelektronlar katod va A anod oralig'idagi elektr maydon ta'sirida tezlatiladi. Elektronlar dastasi D_1 va D_2 diafragmalar yordamida ingichka dasta yordamida Kr kirstallga undan sochilgan elektronlar esa ionzatsion kamera (IK) ga tushadi. Ionizatsion kamerada vujudga kelgan tok galvanometr yordamida o'lchanadi. Tajribada ionizatsion kamerani siljitish yordamida turli burchaklar ostida sochilgan elektronlarni qayd qilish imkoniyati mavjud edi. Tajribalar natijasi shuni ko'rsatdiki, sochilish burchagining o'zgarishi bilan ionizatsion kameradagi tok kuchi monoton ravishda o'zgarmaydi, balki bir qator maksimumlar kuzatiladi.



Keyinchalik, elektronlar difraktsiyasi boshqacha usullar bilan o'tkazilgan tajribalarda ham kuzatiladi. Xususan P.S. Tartakovskiy ham Tomson va Reyd juda yupqa metall folga (zar) orqali o'tish jarayonida vujudga kelgan elektronlar difraktsiyasini tekshirdilar.

Geyzenbergning aniqmaslik ifodasi. Ma'lumki zarachalarni koordinata va tezlik parametrlarni orqali xarakterlash mumkin. Bu parametrlar orasida munosabatni Geyzenberg tomonidan aniqlangan.

v tezlik bilan tirqish tomon uchib borayotgan zarrachalarning tirqishdan o'tish paytida OX o'q yo'nalishida oladigan vaziyati tirqishning kengligi qadar aniqlik bilan belgilanadi deyishimiz kerak bo'ladi. Elektron bilan o'q yo'nalishidagi vaziyatini aniqlashdagi qiymatini Δx bilan begilasak,

$$\Delta x = d \quad \text{bo'ladi.}$$

Agar markaziy maksimumga kelib tushadigan elektronlarnigina hisobga olsak, harakat miqdorining OX o'q yo'nalishiga tushirilgan p_x proektsiyasining son qiymati.

$$0 \leq p_x \leq p \sin \varphi$$

$$\sin \varphi = \lambda/d$$

Binobarin, tirqishdan o'tayotgan elektronlar shu'lasining OX o'q yo'nalishidagi harakat miqdorini baholashda yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan, xato Δp_x quyidagicha deya olamiz u vaqtda

$$\Delta p_x \cong p \frac{\lambda}{d}$$

De - Broyl

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$\Delta p_x \cong \frac{h}{d}$$

d - koordinatani aniqlashdagi Δx qo'yimga barobar bo'lganligi sababli, so'nggi tenglikdan

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \cong h$$

boshqa yo'nalishda $\Delta x \cdot \Delta p_x \cong h$, $\Delta y \cdot \Delta p_y \cong h$, $\Delta z \cdot \Delta p_z \cong h$,

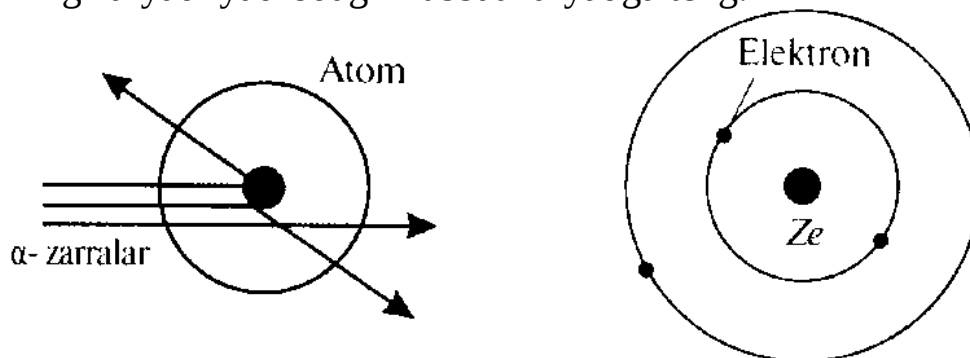
Geyzenbergni aniqmaslik ifodasi energiya va vaqtga ham tegishli

$$\Delta \tau \cdot \Delta E \geq h$$

ΔE zarachani energiyasini aniqlashda yo'l qo'yiladigan xatolik $\Delta \tau$ -esa zarachani berilgan E enegetik sathda bo'lish vaqtini aniqlashda yo'l qo'yiladigan xatolik.

3. Rezerford tajribasi. Atomning polenar modeli va uning kamchiliklari. *Rezerford tajribasi.* Rezerfordning o'z oldiga qo'ygan maqsadini tushunish uchun atomning Tomson modelini oddiy tarvuz sifatida tasavvur qilaylik: tarvuzning go'shti musbat zaryadlari bo'lsa, danaklari elektronlar bo'lsin. Bunda ishonch hosil qilish uchun qanday yo'l tutish kerak? Bunday tarvuzni parchalab bo'lmaydi, chunki u juda kichik, kattaligi 10^{-10} m. Yagona yo'l tarvuzga undan ham kichikroq jismlarni yo'naltirish, ya'ni uni nishonga olib otish, tarvuzni teshib o'tgan o'q uning ichki tuzilishi haqida ma'lumot beradi. Bordi – yu, tarvuzning markazi tomon yo'nalgan o'qlar uni teshib o'tmasdan orqaga qaytsa – chi? Bunda qanday xulosa chiqariladi? Demak, uning markazida o'q teshib o'ta olmaydigan, og'ir o'zak bo'lmog'i kerak. Aks holda o'q orqaga qaytmas edi. Endi Rezerford tajribasining sxemasi bilan tanishaylik. Rezerford tajribasida atomga α – zarralar oqimi yo'naltirladi. α – zarraning zaryadi $+2e$ ga, massasi esa $6,64 \cdot 10^{-27}$ kg ga teng. Manba tor tirqishi qo'rg'oshin idishda joylashtirilgan bo'lib, zarralar ma'lum yo'nalishdagina chiqariladi va boshqa yo'nalishdagilarini qo'rg'oshin devorlar yutib qoladi. α – zarralarning yo'lga perpendikular qilib $1 \mu\text{m}$ qalinlikdagi oltin qog'oz qo'yilgan. Oltin qog'ozdan o'tgan α – zarralarning yo'nalishi ekran yordamida qayd qilingan. Rezerford o'z tajribasida α – zarralarning bir qismi dastlabki yo'nalishda ma'lum burchaklarga og'ishini va hatto oltin qog'ozdan qaytuvchi zarralar ham bo'lishini qayd etgan. Garchi bunday hol 10 000 ta zarradan bittasida kuzatilsa – da,

Atomning yadroviy modeli. Tariba natijalari asosida Rezerford 1911-yilda atomning yadroviy (planetalar) modelini taklif qildi. Ushbu modelga ko'ra atom jajigina quyosh sistemasidek tasavvur qilinadi. Elektronlar yadro atrofida (yopiq) orbitalar – atomning elektron qobig'i bo'ylab harakatlanadi va ularning zaryadi yadrodagi musbat zaryadga teng.



Taklif qilingan model atomning tuzilishi haqida to'la xulosa chiqarishga imkon beradimi? Afsuski, yo'q.

Atomning Rezerford modeli klassik mexanika va elektrodinamika qonunlari bilan qarama-qarshi bo'lib olmadi. Kelgusi mavzuda ushbu muammolarga batafsilroq to'xtalamiz.

4. Bor postulatlar. Frank - Gers tajribasi. *Bor postulatlar.* 1913-yilda Rezerfordning yadroviy modeliga kvant nazariyasi tatbiq etilib, tajriba natijalarini to'la tushuntirib bera oladigan vodorod atomi nazariyasi yaratildi. Umuman olganda, kattaliklarning istalgan emas, balki ma'lum qoidaga bo'ysunuvchi tanlangan qiymatlarni qabul qilish kvantlanish deyiladi. Kvantlanish asosida yaratilgan nazariyaga esa kvant nazariyasi deyiladi.

Statsionar (turg'un) holatlar haqidagi postulat: atomda statsionar holatlar mavjud bo'lib, bu holatlarga elektronlarning statsionar orbitalari mos keladi.

Elektronlar faqat shu statsionar orbitalarda bo'lib, hattoki tezlanish bilan harakatlanganlarida ham nurlanish chiqarmaydilar. $m_e v_n r_n = n\hbar$, bu yerda m_e – elektronning massasi; r_n – n – orbitaning radiusi; v_n – elektronning shu orbitadagi tezligi; $m_e v_n r_n$ – elektronning shu orbitadagi impuls momenti; n – nolga teng bo'lmagan ($n \neq 0$) butun son, unga bosh kvant soni deyiladi; $\hbar = h/2\pi$ (h – plank doimiysi).

Chastotalar haqidagi postulat: elektron bir statsionar orbitadan ikkinchisiga o'tgandagina, energiyasi shu statsionar holatlardagi energiyalarining farqiga teng bo'lgan bitta foton chiqaradi (yoki yutadi): $h\nu = E_n - E_m$, bu yerda E_n va E_m – mos ravishda elektronning n - va m - statsionar orbitalardagi energiyalari.

Frank - Gers tajribasi. Nemis fizigi D. Frank va G.Gers elektronlarning gaz atomlari bilan to'liqnashuvini tutuvchi potentsiallar usulida o'rganib 1913 – yil, atom energiyasi qiymatlarining diskretligini tajribada isbotladilar. Simob bug'lari bilan to'ldirilgan, hovasi so'rib olingan nayda katod (K), anod (A) va to'rlar (T_1 va T_2) bo'gan. Frank va Gers tajribalarining ko'rsatishicha, simob atomlari bilan to'qnashgan elektron o'z energiyasining faqat ma'lum qismini ularga berishi mumkin. Bu energiya 4,86 eV teng bo'lib, asosiy holatdagi simob atomi yutilishi mumkin bo'lgan eng kichik energiya porsiyasidir. Shunday qilib, atomda statsionar holatlar mavjudligi haqidagi bor nazariyasi tajribada to'la isbotlangan.

5. Ridberg doimiysi va uning fizikaviy ma'nosi. Atom spektrlari. *Ridberg doimiysi va uning fizikaviy ma'nosi.* Ridberg doimiysining qiymati tajribada topilgan natijalar bilan to'la mos keldi. Bu esa vodorod atomi uchun Bor nazariyasi to'g'riligining yaqqol isbotidir. Bor nazariyasi? o'zi yaratilguncha atom fizikasida mavjud bo'lgan barcha muammolarni yechib

bo'lsa – da, atomning stasionar holatlari mavjudligi va energetik sathlarning diskret qiymatlarni qabul qilishi hali tajribada isbotlanmagan edi. Regderg doimiysi quyidagicha

$$R = \frac{m_e e^4}{8h^3 \epsilon_0^2}$$

Atom spektrlari. Rezerfordning yadroviy modeli fizikasining ulkan yutug'i bo'lsa – da, u atomning spektral qonuniyatlarini tushuntirib bera olmaydi. Bundan tashqari, bu model klassik mexanika va elektrodinamika qonunlariga zid bo'lib chiqdi.

Birinchidan, elektronni yadro atrofidagi orbita bo'ylab harakati chiziqli, ya'ni tezlanish bilan ro'y beradigan harakatdir. Bu harakat esa klassik elektrodinamika qonunlariga muvofiq elektron o'zidan nur chiqarishi kerak. Ya'ni harakat davomida elektronning energiyasi kamayadi, uning aylanish orbitasi kichrayadi va u yadroga yaqinlasha boradi. Boshqacha aytganda, ma'lum vaqtdan keyin elektron yadroga tushib, atom yo'qolishi kerak. Bu Rezerford modeliga muvofiq, atom nostabil sistema bo'lishini ko'rsatadi.

Amalda esa atomlar juda mustahkam sistema hisoblanadi.

Ikkinchidan, elektron atomga yaqinlashgan sari orbitasining radiusi kichraya boradi ($R \rightarrow 0$), tezligi esa o'zgarmaydi ($v = \text{const}$). Natijada tezlanishi $\left(\frac{mv^2}{R} \right)$ ortishi bilan elektronning nurlanish chastotasi ham uzluksiz ravishda ortishi va demak, uzluksiz nurlanish spektri tuzatilishi kerak. Biz esa ushbu mavzuda, tajribalar atomning nurlanish spektri uzlukli (chiziqli) ekanligini ko'rsatganini bildik.

6. Chiziqli spektrlar. Bor nazariyasining kamchiliklari. *Chiziqli spektrlar.* Elektron bir energetik sathdan ikkinchisiga o'tganida

$$h\nu = E_2 - E_1 = \frac{m_e e^4}{8h^2 \epsilon_0^2} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Energiyali foton chiqariladi yoki yutiladi. Agar elektron ikkinchi orbitadan foton ($n_2=2$) birinchisiga o'tsa ($n_1=1$), foton chiqiriladi. Teskari holda – yutiladi. Elektronni $n_1=1$ orbitadan $n_2 \rightarrow \infty$ o'tkazish uchun, boshqacha aytganda, elektronni atom yadrosidan ajratib olish (atomni ionlashtirish) uchun eng katta energiya sarflanadi. Bu energiyaning qiymati 13,53eV teng bo'lib, vodorod atomini ionlashtirish energiyasidir.

Demak, vodorod atomining asosiy holatidagi elektronning energiyasi 13,53 eV ga teng. Yuqorida ta'kidlaganimizdek, energiyasining manfiyligi elektronning bog'langan holatda ekanligini ko'rsatadi. Erkin holatdagi

elektronining energiyasi nolga teng deb qabul qilingan. Chiqariladigan yoki yutiladigan fotonning chastotasini yoki tolqin uzunligini aniqlash mumkin:

$$\nu = \frac{m_e e^4}{8h^3 \epsilon_0^2} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right); \quad \frac{1}{\lambda} = \frac{m_e e^4}{8h^3 \epsilon_0^2 c} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Ushbu formulalar seriyalar formulasi deyiladi. Ular yordamida vodorod atomi spektrining barcha seriyalarini hosil qilish mumkin.

Bor nazariyasining kamchiliklari. Bor nazariyasi atom fizikasi rivojlanishiga ulkan hissa qo'shib, kvant mexanikasining yaratilishida muhim qandam bo'lib xizmat qildi. U vodorod va vodorodsimon atomlarning spektrlar va spektral chiziqlarning chastotalarini hisoblashga imkon bergan bo'lsa – da, bu chiziqlarning intensivligini aniqlashga va u yoki bu o'tishlarning ro'y berishiga sabab nimaligini tushuntirishga ojizlik qild. Bor nazariyasining jiddiy inqirozi, aniqmas, eng soda elementlardan biri, vodoroddan bevosita keyingi element geliy atomining spektrini tushuntirish yo'lidagi urinishlarning muvaffaqiyatsizlikka uchrashida namoyon bo'ldi. Borning o'zi buning asosiy sababi – nazariyaning yarim klassik ekanligida, ya'ni, bir tomondan, kvant postulatlarini qo'llanilsa, ikkinchi tomondan klassik fizika qonunlarining qo'llanilishida, deb tan oldi. Atomning ichiga yanada dadilroq nigoz tashlash uchun yangi g'oya, yangi nazariyalarga muhtojlik tug'ildi.

7. Ishqoriy metallarning spektrlari. Spontan va majburiy nurlanishlar. *Ishqoriy metallarning spektrlari.* Ishqoriy metallar chiqarish spektrlari, vodorod spektri singari, bir necha seriyaga qarashli chiziqlardan tashkil topgan. Ulardan eng intensivlari bosh seriya, aniq seriya, diffuz seriya va asosiy seriyalarga bo'linadi.

Ishqoriy metallar seriyalarning chastotalarini hisoblashga imkon beruvchi empirik formulalarni bundan oldingi asr oxirlaridayoq Ridberg topgan. Bu formulalar hamma seriyalar uchun o'xshash bo'lib, quyidagi ko'rinishga ega:

$\omega = \omega_\infty - R/(n + \alpha)^2$ bunda ω_∞ - seriya chegarasiga mos keluvchi chastota, R – Ridberg doimiysi, n – butun son, α – kasr soni.

Aniq seriya: $\omega = S_\infty - R/(n + s)^2$ (n=4,5,.....) s-seriya momenti.

Bosh seriya: $\omega = R_\infty - R/(n + p)^2$ (n=3,4,.....)

Diffuz seriyasi: $\omega = D_\infty - R/(n + d)^2$ (n=3,4,.....)

Asosiy seriya: $\omega = F_\infty - R/(n + f)^2$ (n=4,5,.....)

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. De - Broyl to'lqin uzunligi qanday aniqlanadi?
2. Geyzenberg noaniqmaslik ifodasini aytib bering.
3. Rezerford tajribasining sxemasini tushuntiring.

4. Oltin qog'ozdan o'tishda dastlabki yo'nalishda og'ganmi?
5. Borning ikkinchi postulat Rezerford modelining qanday kamchiligini bartaraf qilingan?
6. Frank – Gers tajribalaridan maqsad nima?
7. 4,86 eV qanday energiya?
8. Ridberg doimiysining nazariy qiymati va tajribada topilgan natijalar mos keladimi?
9. Bor nazariyasining kamchiliklari nimadan iborat?
10. Atomni ionlashtirish uchun qanday energiya sarflanadi?

Uyga vazifa

Shredingerning vaqtga bog'liq bo'lmagan tenglamalari. Spin to'g'risida. Atomdagi energetik sathlar.

27 - MA'RUZA. RENTGEN NURLARI.

Reja:

1. Spontan va majburiy nurlanishlar.
2. Lazerlar. Lazer nurlarining xossalari.
3. Mendeleyev davriy sistemasi.
4. Rentgen nurlarining va ularning xossalari. Rentgen nurlarning spertlari.
5. Uzlukli va uzluksiz spektrlar. Mozli qonuni.

Tayanch iboralar: Zeemanning normal effekti, rentgen nurlari, rentgen trubkasi, rentgen yutulishi va sochilishi, uzlukli va uzluksiz spektrlar, mozli qonuni.

Ko'rgazmali qurollar: plakatlar, slaydlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. De - Broyl to'lqin uzunligi qanday aniqlanadi?
2. Geyzenberg noaniqmaslik ifodasini aytib bering.
3. Rezerford tajribasining sxemasini tushuntiring.
4. Oltin qog'ozdan o'tishda dastlabki yo'nalishda og'ganmi?
5. Borning ikkinchi postulat Rezerford modelining qanday kamchiligini bartaraf qilingan?
6. Frank – Gers tajribalaridan maqsad nima?
7. 4,86 eV qanday energiya?
8. Ridberg doimiysining nazariy qiymati va tajribada topilgan natijalar mos keladimi?
9. Bor nazariyasining kamchiliklari nimadan iborat?
10. Atomni ionlashtirish uchun qanday energiya sarflanadi?

Mavzuning borishi

1. Spontan va majburiy nurlanishlar. 1925 yili amerikalik fiziklar Jorj Ulenbek (1900) va Semyuel Gaudsmit (1902-1979) agar elektron xususiy mexanik va magnit momentlarga ega deb faraz qilinsa, Shtern va Gerlax, A.Eynshteyn va de Gaaz tajribalarini ham, atomlarining spektral chiziqlarini bo'linishini ham tushuntirish mumkinligini isbotladilar. Klassik fizika nuqtai nazaridan qaraganda elektron o'z o'qi atrofida aylangandagina xususiy impuls va magnit momentiga ega bo'ladi. *Elektron zaryadga ega bo'lishi natijasida magnit momenti vujudga keladi. Elektronning xususiy impuls momentini spin, xususiy magnit momentini spin magnit momenti deb ataladi.*

"Spin" inglizcha so'z bo'lib "aylanmoq" degan ma'noni anglatadi. Bu termini ishlatilishiga sabab o'sha vaqtda elektronni o'z o'qi atrofida aylanuvchi zaryadli sharcha sifatida tasavvur qilingan. Lekin bunday tasavvur noto'g'ri ekanligi keyinchalik ma'lum bo'ldi. Chunki, elektron uchun odatdagi impuls va magnit moment qiymatini olish uchun u yorug'lik tezligidan yuz martadan ham katta chiziqli tezlikda aylanishi kerak ekan. Bu esa Eynshteyn nisbiylik nazariyasiga zid keladi. Bunday bo'lishini hisoblab ko'rish mumkin. Elektronning mexanik impuls momenti

$$L = I\omega = 2/5mr^2 \cdot \omega = 2/5 m\vartheta_0 r$$

formula bilan aniqlanadi. Bu formulada ϑ_0 elektronning "ekvatoridagi" chiziqli tezligi. Agar elektronni spin momenti $L_s = 1/2 \hbar$ ekanligini hisobga olsak, 0 uchun

$$V_0 = \frac{5}{2} \frac{\hbar}{mr} = \frac{5}{2} \frac{1,05 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-34} \cdot 2 \cdot 10^{-15}} = 600 \cdot 10^8 \frac{m}{s} = 200 \text{ C}$$

qiymat kelib chiqadi.

Hozirgi vaqtda elektron spini, uning aylanishini bildirmaydi, spin xuddi zaryad va massa kabi elektronning impuls momentini bildiruvchi kattalik hisoblanadi.

Elektron spinni uning aylanishi bilan bog'lash noto'g'ri ekanini zaryadsiz zarracha-neytron ham mexanik momentdan tashqari spin magnit momentiga ega bo'lishida ko'rishimiz mumkin.

Elektronning spin mexanik momenti ham orbital mexanik momentga o'xshab kvantlanadi, ya'ni

$$L_s = \hbar \sqrt{S(S+1)} = \sqrt{3} \frac{\hbar}{2}$$

Bu formulada $S=1/2$ ga teng bo'lib, spin kvant soni deb ataladi. Spin magnit momentining qiymati

$$P_{ms} = \frac{e}{m} L_s = \frac{e}{m} \frac{\hbar}{2} \sqrt{3} = \mu_B \sqrt{3}$$

ifoda bilan aniqlanadi. Elektronning spin mexanik momentida ham fazoviy kvantlanish mavjud, ya'ni u fazodagi ixtiyoriy Z yo'nalishda ikkita proeksiyaga ega:

$$L_{sz} = m_s \hbar = \pm \frac{1}{2} \hbar$$

Bu ifodada $m_s = \pm \frac{1}{2}$ ga teng bo'lib, magnit spin kvant soni deb ataladi. Bundan ko'rinadiki, elektron Plank doimiysi birligida yarimta spinga ega ekan. Odatda $m_s = +\frac{1}{2}$ ni "spin-tepaga ($\uparrow$); $m_s = -1/2$ ni "spin-pastga ko'rinishida belgilanadi. Spin magnit momentining ham tashqi magnit maydon yo'nalishidagi proyeksiyasi faqat ikkita qiymatga ega bo'la oladi.

$$P_{m_{sz}} = \frac{e}{m} L_{sz} = \frac{e}{m} m_s \hbar = \pm \frac{eh}{2m} = \pm \mu_B$$

Ko'rinib turibdiki, spin magnit momentining fazodagi tashkil etuvchisining qiymati Bor magnetoni B ga teng ekan.

Elektronning spin kvant sonini hisobga olsak, uning atomdagi holati, to'rtta kvant soni orqali aniqlanadi.

Kvant sonlari	Olishi mumkin bo'lgan qiymati	Umumiy qiymati
Bosh kvant soni, n	1, 2, 3, ...	Har qanday sonni
Orbital kvant soni, l	0, 1, 2,, (n-1)	n
Magnit kvant soni, m_l	0, 1, 2, ... l	$2l + 1$
Spin magnit kvant soni, m_s	-1/2, $+1/2$	$2S + 1$

Elektronlar atom yadrosi atrofidagi elektron qobiqlarda Pauli ta'kidlash prinsipi bo'yicha taqsimlanadi. Bu haqida keyingi paragrafda to'liq ma'lumot beramiz. Elektron qobiqlarda elektronlar doimo qarama-qarshi spin bilan juft-juft bo'lib joylashadi.

Shuning uchun to'lgan qobiqning natijali spin momenti nolga teng bo'ladi. Bir valentli kimyoviy elementlarda tashqi qobig'ida S holatda faqat bittadan elektron bo'lgani uchun yuqorida aytganimizdek, bu elektronning orbital magnit momenti nolga teng, lekin spin magnit momenti nolga teng bo'lmasdan u atomning magnit momentini belgilaydi. Bunday atomlar magnit maydonidan o'tishda spinlari $m_s = +\frac{1}{2}$ ga teng bo'lganlari bir tomonga, $m_s = -\frac{1}{2}$ ga teng bo'lganlari esa boshqa tomonga og'adilar. Natijada tashqi qobiqda S-holatda bittadan elektroni bo'lgan barcha atomlar Shtern-Gerlax tajribasida ekranda bir-biridan aniq ajralgan chiziqli hosil qiladi.

2. Lazerlar. Lazer nurlarining xossalari. Mendeleyev davriy sistemasi. *Lazerlar. Lazer nurlarining xossalari.* Lazer deb ataluvchi optik kvant generatorlarning paydo bo'lishi fizika fanining yangi sohasi – kvant elektronikasining ulkan yutug'idir. Lazerlar deganda, juda aniq yo'naltirilgan kogerent yorug'likning nurining manbayi tushuniladi. Lazerlar so'zining o'zi inglizcha “majburiy tebranish natijasida yorug'likning kuchaytirilishi” so'zidan birinchi harflardan olingan (“Ligh amplification by stimulated emission of radiation”).

1939 yilda V.A.Fabrikant birinchi marta yorug'likni kuchaytiradigan muhit hosil qilish mumkinligini va shu muhitda nur majburiy nurlanish hisobiga kuchaytirilishi g'oyasini olg'a surdi.

1953 yilda I.G.Basov bilan A.M.Proxorovlar, AQSh dan Ch.Tauns bilan Veberlar tomonidan santimetr to'lqin uzunligidagi elektromagnit to'lqinlarni kuchaytiradigan molekulyar genera-torlar yasaldi, bu generatorlar lazerlar deb ataladi.

1960 yilda esa T. Neyman tomonidan

qattiq jismli, optik diapazonda ($\lambda = 6943 \text{ A}^\circ$) ishlaydigan optik generator yasaldi.

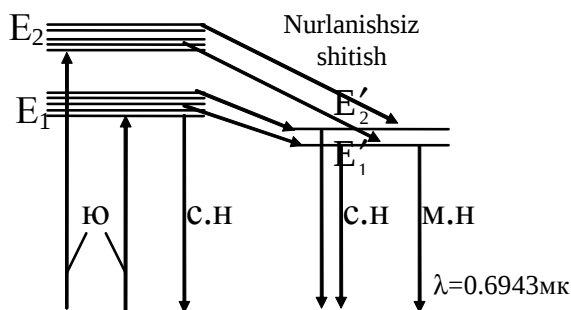
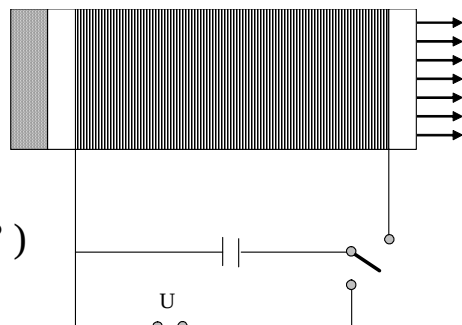
Bunday generatorlarni lazerlar deb ataladi. Nurni kuchaytiradigan aktiv muhitning tipiga qarab lazerlar - qattiq jismli, gazli, yarim o'tkazgichli va suyuqlikli lazerlarga bo'linadi.

Yanada aniqroq aytganda lazerlarning turlarini sinflashda majburiy yig'ish (optik nakachka) usuli ham muhim rol o'ynaydi. Majburiy yig'ish usullari-optik, issiqlik, kimyoviy, elektroionizatsion va boshqa usullardan iborat bo'ladi.

Bundan tashqari generatsiyalash turi uzluksiz yoki impulsli bo'lishi mumkin.

Lazerlar uchta asosiy qismdan iborat bo'ladi:

- 1) Aktiv muhit - metastabil holatga ega bo'lgan modda.
- 2) Majburiy yig'ish (optik nakachka) sistemasi - aktiv muhitda inversiyali joylashish holatini hosil qiladigan qurilmalar. Inversiyali joylashish holati deb asosiy holatdagi atomlar soniga nisbatan uyg'ongan holatdagi atomlar sonining ko'p bo'lishiga aytiladi.
- 3) Ochiq rezonator - lazer nurlanishini shakllantiruvchi qurilma.



Biz ko'rdikki, muhitga tushgan ω chastotali nur, modda atomlaridan birining $\omega = (E_n - E_m)/\hbar$ chastotasiga mos kelsa, bu holda atom $E_m \rightarrow E_n$ holatga o'tsa, bu majburiy o'tishda u nurni yutadi. ($E_m > E_n$), agar $E_m \rightarrow E_n$ o'tish sodir bo'lsa, u holda tushayotgan nurning intensivligi muhitdan o'tishda kuchayadi.

Muhit orqali o'tgan nurning intensivligi Buger qonuniga asosan aniqlanadi:

$$I = I_0 e^{-\mu X}$$

bunda, $\mu > 0$ bo'lsa, nur muhitda yutiladi, $\mu < 0$ bo'lsa, nur muhitdan o'tishda kuchayadi. Kvant generatorida $\mu < 0$ holat vujudga keltiriladi.

T.Meyman yasagan birinchi qattiq jisimli muhitga ega bo'lgan lazer bilan tanishaylik. Kuchaytirgich sifatida alyuminiy oksidi Al_2O_3 olingan bo'lib (rubin yoki qizil Yoqut) kristall panjarasining ba'zi tugunlarida uch valentli Cr^{3+} (0,005%-xrom) joylashgan.

Bu qizil yoqutning uzunligi 5sm, diametri esa 1sm bo'lgan sterjen ko'rinishidadir. Uning asoslari o'zaro parallel va juda yaxshi silliqlangan.

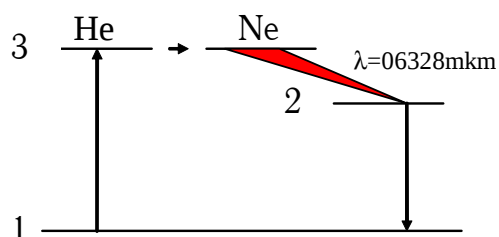
Sterjenning bir tomoni nur o'tkazmaydigan kumush qatlami bilan qoplangan, ikkinchi tomoni ham xuddi shunday kumush bilan qoplangan bo'lib, bu tomon faqat 8 % nurni o'tkazadi, xolos. O'tish jarayoni esa quyidagicha: nurlanish Yoqut tarkibidagi xrom ionlarini E_0 asosiy energetik sathdan E_1 va E_2 uyg'ongan energetik sathlarga ko'taradi. Bu uyg'ongan sathlarning yashash davomiyligi ancha kichik ($\tau \sim 10^{-7}c$). Ulardan nurlanishsiz E_1 va E_2 sathlarga o'tish sodir bo'ladi. Bir-biriga yaqin joylashgan bu sathlarning yashash davomiyligi anchagina katta $\tau = 5 \cdot 10^{-3}$ s. *Bunday sathlarni metastabil sathlar deyiladi.* Metastabil sathlardagi ionlarning biroz spontan nurlanishi ham sodir bo'ladi. Kristall o'qi bo'ylab harakatlanayotgan fotonlar qaytaruvchi asoslardan ko'p marta qaytadi, bu harakat davomida ko'p sonli majburiy nurlanishlar vujudga keladi. Natijada fotonlarning kuchli oqimi kristallning shaffof tomonidagi asosi orqali tashqariga chiqadi. Shundan so'ng tashqi manbaidan yana energiya olinadi va jarayonlar bayon qilingan ketma-ketlikda takrorlanaveradi.

Metastabil sathda yiqilgan energiya shu jismning o'zida spontan nurlanish sifatida ajralib chiqadi, ya'ni lazer generatorlik vazifasini bajaradi. Shuning uchun lazerni kvant generatori deb ataladi.

Agar metastabil sathdagi majburiy nurlanish tashqi ta'sir tufayli vujudga kelsa, lazer kirish signalini kuchaytirgan bo'ladi. *Bunday lazerni kvant kuchaytirgich deyiladi.*

Birinchi gazli lazer 1961 yilda neon va geliy gazi aralashmasi asosida yaratildi.

Bizga ma'lumki gazlar ingichka yutilish chiziqlariga ega bo'lgani uchun gazli lazerlarda majburiy yig'ish (optik nakachka) elektr razryadi orqali amalga oshiriladi.



Geliy - neonli lazerda majburiy yig'ish ikki bosqichda amalga oshiriladi: geliy energiya tashuvchi vazifasini bajarsa, neon nurlanish hosil qiladi; gaz razryadida hosil bo'lgan elektronlar to'qnashishi natijasida geliy atomini uyg'otadi va 3 - holatga o'tadi.

Uyg'ongan geliy atomi neon atomlari bilan to'qnashib, ularni uyg'otadi va ular geliy satxiga yaqin bo'lgan neonning yuqori sathlaridan biriga o'tadi. Neon atomlarini 3-sathdan quyi sathlardan biriga o'tishi $\lambda=0,6328\text{mkm}$. li to'lqin uzunlikdagi lazer nurlanishini vujudga keltiradi.

Lazer nurlari quyidagi xossalarga ega:

- 1) Ular yuqori darajada kogerent va dastasi esa nihoyatda ingichka.
- 2) O'ta monoxromatik ($\Delta\lambda < 10^{-11}\text{mkm}$).
- 3) Katta quvvatli: masalan, $W=20\text{ J}$ energiya bilan majburiy yig'ish (optik nakachka) va 10^{-3} s nurlantirilsa, nurlanish oqimi $\Phi=2 \cdot 10^{-4}\text{ j/s}$ $R=2 \cdot 10^{10}\text{ Bt/m}^2$.
- 4) Tarqalish burchagi (ingichka) juda kichik.

hozirgi paytda f.i.k. 0,01 % - 75 % bo'lgan lazerlar mavjud. Lekin ko'pchilik lazerlarning f.i.k. i 0,1 - 1% oraliqda bo'ladi. Uy temperaturasida uzluksiz ishlaydigan quvvatli SO_2 lazer yaratildi. Bu lazer to'lqin uzunligi $\lambda = 10,6\text{ mkm}$ bo'lgan infraqizil elektromagnit to'lqinlarni ishlab chiqaradi. Uning f.i.k. 30% dan yuqoridir. Lazer nurlardan metallarni kesishda, payvandlashda, buyumlardagi nuqsonlarni aniqlashda, meditsinada nozik operatsiyalarni bajarishda, nihoyatda toza materiallar olishda, o'lchash texnikasida, alohida ham keng foydalaniladi.

Lazer nurlarining xossalari. Lazerlar nurlanish xossasiga ko'ra quyidagilarga bo'linadi.

1. Yuqori darajada kogerent, yani fotonlarning fazalari bir xil.
2. Qat'iy monoxromatik. Dastaga kiruvchi fotonlar to'lqin uzunliklarning farqi 10^{-11}m dan oshmaydi, ya'ni $\Delta\lambda < 10^{-11}\text{m}$.
3. Nurlanishning quvvati katta. Lazer nurida nurlanish quvvati $10^{16}-10^{20}\text{ W/m}^2$ gacha bo'lishi mumkin. Bu juda katta qiymat hisoblanadi. Vaholanki, Quyoshning to'la nurlanish spektri bo'yicha nurlanish quvvati $7 \cdot 10^7\text{ W/m}^2$ ni tashkil qiladi.

4. Nurning yoyilish burchagi juda kichik. Masalan, yerdan Oyga yo'naltirilgan lazer Oy sirtida 3 km diametrli joynigina yoritadi. Odatdagi projektor nuri esa 40 000 km diametrli yoritgan bo'ladi.

3. Mendeleyev davriy sistemasi. Ma'lumki, kimyoviy elementlar dunyosi xilma-xil. Shuning uchun olimlar ularni ma'lum bir tartibga solishga harakat qildilar. 1869 yilda rus olimi D.I.Mendeleyev elementlarni atom massalari bo'yicha ma'lum bir sistemaga solishga erishdi. Ya'ni, kimyoviy elementlar davriy sistemasini yaratdi. Agar elementlarni massalarini ortib borishi tartibda joylashtirilsa, ma'lum bir tartib raqami oralig'ida (bu oraliq davr deb ataladi), ularning ko'pgina kimyoviy va fizik xossalarini takrorlanishi ma'lum bo'ldi.

Masalan, litiy bir valentli ishqoriy metall bo'lib, tartib raqami $Z=3$ ga teng. Yana 8 ta tartib raqamidan keyin kelgan natriy ($Z=11$) ham, undan yana 8 ta raqam keyin joylashgan kaliy ($Z=19$) ham litiyga o'xshab ishqoriy metall hisoblanadi. Bunday ishqoriy metall xossasi 18 tartib raqamidan keyin rubidiy ($Z=37$) va tseziy ($Z=55$) ham takrorlanadi.

Davriy sistema yaratilgan vaqtda 63 ta kimyoviy element borligi ma'lum edi. D.I.Mendeleyev tomonidan katakchalarga davriy sistemadagi elementlar birin-ketin qo'yib chiqilgandan keyin ayrim katakchalar bo'sh qoldirildi. Mendeleyev bu bo'sh katakchalarni to'ldirishi mumkin bo'lgan, hali topilmagan kimyoviy elementlarning xossalarini oldindan aytib berdi. Masalan, shunday yo'l bilan Fransiyada davriy sistemada tsinkdan keyin joylashgan galliy elementi kashf etildi. Undan keyin boshqa kimyoviy elementlar ham kashf etilib, davriy sistemadagi bo'sh kataklar to'lib bordi. Davriy sistema yaratilgandan keyin ko'p savollarga javob topishga to'g'ri keldi. Masalan, "nima sababdan elementlarning xossalari ularning atomlari massasiga bog'liq, nima sababdan elementlarning xossalari ma'lum davr bilan takrorlanadi, nima uchun bu davrlar 8, 18, 32 tartib raqamiga teng?" degan savollar tug'ildi. O'sha vaqtda bunday savollarga javob topishni imkoni bo'lmadi. Keyinchalik ma'lum bo'ldiki, kimyoviy elementning davriy sistemadagi tartib raqami atom yadrosi zaryad sonini yoki yadro atrofidagi elektronlar sonini bildirar ekan. Elementning davriy sistemadagi tartib raqami ortgan sari uni massasi ham, yadro zaryadi ham ortib boradi. Birinchi savolga javob topilgandek bo'ldi, lekin yana boshqa savollar paydo bo'ldi. Masalan, yadro atrofida aylanuvchi elektronlar eng kichik energiyali holatni olishga intilishi natijasida hammasi birinchi Bor orbitasida aylanishi kerak edi. Agar birorta elektron qo'shilganda ham elementlarning xossalarini unchalik o'zgartirmasligi kerak. Ammo bizga ma'lumki, bitta elektron bilan farq qiluvchi argon ($Z=18$) inert gaz, kaliy ($Z=19$) ishqoriy metall. Shunday holni kripton ($Z=36$) va rubidiy, ksenon ($Z=54$) va tseziy ($Z=56$), radon ($Z=86$) va fransiy ($Z=87$) juftlarida ham kuzatishimiz mumkin. Bu elementlar bitta

elektroni bilan farq qilgani holda, birinchilari inert gaz, ikkinchilari esa ishqoriy metallardir. Buni sababini ham tushuntirib berish kerak edi.

Atomning tartib raqami ortgan sari uning o'lchami uzuluksiz kichiklashib borishi kerak, chunki elektronlar soni ortgan sayin Kulon tortishish kuchlari ham ortib boradi.

Lekin amalda esa atomlarni o'lchami bir davr elementlaridan boshqa davr elementlariga o'tganda uzluksiz holda emas, aniq bir qiymatni olgan holda keskin ortib ketadi

Element II davr	Li	Be	B	C	N	O	F
Diametr $\overset{0}{A}$	3,10	2,26	1,82	1,54	1,42	1,32	1,28
Element III davr	Na	Mg	Al	Si	O	S	Cl
Diametr $\overset{0}{A}$	3,78	3,29	2,89	2,68	2,60	2,08	1,98

Masalan, bunga misol qilib ikkinchi davr oxiridagi fluor bilan uchinchi davr boshidagi natriyni olishimiz mumkin. Atom o'lchamini bir davrdan boshqa davrga o'tganda keskin o'zgarib ketishini nima bilan izohlashni Pauli tomonidan ta'kidlash prinsipi yaratilguncha bilishmadi.

Hozirgi vaqtda davriy sistemadagi barcha elementlarning elektronlari Pauli prinsipiga bo'yin so'ngan holda energetik sathlar bo'yicha qanday taqsimlanishi ma'lum. Biz birinchi element vodoroddan boshlaylik. Uning bittagina elektroni bor. Bu elektron Pauli va minimal energiya prinsipiga asosan $n=1$, $l=0$, $m=0$, $S=-1/2$ kvant sonlar bilan ifodalanuvchi jadvalda keltirilgan 1S energetik sathni egallaydi. Geliy atomida ikkita elektron 1S holatda spinlari antiparalell bo'lgan holda joylashadi, va $1S^2$ ko'rinishida (1S holatda 2 ta elektron) yozildi. Geliyda K-qobiq 2 ta elektron bilan to'ladi, natijada davriy sistemadagi I davr tugaydi. Litiydagi ($Z=3$) uchinchi elektron Pauli prinsipiga ko'ra to'lgan K-qobiqda joylashishi mumkin emas, u $n=2$ bo'lgan L-qobiqdagi eng kichik 2S energetik sathni egallaydi. Litiyda elektronlarni qobiqlar bo'yicha taqsimlanishi $1S^22S$ ko'rinishda belgilanadi. To'rtinchi element Be-bereliyda ($Z=4$) ikkinchi qobiqdagi 2S qobiqcha to'ladi. Bereliydan keyingi V($Z=5$) dan boshlab He ($Z=10$) gacha bo'lgan oltita elementda 2R qobiqchani to'lishi tugallanadi. Sistemani II davri inert gaz neon bilan tugaydi. Neonda L- qobiq to'lgan bo'ladi. Natriydagi ($Z=11$) o'n birinchi elektron M-qobiqdagi eng quyi sath 3S da joylashadi. Unda elektronni qobiqlarda taqsimlanishi $1S^2 2S^2 2R^6 3S$ ko'rinishida belgilanadi.

Natriydagi 3S va litiydagi 2S-sathlarda bittadan elektron bo'lgani uchun ularning kimyoviy va fizik xossalari o'xshash bo'lib, ishqoriy metallar guruhiga kiradi. Ugleroddan ($Z=12$) boshlab M-qobiqni to'lishi boshlanadi va

argonda ($Z=18$) tugaydi. Argon ham He, Ne ga o'xshab inert gazdir.
III-davr argon bilan tugaydi.

Davr	Z	Element	K	L		M			N			
			1S	2S	2P	3S	3P	3d	4S	4P	4d	4f
I	1	H	1									
	2	He	2									
II	3	Li	2	1								
	4	Be	2	2								
	5	B	2	2	1							
	6	C	2	2	2							
	7	N	2	2	3							
	8	O	2	2	4							
	9	F	2	2	5							
	10	Ne	2	2	6							
III	11	Na	2	2	6	1						
	12	Mg	2	2	6	2						
	13	Al	2	2	6	2	1					
	14	Si	2	2	6	2	2					
	15	P	2	2	6	2	3					
	16	S	2	2	6	2	4					
	17	Cl	2	2	6	2	5					
	18	Ar	2	2	6	2	6					
IV	19	K	2	2	6	2	6	-	1			
	20	Ca	2	2	6	2	6	-	2			
	21	Sc	2	2	6	2	6	1	2			
	22	Ti	2	2	6	2	6	2	2			
	23	V	2	2	6	2	6	3	2			
	24	Cr	2	2	6	2	6	5	1			
	25	Mn	2	2	6	2	6	5	2			
	26	Fe	2	2	6	2	6	6	2			
	27	Co	2	2	6	2	6	7	2			
	28	Ni	2	2	6	2	6	8	2			
	29	Cu	2	2	6	2	6	10	1			
	30	Zn	2	2	6	2	6	10	2			
	31	Ga	2	2	6	2	6	10	2	1		
	32	Ge	2	2	6	2	6	10	2	2		
	33	As	2	2	6	2	6	10	2	3		
	34	Se	2	2	6	2	6	10	2	4		
	35	Br	2	2	6	2	6	10	2	5		
	36	Kr	2	2	6	2	6	10	2	6		

Kaliyning ($Z=19$) optik va kimyoviy xossalari xuddi Li va Na atomlariga o'xshaydi. Bu shundan dalolat beradiki, elektronlarning o'zaro ta'siri tufayli $n=4$, holat $n=3$, $l=2$ holatga qaraganda kichik energiyaga ega bo'lib qolar ekan. Shuning uchun kaliyning 19-elektroni M-qobig'ining 3d qobiqchasida joylashmasdan N qobiqning 4S qobiqchasida joylashar ekan. Natijada kaliy ham ishqoriy metall bo'lib qoladi.

Kalsiyning ($z=20$) spektroskopik va kimyoviy xossalari ham uni 20-elektronini 4S sathda joylashganini ko'rsatadi. Keyingi 21-element Sc - skandiydan boshlab M-qobiqni 3d qobiqchasi ham to'la boshlaydi va uni to'lishi Zn-tsinkda ($Z=30$) tugaydi. Keyingi N -qobiqni to'lishi Kr-kriptonda

($Z=36$) tugaydi. Ne va Ar ga o'xshab, kriptonni ham tashqi S va P

qobiqchalari to'lgan bo'ladi. IV davr shu kripton - inert gazi bilan tugaydi.

Shunday mulohazalar Mendeleyev jadvalidagi boshqa elementlarga ham tegishli. Yana shu narsani aytib o'tish kerakki, elementlarning keyingi davrlari ham ishqoriy metallardan boshlanib, inert gazlarda tugaydi. Keyingi inert gazlarning ham oxirgi tashqi S va P-qobiqchalari to'lgan bo'ladi. Davriy sistemadagi lantanoidlar deb ataluvchi bir guruh elementlarni (lantandan ($Z=57$) boshlab lyuteytsiygacha ($Z=71$) xossalari bir xil bo'lgani uchun bir katakka, yana aktinoidlar nomini olgan bir guruh elementlarni (aktiniydan ($Z=89$) boshlab lourensiygacha ($Z=103$) yana bir boshqa katakka joylashga

to'g'ri keldi. Chunki, aktinoidlarning ham xossalari bir-biriga juda o'xshash.

Lantanoidlarning xossalari o'xshash bo'lishiga tashqi R va Q qobiqlarda bir xil, ya'ni 6S va 7S sathlarda ikkitadan elektron bo'lishi sabab bo'ladi.

Shunday qilib davriy sistemadagi elementlarning xossalarini bir-biriga yaqin bo'lishiga ularning tashqi elektron qobig'ini o'xshashligi sabab bo'lar ekan. Masalan, inert gazlarning hammasining tashqi qobig'ida 8 tadan elektron bo'ladi. Ya'ni doimo S va R-qobiqcha elektron bilan to'lgan bo'ladi. Ishqoriy metallarning (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr) S-qobiqchasida doimo 1 tadan elektron, ishqoriy - yer metallarida (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra) S- sathda 2 tadan elektron, gologenlarining (F, Cl, Br, J, At) tashqi qobig'ini to'lishiga bittadan elektron yetishmaydi.

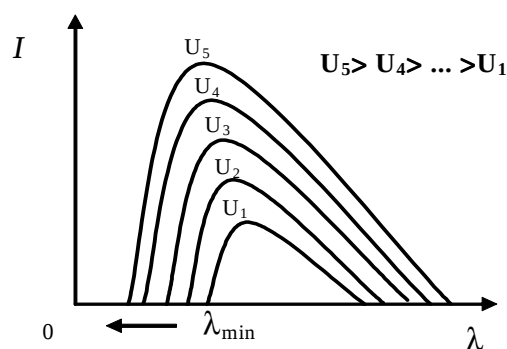
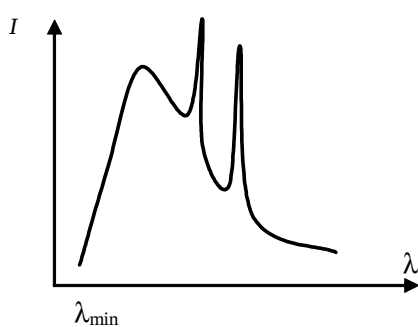
4. Rentgen nurlarining va ularning xossalari. Rentgen nurlarning spektrlari. *Rentgen nurlarining va ularning xossalari.* Rentgen nurlarini 1895 yilda nemis fizigi Vilgelm Rentgen (1845-1923) kashf etgan. U bu kashfiyoti uchun 1901 yilda birinchi bo'lib Nobel mukofotini olishga sazavor bo'lgan. V.Rentgen o'zi kashf etgan nurlarni dastlab X-nurlar deb atagan, keyinchalik bu nurlar uni nomi bilan ataladigan bo'ldi. V.Rentgen bu kashfiyotini katod nurlarini o'rganish vaqtida tasodifan topdi. U tajribalaridan birida katod nayini qora kardon qog'oz bilan yaxshilab o'radi. Xonani qorong'i qilib, katod nayida razryad hosil qilganda xonani boshqa tomonida u

qandaydir nurlanishni ko'rdi. Ma'lumki, katod nurlari (elektronlar oqimi) havoda bir necha santimetr masofagacha tarqalishi mumkin xolos. Tajribani takrorlaganda ham, yana bu hol takrorlandi. Xonani yoritib qarasa, nurlanayotgan narsa, qurilma yaqinidagi flyuoressensiyalanuvchi ekran ekan. Shunda rentgen yangi nurlanish turiga duch kelganini tushundi.

Keyinchalik ma'lum bo'ldiki, rentgen nurlanishi katta tezlikdagi elektronlarni keskin tormozlanishi natijasida hosil bo'lar ekan.

Rentgen nurlari sxemasi tasvirlangan rentgen trubkasida hosil qilinadi. Maxsus transformatorga ulanadigan volfram sim katod

(K) vazifasini o'taydi. Katod va anod (A) orasida hosil qilinadigan elektr maydon katoddan uchib chiqayotgan termoelektronlarni tezligini ortiradi.



Yetarlicha katta kinetik energiyaga erishgan elektronlar volfram yoki platinadan qilingan anod mishenni ichiga kirib borish vaqtida keskin tormozlanishi natijasida rentgen nurlari hosil bo'ladi. Bu nurlar to'liq uzunligi 10^{-12} – 10^{-8} oralig'ida bo'lgan elektromagnit to'liqlardan iborat. Rentgen nurlarining elektromagnit to'liq tabiati ularning kristallardan o'tishdagi difraksiyasi orqali isbotlangan.

Rentgen nurlarning spektrlari. Rentgen nurlarining spektral tarkibi murakkab bo'lib, elektronlar energiyasiga va anod materiallarining turiga bog'liq.

Rasmda rentgen nurlari spektrining tipik shakli tasvirlangan. Rentgen nuri spektri qisqa to'liq uzunlik tomondan chegaralangan min tutash va tutash spektr sohasida joylashgan katta intensivlikdagi bir necha chiziqli (1, 2,...) spektrlar yig'indisidan iborat.

Tajribani ko'rsatishicha tutash spektr anod materialiga bog'liq bo'lmay, u faqat anodga urilayotgan elektronning energiyasiga bog'liq bo'lib, elektronlarning anodga urilishi natijasida tormozlanishi tufayli hosil bo'lar ekan. Shuning uchun ham rentgen nurining tutash spektri tormozlanish spektri deb ham ataladi. Bunday xulosa nurlanishning klassik nazariyasiga ham mos keladi, ya'ni bu nazariyaga ko'ra zaryadli zarrachalar tormozlanganda tutash spektrli nurlanish hosil bo'lishi kerak.

Agar anod va katod orasidagi kuchlanishni ortirib borsak, tutash rentgen nurini qisqa to'liqin uzunlik tomondagi chegarasi ham qisqa to'liqin uzunlik tomonga siljib boradi.

Rentgen nuri tutash spektrini qisqa to'liqin uzunliklar sohasidagi keskin chegarasini faqat kvant nazariya asosida tushuntirish mumkin. Agar elektronning kinetik energiyasi to'lig'icha nurlanishga sarflansa, nurlanish chastotasi eng katta yoki nurlanish to'liqin uzunligi eng kichik bo'ladi, ya'ni

$$eU = \frac{m\vartheta^2}{2} = h\nu_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}}$$

Bu ifoda tajriba natijasiga mos keladi. Katod va anod orasidagi potentsiallar farqi qancha katta bo'lsa, shuncha qisqa uzunlikdagi rentgen nuri hosil bo'ladi.

5. Uzlukli va uzluksiz spektrlar. Mozli qonuni. Uzlukli va uzluksiz spektrlar. "Spektrning katta to'liqin uzunliklar sohasi qanday tushuntiriladi?" degan savol tug'ilishi mumkin. Tormozlanish vaqtida hamma elektronlarning ham energiyasi to'lig'icha nurlanishga aylanmaydi, ularning energiyasining

bir qismi issiqlikka aylanishi mumkin.

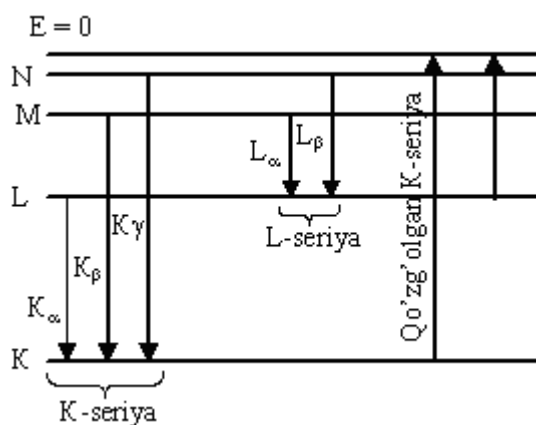
Shuning uchun energiyaning issiqlikka aylanishi ortgan sari kvantlar soni kamayadi, to'liqin uzunligi esa ortadi.

Tutash rentgen spektrini qisqa to'liqin uzunliklar sohasidagi chegaraviy to'liqin uzunlikni o'lchab Plank doimiysini katta aniqlikda hisoblash mumkin.

Rentgen qurilmasini anodiga kelayotgan elektronlarning energiyasi

oshishi bilan tutash rentgen nuri spektri ichida anod materialiga bog'liq bo'lgan katta intesivlikdagi bir necha chiziqli spektrga ega bo'lgan xarakteristik rentgen nurlanishi paydo bo'ladi. Bu nurlanishni hosil bo'lish jarayoniga to'xtalaylik. Atomning tashqi elektron qobig'idagi elektronlarni qo'zg'algan holatga keltirish uchun 0,1-10 eV atrofida energiya kerak. Bunda atom turg'un holatga qaytayotganda IQ, UB yoki ko'zga ko'rinadigan sohadagi chiziqli spektrli yorug'lik chiqaradi.

Atomning yadroga yaqin joylashgan elektron qobig'ini qo'zg'algan holatga keltirish uchun, 1-10 eV atrofida energiya kerak bo'ladi. Shuning uchun rentgen qurilmasi anodiga bir necha ming volt (40-80 kV) kuchlanish berilganda unda xarakteristik rentgen nurlanishi chiqishi kuzatiladi. Bunda anodda tormozlanayotgan elektronlarning bir qismi anod materiali atomlarining ichiga kirib, bu atomlarning K, M,... qobiqlardagi biror



elektronni urib chiqarishi mumkin. Masalan, K- qobiqdagi biror elektron atomni tashlab chiqib ketganligi tufayli, uning bo'sh o'rniga L yoki M qobig'idagi elektron kelishi mumkin. Natijada xarakteristik rentgen nurlanishning K- seriyalari hosil bo'ladi. Ma'lumki K- qobiqdagi elektron atom bilan mustahkam bog'langan, L - qobiqdagi elektron esa zaifroq, M - qobiqdagisi undan ham zaifroq bog'langan. Shuning uchun $L \rightarrow K$ o'tishda vujudga keladigan xarakteristik rentgen nurlanishi kvantining energiyasi K va L qobiqlardagi elektronlarning bog'lanish energiyalari farqiga teng bo'ladi. Xarakteristik rentgen spektrning K, L, M va N seriyalarining vujudga kelish sxemasi.

Ma'lum bir seriyaga kirgan chiziqli spektrning tartibi ortgan sayin to'liq uzunligi kamayib boradi. Agar anod materiali atom massasi og'irroq metall bilan almashtirilsa, xarakteristik rentgen nurlarini tarkibi o'zgarmaydi, ammo butun spektr qisqa to'liq uzunlik tomonga siljiydi.

Ma'lum bir bosh kvant soniga mos kelgan xarakteristik rentgen nurlari ham orbital va magnit kvant sonlarini qiymatiga qarab bir necha spektral chiziqlarga bo'linib ketishi mumkin.

Mozli qonuni. Ingliz fizigi G.Mozli (1887-1915) 1913 yilda turli elementlarning xarakteristik rentgen nurlari spektrini o'rganib, uni nomi bilan ataluvchi va quyidagi formula bilan ifodalanuvchi qonunni aniqladi:

$$\nu = R(z - \sigma)^2 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

bunda

- ma'lum bir xarakteristik rentgen nurining chastotasi, R-Ridberg doimiysi, σ - ekranlash doimiysi, $m=1,2,3\dots$, qiymatlarni, n esa $n=m+1$ qiymatlarni qabul qiladi.

Mozli qonunining vodorod atomi spektral seriyalarni ifodalovchi Balmerning umumiy formulasi o'xshaydi.

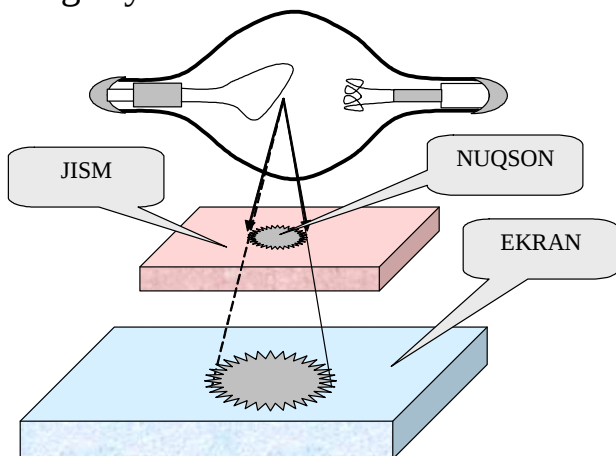
Ekranlash doimiysi ning ma'nosi shundan iboratki, u ichki qobiqdagi "bo'sh" o'ringa tashqi qobiqlardan kelayotgan elektronga yadroning Z e hamma zaryadi ta'sir etmay, elektronlarning ekranlash ta'siri tufayli kuchsizlangan ($Z - \sigma$). e zaryad ta'sir etishini ko'rsatadi. Masalan, K seriyaning K chizig'i uchun faqat bitta elektron ekranlovchi ta'sir ko'rsatgani uchun teng 1 bo'lib Mozli qonuni

$$\nu = R(z-1) \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) \quad \text{ko'rinishda yoziladi.}$$

Mozli qonunning yana bir muhim tomoni shundan iboratki, u xarakteristik rentgen nuri chastotasi bilan elementning yadro zaryadi Z ni, ya'ni davriy sistemadagi o'rnini bog'laydi. Bundan elementning davriy

sistemasidagi o'rnini aniqlashning yangi usuli kelib chiqadi. Shunday yo'l bilan sistemadagi elementlarning o'rniga aniqlik kritildi. Bu qonun yordamida argon bilan kaliy, kobalt bilan nikel o'rinlari almashtirildi.

Endi rentgen nurlarini qo'llanilishiga to'xtalib o'taylik. Rentgen nurlari yordamida kristall moddalardagi atomlarning joylashishini, kristallarning sofligini va joylashish vaziyatini, qotishmalariga termik va plastik ishlov berganda, ularda bo'ladigan o'zgarishlarni, qotishmalar olishda texnologik jarayonlarni, qattiq jismlardagi va tirik organizmlarda nuqsonlarni va boshqa narsalarni tekshirish mumkin. Rentgen nurlarining ajoyib xususiyatlaridan biri shundaki, ular yorug'lik nurlari uchun shaffof bo'lmagan jismlardan o'ta oladi. Aniqrog'i, rentgen nurlarining bir qismi jismda yutiladi, qolgan qismi esa jismdan o'tib ketadi. Jismning zichligi, qalinligi qanchalik kam bo'lsa, u shuncha rentgen nurlarini kam yutadi. Demak, zichligi kamroq jismlar rentgen nurlari uchun shaffofroq hisoblanadi. Uning bu xususiyatidan meditsina, metallurgiya, mashinasozlik va texnikaning boshqa sohalarida keng foydalaniladi.



Jism ichidagi nuqsonlarni aniqlash uchun ishlatiladigan qurilma sxemasi ko'rsatilgan. Agar jismdagi nuqsonni zichligi jismning boshqa sohalarining zichligidan kichikroq bo'lsa, rentgen nurlari bu nuqsondan o'tishda kamroq yutiladi, natijada ekranda uni shakli yorug'roq bo'ladi. Aksincha, nuqsonni zichligi kattaroq bo'lsa, ekranda uning shakli xirraroq bo'ladi. Kerak bo'lgan hollarda

ekran o'rniga fotoplastika qo'yib, nuqsonni rasmini olish ham mumkin. Bayon qilgan bu usul rentgenodefektoskopiya deb ataladi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Ishqoriy metallarning spektri deb nimaga aytiladi?
2. Elektronning spin mexanik va spin magnit momentlari orasida qanday bog'lanish bor?
3. Lazerlar nima?
4. Lazerlarning qanday xossalarini bilasiz?
5. Rentgen nurlari nima?
6. Rentgen nurlarining nechiga bo'linadi va ular qaysilar?
7. Mozli qonuni nima haqida va u nimalarga aniqlik kiritdi?
8. Rentgen nurlanishi spektridan Plank doimiysi qanday aniqlanadi?

Uyga vazifa

Lazerlar. Rentgen nurlarini internet saytlardan to'ldirish.

28- MA'RUZA. ELEMENTAR ZARRALAR. ELEMENTAR ZARRALARNING O'ZARO TA'SIR TURLARI.

Reja:

1. Zarralarning asosiy klassifikatsiyalari. Zarrachalarning kuzatish va qayd qilish usullari.
2. Kosmik nurlar. Zarralar va antizarralar.
3. Kuchzis o'zaro ta'sir. Gravitasion o'zaro ta'sir.
4. Yadroviy reaksiyalar. Yadroviy reaksiyalar vaqtidagi massa, impulsi va uning saqlanish qonuni.

Tayanch iboralar: elementar zarralar ta'sirlashuvining turlari, kuchli ta'sirlashuv, elektromagnit ta'sirlashuv, kuchsiz ta'sirlashuv, elementar zarralar, yadroviy reaksiyalarning saqlanish, energiyasi, impulsi, massa saqlanish qonuni.

Ko'rgazmali qurollar: plakatlari, slaydlar.

Mavzuning borishi

1. Zarralarning asosiy klassifikatsiyalari. Zarrachalarning kuzatish va qayd qilish usullari. *Elementar zarralarning ta'sirlashuvi.* Zamonaviy tasavvurlarga ko'ra, tabiatda to'rt xil fundamental ta'sirlashuv mavjud. Bular kuchli, elektromagnit, kuchsiz va gravitatsion ta'sirlashuvlardir. Bu ta'sirlashuvlarning har birini amalga oshiruvchi zarralar va har biriga mos keluvchi o'z maydonlari mavjud.

Kuchli yoki yadroviy ta'sirlashuv. Bu ta'sirlashuv atom yadrosidagi nuklonlarning (proton va neytron) aloqasini ta'minlaydi va yadroni bir butun mahsulot sifatida saqlab turadi. Aynan uning sharofati bilan moddalarning barqarorligi ta'minlanadi. Kuchli ta'sirlashuv atom yadrosining radiusiga teng $\sim 10^{-15}$ m masofada namoyon bo'la boshlaydi. U nuklonlar o'rtasida π -mezonlar almashinuvi bilan amalga oshiriladi.

Elektromagnit ta'sirlashuv. Bunday ta'sirlashuv barcha elektr zaryadi zarralar orasida mavjud. U kuchli ta'sirdan 137 marta kuchsiz. Ta'sir radiusi cheklanmagan. Elektromagnit maydon energiyasini tashuvchi zarra foton vositasida amalga oshiriladi. U atomning mavjudligini ta'minlaydi. Eng batafsil o'rganilgan ta'sirlashuv hisoblanadi.

Kuchsiz ta'sirlashuv. Asosan elementar zarralarning parchalanishida namoyon bo'ladi. B – yemirilish, μ – yemirilish kuchsiz ta'sirlashuvga yaxshi misol bo'ladi. U kuchli ta'sirdan 10^{14} marta kuchsiz bo'lib, oraliq bozonlari (z, w) vositasida amalga oshiriladi.

Fotonlar. Bu guruh faqat bitta zarra – elektromagnit nurlanish kvanti fotondan iborat.

Leptonlar. Leptonlar (“leptos” yunoncha – yengil ma’nosini anglatadi) elektromagnit va kuchsiz ta’sirlarda ishtirok etadi. Leptonlarga elektron, myuon va tay neytrinosi, elektron, myuon, tay-lepton va ularning antizarralari kiradi.

Mezonlar. Massasi 207 elektron massasidan katta, ammo proton massasidan kichik bo’lgan zarralar mazonlar guruhini tashkil qiladi.

Barionlar. Og’ir zarralar. Ular protondan boshlanadi va nuklonlar, giperonlarni o’z ichiga oladi. Barcha ta’sirlashuvlarda ishtirok etadi.

Shu bilan birga, spinning qiymatiga qarab zarralar fermionlarga (spini $S = \frac{1}{2}$ bo’lgan zarralar) va bozonlarga (spini $S = 0$ yoki butun $S = 1$ bo’lgan zarralar) bo’linadi. Yashash davriga qarab, zarralar *barqaror* va *beqaror* zarralarga ajratiladi.

Elektron zarralar jadvali

Zarralarning nomi			Belgisi		Elektron massasi birligidagi massasi	Elektron zaryadi birligidagi zaryadi	Yasash vaqti, s
			Zarra	Antizarra			
	Foton		γ	$\bar{\gamma}$	0	0	Doimiy
Leptonlar	Elektron neytrinosi		ν_e	$\bar{\nu}_e$	0	0	Doimiy
	Myuon neytrinosi		ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	0	0	Doimiy
	Tau neytrino		ν_τ	$\bar{\nu}_\tau$	0	0	Doimiy
	Elektron		e^-	e^+	1	-1	Doimiy
	Muyon		μ^-	μ^+	207	-1	$2,2 \cdot 10^{-6}$
Mezonlar	Tau-lepton		τ^-	τ^+	3492	-1	$1,46 \cdot 10^{-12}$
	Pi-mezonlar (pionlar)		π^0	π^0	264,1	0	$1,83 \cdot 10^{-16}$
			π^+	π^-	273,1		$2,6 \cdot 10^{-8}$
	Ka-mezonlar (kaonlar)		K^+	K^-	966,4	1	$1,2 \cdot 10^{-8} K^0$
			K^0	$\bar{K}^0$	974,1		$8,9 \cdot 10^{-11} K^0$ $5,2 \cdot 10^{-8} K^0$
Barionlar	Eta-nol-mezon		η^0	$\bar{\eta}^0$	1074	0	$2,4 \cdot 10^{-19}$
	Nuklonlar	Proton	p	$\bar{p}$	1836,1	1	Doimiy (?)
		Neytron	n	$\bar{n}$	1838,6	0	10^3

	Giperonlar	Giperon – lyambda	Λ^0	$\bar{\Lambda}^0$	2183,1	0	$2,63 \cdot 10^{-10}$
		Giperon – sigma	Σ^+	$\bar{\Sigma}^+$	2327,6	1	$8 \cdot 10^{-11}$
			Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	2333,6	0	$5,8 \cdot 10^{-20}$
			Σ^-	$\bar{\Sigma}^-$	2343,1	-1	$1,48 \cdot 10^{-10}$
		Giperon-ksi	Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	2572,8	0	$2,9 \cdot 10^{-10}$
			Ξ^-	$\bar{\Xi}^-$	2572,8	-1	$1,64 \cdot 10^{-10}$
		Omega-minus giperon	Ω^-	$\bar{\Omega}^+$	3273	-1	$8,2 \cdot 10^{-11}$

Kvarklar. Materiyaning eng kichik g'ishtchalari hisoblangan elementar zarralar murakab tuzilishiga ega ekanligi ma'lum bo'lgandan so'ng, materiyaning haqiqatdan eng kichik g'ishtchalarini izlash muammosi vujudga keldi. Agar shunday zarralar mavjud bo'lsa, hozirgacha bizga ma'lum bo'lgan va murakab tuzilishga ega bo'lgan barcha zarralar ulardan tashkil topgan bo'lishi kerak. 1964-yilda amerikalik fizik M.Gell-Mann va D.J.Sveyglar mezonlar va barionlar *kvarklar* deb ataluvchi sodda zarralardan tashkil topganligi to'g'risidagi gipotezani taklif qildilar. Bu gipotezaga muvofiq, barionlar uchta : u , d , s kvarklardan, antibarionlar esa antikvarklardan tashkil topgan. Bu kvarklar yarim spinga ega bo'lishlari, zaryadlari esa elektron zaryadining $\frac{1}{3}$ va $\frac{2}{3}$ qismiga teng bo'lishi kerak.

Keyinchalik yana ikkita: c “maftunkor” (inglizcha “charm”) va b “go'zal” (inglizcha “beauty”) kvarklari antikvarklari bilan birga kiritiladi. Zamonaviy gipotezalarga ko'ra, kvarklar ham leptonlar kabi oltita bo'lishi kerak. Lekin t “haqiqiy” (inglizcha “truth”) kvarkning mahsulini topish maqsadida qilinayotgan barcha urinishlar hozircha hech qanday natija bermadi. Shu bilan birga kvark va antikvarklarning kombinatsiyalari mavjud mezonlarning barchasini vujudga kelishini tushuntirib bera oladi. Shu nuqtayi nazardan qaraganda, kvarklar hech qanday ichki tuzilishga ega emas va ularni chin ma'noda elementar zarralar deb hisoblash mumkin.

Zarrachalarning kuzatish va qayd qilish usullari. Radioaktiv model-larning nurlanishini o'rganishdan asosiy maqsad – radioaktiv yemirilishda chiqariladigan zarralarning tabiatini, energiyasini va nurlanish intensivligini (radioaktiv modda bir sekundda chiqaradigan zarralar sonini) aniqlashdan iborat. Ularni qayd qilishning eng keng tarqalgan usullari zarralarning ionlashishiga va fototokimyoviy ta'sirlarga asoslangandir. Bu vazifani bajaruvchi asboblari ham ikki turga bo'linadi:

1. Zarralarni fazoning biror qismidan o'tganligini qayd qiluvchi va ba'zi hollarda ularning baz'i xarakteristikalarini, masalan, energiyasini aniqlashga imkon beruvchi asboblari. Bunday asboblarga sintillatsion (chaqnovchi)

hisoblagich. Cherenkov hisoblagichi, gaz razryadli hisoblagich, yarimo'tkazgichli hisoblagich va impulsli ionlashtiruvchi kamera misol bo'la oladi.

2. Zarraning moddada izini kuzatishga, masalan, suratga tushirishga imkon beruvchi asboblari. Bunday asboblarga Vilson kamerasi, diffuziyali kamera, pufakli kamera, fotoemulsiya usuli misol bo'la oladi. Biz quyida ularning ba'zilar bilan tanishib o'tamiz.

Sintillatsion hisoblagich. Ish prinsipi tez zarralarning flures-siyalanuvchi ekranga tushishida ro'y beradigan chaqnash – sintillatsiyaning kuzatilishiga asoslangan. Hosil bo'lgan kuchsiz yorug'lik chaqnashi elektr impulslariga aylantiriladi va kuchaytirilib, maxsus apparatlar yordamida qayd qilinadi. A – zarra birinchi marta aynan shunday hisoblagich yordamida qayd qilingan edi.

Gaz razryadli hisoblagich. Bunday hisoblagich, odatda, gaz to'ldirilgan metall silindr (katod) va uning o'qi bo'ylab tortilgan ingichka sim (anod)dan iborat bo'ladi. Qayd etiladigan zarra elektrodlar orasidan o'tganda gazni ionlashtiradi. Bu ionlar esa gaz, devor atomlari va molekulalar bilan to'qnashib, ularni ikkilamchi ionlashtiradi. Umuman olganda, ikki xil razryadli hisoblagich mavjud. Birinchisi, *proposional hisoblagich* deyilib, unda deb ataluvchi ikkinchi xil hisoblagichda esa gaz razryadi mustaqil bo'ladi. Geyger-Myuler hisoblagichlarning ajrata olish vaqti $10^{-3} - 10^{-7}$ s ni tashkil qiladi, ya'ni shunday vaqt oralig'ida tushgan zarralar qayd qilinadi. Gaz razryadli hisoblagichlarning zaryadlangan zarralarni qayd etish unumdorligi 100% bo'lsa, γ – kvantlar uchun 5% ni tashkil qiladi.

Vilson kamerasi. Kamera 1911-yilda ingliz fizigi Ch. Vilson tomonidan yaratilgan. U tez uchib kelayotgan zarralarning bug'simon holatdagi moddadan o'tganida, shu modda molekulalarini ionlashtirishiga asoslangan.

Fotoemulsiya usuli. 1927-yilda rus fizigi L.Misovski zaryadlangan zarralar izini qayd qilishning oddiy usulini taklif qildi. Zaryadlangan zarralar fotoemulsiya orqali o'tganda, unda tasvir hosil qiluvchi ionizatsiyaning vujudga keltiradi. Surat ochilgandan keyin zaryadlangan zarralarning izlari ko'rinib qoladi. Emulsiya juda qalin bo'lganligi uchun ham zarraning unda qoldirgan izi juda ham qisqa bo'ladi. Shuning uchun, fotoemulsiya usuli juda katta energiyali tezlatkichlardan chiqayotgan zarralar va kosmik nurlar vujudga keltiradigan reaksiyalarni o'rganish maqsadida ishlatiladi.

2. Kosmik nurlar. Zarralar va antizarralar. Kosmik nurlar. 1912–yilda Yer sirtidagi havo qatlamining ionlashuvini o'rgangan avstriyalik fizik V.F.Gess qiziq natijaga duch keldi. Uning fikriga ko'ra, havoning ionlashuvini asosan Yerdan chiqayotgan radioaktiv nurlar vujudga keltirishi va shuning uchun ham yuqoriga ko'tarilgan sari havoning ionlashuvi

kamayishi kerak edi. Ammo tajriba natijasiga ko'ra 500 m balandlikdagi havoning ionlashish darajasi Yer sirtinikidan 3 marta katta bo'lib chiqdi.

Ushbu holni tahlil qilgan olimlar, havoning ionlashuvini faqatgina Yerning radioaktivligi emas, balki koinotdan va Quyoshdan kelayotgan nurlar ham vujudga keltiradi, degan xulosaga kelishdi. Bu nurlarga *kosmik nurlar deb* nom berdi.

Tajribalarning ko'rsatishicha, kosmik nurlarning intensivligi yuqoriga ko'tarilgan sari tez ortadi va o'zining maksimal qiymatiga erishgach, yana kamayadi. Taxminan 50 km balandlikdan boshlab intensivlik qariyb o'zgarmay qoladi. Kosmik nurlar *birlamchi va ikkilamchi* kosmik nurlarga ajratiladi.

Birlamchi kosmik nurlar. Bevosita kosmosdan keladigan nurlar *birlamchi kosmik nurlar* deyiladi.

Ikkilamchi kosmik nurlar. Atmosferaning yuqori qatlamlarigacha yetib kelgan birlamchi kosmik nurlar u yerdagi atom yadrolari bilan to'qnashib *ikkilamchi kosmik nurlarni* vujudga keltiradi.

Zarralar va antizarralar. "Elementar" so'zining lug'aviy ma'nosi "eng soda" demakdir. Garchi bugungi kungacha ma'lum zarralarni elementar deb atash uncha to'g'ri bo'lmasa-da, dastlabki paytlarda kiritilgan bu iboradan hamon foydalaniladi. Umuman olganda, zarralar endigina kashf qilina boshlanganda materiyaning eng kichik bo'lakchasi sifatida qabul qilingan va chindan ham elementar deb hisoblangan. Lekin ularning ba'zilarining (jumladan, nuklonlarning) murakkab tuzilishga ega ekanligi keyinroq ma'lum bo'lib qolgan. Hozirgi paytda 200 dan ortiq elementar zarralar mavjud. Ularning ko'pchiligi nostabil bo'lib, asta-sekin yengil zarralarga aylanadi.

Antizarralar. Birinchi antizara – elektronning antizarrasi (qarama-qarshi zarrasi) – *positron* kashf qilingandan so'ng, boshqa zarralarning ham antizarrasi yo'qmikan, degan savol tug'ildi. Antipotron 1955-yilda mis nishoni protonlar bilan bombardimon qilish natijasida hosil qilindi. 1956-yilda esa Eynshteyn kashf qilindi. *Hozirgi paytda har bir zarraning o'z antizarrasi, ya'ni massasi va spini teng zaryadli esa qarama-qarshi bo'lgan zarra mavjudligi aniqlangan.*

Elektron va protonlarning antizarralari zaryadining ishorasi bilan farq qilsa, neytron va antineytron xususiy magnit momentlarining ishorasi bilan farq qiladi. Zaryadsiz zarralar foton, π^0 – mezonlarning o'zlari va antizarralarining fizik xossalari bir xil.

3. Kuchzis o'zaro ta'sir. Gravitasion o'zaro ta'sir. Kuchli va kuchsiz o'zaro ta'sir. Elementar zarralarning kuchli o'zaro ta'siri o'ziga xos o'lchamsiz doimiy bilan xarakterlanadi:

$$\alpha_s = \frac{g^2}{4\pi\hbar c} \approx 15$$

bunda g - kuchli o'zaro ta'sir "zaryadi" (mezon zaryadi). Kuchli ta'sirning asosiy xossalari:

- a) ta'sir radiusi juda kichik
- b) yadrolar barqarorligini ta'minlaydi
- v) universal emas
- g) eng yuqori simmetriyaga ega
- d) yadroda nuklonlar π^0 , $\pi^\pm$, $K^\pm$ kabi mezonlar almashinish tufayli bog'lanadi, kvarklar esa glyuonlarga almashinadi.

Elektromagnit o'zaro ta'sir. Elektromagnit kuchlar nisbatan yaxshiroq o'rganilgan. Zarralarning o'zaro elektromagnit ta'sirlashuv kuchi kuchli o'zaro ta'sirga qaraganda ancha ojiz, boshqa kuchlarga nisbatan esa o'ta kuchlidir. Elektromagnit kuchlarining ta'sir doirasi 10^{-12} sm dan tortib kosmik masofalargacha davom etadi. Ko'pchilik fizikaviy hodisalar: atomlar va molekulalar tuzilishi, kristallar, ximiyaviy reaksiyalar, jismlarning termik va mexanikaviy xususiyatlari, radio to'lqinlar, quyosh va yulduzlarning nurlanishi va hokazo hodisalar elektromagnit kuchlarining ta'sir doirasiga kiradilar.

Elektromagnit o'zaro ta'sir har xil zarralarda har xil shiddat bilan namoyon bo'ladi. Elektr zaryadiga ega bo'lgan zarralarda eng katta elektromagnit o'zaro ta'sir kuchlari vujudga keladi. Massasi va spini nolga teng bo'lmagan zaryadsiz zarralar o'zaro kuchsizroq elektromagnit ta'sirda bo'ladilar. Eng kuchsiz elektromagnit o'zaro ta'sirga neytral, spinsiz zarralar, masalan neytral pi-mezon egadir. Zarralardan neytrino elektromagnit ta'sirni deyarli sezmaydi.

Elektromagnit o'zaro ta'sirni nozik tuzilish doimiysi deb ataluvchi o'lchamsiz kattalik xarakterlaydi

$$\frac{e^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137}$$

Elektromagnit o'zaro ta'sir zarralarning o'zidan foton chiqarib va yutib turishi jarayonida hosil bo'ladi deb tushuntiriladi. Bunday jarayon ham virtual, ya'ni kuzatib bo'lmaydigan jarayondir.

Kuchsiz o'zaro ta'sir. Agar tabiatda kuchsiz o'zaro ta'sir bo'lmasa, zarralardan faqat neytroni bo'lmas edi. Yadrolar, atomlar, molekulalar, kristallar mavjud bo'laverardi. Faqat barqaror zarralar soni va binobarin, atomlar va materiyaning tuzilish shakllari ancha ko'p bo'lardi. Kuchsiz o'zaro ta'sirning mavjudligi ba'zi bir zarralarni va natijada jismlarning ba'zi tuzilish shakllarini barqaror qiladi. Shunday qilib, kuchsiz o'zaro ta'sir ko'proq zarralarning parchalanishi bo'yicha "mutaxassisdir". Masalan, myu-mezonlar, zaryadli pi-mezonlar, neytron va boshqa bir guruh og'ir zarralarning

parchalanishi faqat kuchsiz o'zaro ta'sir orqaligina ro'y beradi. Kuchsiz o'zaro ta'sir jarayonlarining bunchalik xilma-xilligiga qaramasdan ularning hammasi uchun doimiy bitta:

$$\left(\frac{G}{\hbar c}\right)^2 \left(\frac{\hbar}{mc}\right)^{-4} \approx 5 \cdot 10^{-14},$$

$\frac{\hbar}{mc}$ - parchalanuvchi zarraning kompton to'lqin uzunligi, G - parchalanish jarayoni uchun bog'lanish doimiysi.

Kuchsiz o'zaro ta'sir doirasining radiusi eng qisqa bo'lib, taxminan 10^{-16} sm ga teng. Kuchsiz o'zaro ta'sirni tashuvchi zarralar $W^\pm$ va Z^0 oraliq bozonlardir.

Kuchsiz o'zaro ta'sir kuchli va elektromagnit o'zaro ta'sirlarga qaraganda kamroq simmetriyaga ega, ya'ni kuchsiz o'zaro ta'sirlarda saqlanish qonunlari ko'proq buziladi.

Gravitatsion o'zaro ta'sir. Gravitatsion o'zaro ta'sir ko'rib o'tilgan o'zaro ta'sirlar ichida eng zaifidir. Tabiatda mavjud to'rtta o'zaro ta'sirlar ichida zarralarning o'zaro gravitatsiya ta'siri uni xarakterlovchi vaqtning juda kattaligi ($\sim 10^{17}$ sek) va unga xos ta'sir kuchining juda kichikligi (10^{-38}) sababli hozirgacha elementar zarralar nazariyasida deyarli e'tiborga olinmaydi.

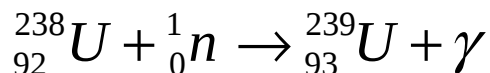
Gravitatsion o'zaro ta'sir o'zining uchta muhim xususiyati - cheksiz katta ta'sir doirasiga egaligi, absolyut universalligi va har qanday ikki massa o'rtasidagi ta'sir kuchi ishorasining bir xilligiga asosan butun Koinotda, astronomik masshtablarda asosiy rol o'ynaydi. Uchinchi xususiyatiga asosan gravitatsion o'zaro ta'sir kuchi shu ta'sirdagi jismlarning massalari ortishi bilan tez ortadi.

Shu sababli elementar zarralar nazariyasining oxirgi yutuqlari gravitatsion o'zaro ta'sir katta energiyalik zarralar olamida munosib o'ringa ega bo'lishi mumkinligini ko'rsatdi. Haqiqatdan yuqori energiyagacha tezlatilgan zarralarning relyativistik massasi ortishi bilan gravitatsion o'zaro ta'sir sezilarli bo'ladi. Elektromagnit maydonga qiyos qilib gravitatsion o'zaro ta'sir gravitonlar deb ataluvchi zarralar vositasida vujudga keladi deb hisoblanadi. Har qanday jism, zarralar o'zidan gravitonlar chiqarib turadi. Gravitonning harakatsiz holdagi massasi 10^{-39} - 10^{-42} MeV ga, ya'ni deyarli nolga teng, harakat tezligi yorug'lik tezligidan biroz kam, spini ikkiga teng. Gravitonning to'lqin uzunligi 10^{28} sm. Bu kattalik koinotning radiusiga teng keladi.

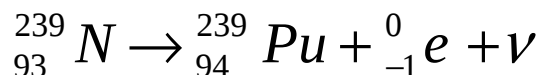
Gravitatsion o'zaro ta'sirni xarakterlovchi vaqtning va gravitonlar to'lqin uzunligining cheksiz kattaligi bu ta'sirning butun Olam bo'ylab deyarli so'nmasdan tarqalishiga sabab bo'ladi. Shunday qilib gravitatsiya maydoni bilan o'zaro ta'sirda bo'ladigan har qanday zarra uchun gravitonlar har doim

realdir. Real gravitonsiz hech qanday holatning bo'lishi mumkin emas. Bu fikr har qanday o'zaro ta'sirda ham ishtirok qiluvchi gravitatsiya maydoni universal ekanligini ko'rsatadi.

4. Yadroviy reaksiyalar. Yadroviy reaksiyalar vaqtidagi massa, impulsi va uning saqlanish qonuni. Yadroviy reaksiyalar. Tabiiy uranda ishlovchi reaktorda ikkilamchi neytronlarning bir qismini uran – 238 yutib uran – 239 ga aylanadi:



Uran bir karra β – yemirilishidan so'ng neptuniy yadrosi plutoniy – 239 yadrosiga aylanadi:



Plutoniy – 239 ning yarim yemirilish davri 24 ming yilga teng va uning bo'linish qobiliyati uran – 235 dan kam emas. Undan yadro reaktorlarida yonilg'i sifatida foydalanish mumkin. Shunday qilib, uran – 235 ning ishlatilishi undan yomon bo'lmagan yonilg'i – plutoniy – 239 ning hosil bo'lishiga olib keladi.

Bitta uran – 235 yadrosi bo'linganda o'rtacha 2,5 ta neytron ajraladi. Zanjir reaksiyasini davom ettirish uchun esa bitta neytron yetarli. Demak, 1,5 ta neytron plutoniy yadrosini hosil qilishga sarflanadi. Shunday qilib, uran – 235 yadrosi bo'linganda nafaqat energiya ajralib chiqmay, ishlatilganidan ko'ra ko'proq yadro yonilg'isi ham qayta ishlab chiqilar ekan.

Yadro reaktorining turlari. Hozirgi paytda turli-tuman reaktorlar yaratilgan bo'lib, ular quyidagi turlarga bo'linadi:

- *yonilg'i yadrosining bo'linishini vujudga keltiradigan neytronlarning energiyasiga qarab:* issiq neytronlar reaktori; tez neytronlar (energiyasi 1 MeV dan katta neytronlar) reaktori;

- *yonilg'ining turiga qarab:* tabiiy uranda, boyitilgan uranda, sof yonilg'ida ishlaydigan reaktorlar;

- *vazifasiga qarab:* ilmiy tadqiqotlar uchun, plutoniy ishlab chiqarish uchun, elektr energiya ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan reaktorlar.

Yadroviy reaksiyalar vaqtidagi massa, impul's va uning saqlanish qonuni. Ikki zarracha sistemasining harakati to'g'risidagi massala qo'zg'almas markazdan r masafada turgan va massasi ikkala zarracha massalari orqali

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

bilan ifodalangan bitta zarrachaning harakati to'g'risidagi masalaga ekvivalent ekan. μ massa saqlanish qonuni deb ataladi. Nyutonning uchinchi

qonuniga binon, bu kuchlarning kattaligi teng va yo'nalishi qarama – qarshi, shuning uchun

$$F_{12} + F_{21} = 0$$

$m_1 r_1 = F_{12}$ va $m_2 r_2 = F_{21}$ larni qo'shib va $F_{12} + F_{21} = 0$ ni hisobga olgan holda quyidagilarni topamiz:

$$m_1 r_1 + m_2 r_2 = 0,$$

bunda

$$\frac{d}{dt}(m_1 r_1 + m_2 r_2) = 0,$$

$$m_1 r_1 + m_2 r_2 = \text{const},$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = \text{const}$$

$m_i r_i = m_i v_i$ vektor kattalik zarrachaning impulsi yoki harakat miqdori deb ataladi.

Har qanday kichik kuchlar ta'sirida bo'lgan ikkita zarracha sistemasida impulsining saqlanish qonunini ifodalaydi. n ta zarrachalar sistemasiga ham umumlashtirish mumkin. k–zarrachaning harakat tenglamasi $m_k r_k = \sum_l F_{kl}$

Sistemaning barcha zarrachalari uchun harakat tenglamalarni yozib va ularning yig'indisini olib, chap tomonini vaqtdan olingan birinchi hosila

shaklida ifodalaymiz: $\frac{d}{dt} \sum_i m_i r_i = \sum_{i,j} F_{ij}$

Nyutonning uchinchi qonuniga binoan, har bir kuchlar juft uchun

$$F_{kl} + F_{lk} = 0$$

shuning uchun,

$$\frac{d}{dt} m_i r_i = 0$$

yoki $\sum m_i r_i = \text{const}$, shuni isbot qilish kerak edi.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Kuchli o'zaro ta'sirni tushuntirib bering?
2. Qanday ta'sirlarga kuchsiz o'zaro ta'sir deb ataladi?
3. Gravitasion ta'sir qanday ta'sir?
4. Yadroviy reaksiyalar vaqtidagi massa, impul's va uning saqlanish qonunilarni tushuntirib bering.

29 - MA'RUZA. ATOM YADROSI.

Reja:

1. Atom yadrosining tarkibi.
2. Yadro kuchlari va ularning xossalari.
3. Yadro massasi va bog'lanish energiyasi.

Tayanch iboralar: atom yadrosining tuzilishi, yadro kuchlari, atom yadrosi.

Ko'rgazmali qurollar: plakatlar, animatsion dasturlar, slaydlar.

O'tilgan mavzuni takrorlash

1. Kuchli o'zaro ta'sirni tushuntirib bering?
2. Qanday ta'sirlarga kuchsiz o'zaro ta'sir deb ataladi?
3. Gravitasion ta'sir qanday ta'sir?
4. Yadroviy reaksiyalar vaqtidagi massa, impul's va uning saqlanish qonunlarni tushuntirib bering.

Mavzuning brishi

1. Atom yadrosining tarkibi. Atom markazida yadro joylashgan va uning atrofida turli orbitalar bo'yicha elektronlar tinimsiz harakat qiladi. Atom yadrosi atomning markaziy qismida joylashgan bo'lib, proton va neytronlardan tashkil topgan. Atomning ichki tuzilishi qanday? - bu savol XX asr boshlarigacha yechilmay keldi. Shu davrga qadar faqat atomning o'lchami 10^{-8} sm atrofida ekanligi, musbat va manfiy zarralar esa atom ichida muallaq harakatda ekanligi, hamda elektron massasi atom massasiga nisbatan bir necha ming marta kichik bo'lishligi ma'lum edi, xolos.

Yana bir elementar zarra - neytronni 1932 yil Chedvik aniqladi. Shundan so'ng fizik D.D.Ivanenko va nemis olimi V.Geyzenberg bir-biridan mustaqil ravishda atom yadrosi proton va neytronlardan tashkil topgan, degan fikrni ilgari surdilar. Shu tariqa atom yadrosining proton-neutron modeli yaratildi. Proton va neytronning birgalikdagi nomi nuklon deb ataladi. Bu nom lotincha NUCLEUS yadro degan so'zdan olingan bo'lib, u proton va neytron yadroviy zarralar ekanligini anglatadi.

Proton musbat elementar elektr zaryadga ega bo'lgan zarradir, ya'ni, $q = +e = +1,60219 \cdot 10^{-19}$ Kl. Uning tinchlikdagi massasi $m_p = 1,67265 \cdot 10^{-27}$ kg. Neytron esa elektroneytral zarra bo'lib, uning tinchlikdagi massasi $m_n = 1,67495 \cdot 10^{-27}$ kg. Bundan tashqari energiya va massaning ekvivalent qonuniga ($W = m \cdot c^2$) asoslanib, massa Joul larda yoxud elektron Voltlarda ($1J = 6,2419 \cdot 10^{18}$ eV) ham ifodalanadi. Demak,

$$m_p = 1,5033 \cdot 10^{-10} \text{ J} = 938,28 \text{ MeV}$$

$$m_n = 1,5054 \cdot 10^{-10} \text{ J} = 939,57 \text{ MeV}$$

Har qanday fermionlar (Fermi-Dirak statistikasiga tegishli zarralar) kabi nuklonlarning ham spinlari (Spin - ingliz so'zidan olingan bo'lib burilib

aylanish deganidir) yarimga teng, ya'ni $S = 1/2$. Elementar zarralar spinlarini kvant sonlari yordamida ana shunday yozish mumkin. Proton yoxud neytronning spini $1/2$ ga teng deyilganda, nuklon spinining ixtiyoriy yo'nalishga (masalan tashqi magnit maydon yo'nalishiga) proyeksiyasi

$$\frac{1}{2} \hbar = \frac{1}{2} \cdot 1,054559 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 0,5273 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

ga teng ekanligini tushunishimiz lozim.

Proton va neytronlar xususiy magnit momentlarga ham ega, ularning qiymatlari quyidagicha:

$$\mu_p = + 2,79 \mu_N$$

$$\mu_n = - 1,91 \mu_N$$

Bu ifodadagi ya yadrolar va zarralarning magnit momentlarini o'lchash uchun qo'llaniladigan va yadroviy magneton deb ataluvchi kattalik.

Bu tushuncha Bor magnetoniga qiyoslab kiritilgan. Agar Bor magnetoni ifodasining maxrajidagi elektron massasi m_e o'rniga proton massasi m_p qo'ysak, yadroviy magnetonning ifodasi hosil bo'ladi:

$$\mu_N = \frac{e\hbar}{2m_p} = 5,0508 \cdot 10^{-27} \frac{\text{A}}{\text{M}^2}$$

D.I.Mendeleyev davriy jadvalidagi elementlarning tartib nomeri Z shu element atomi yadrosining zaryadini aniqlaydi. Yadrodagı nuklonlar soni, ya'ni yadro tarkibidagi barcha protonlar soni Z va barcha neytronlar soni N ning yig'indisi

$$Z + N = A$$

yadroning massa soni deyiladi.

Yadrolarni belgilashda elementning ximiyaviy simvolidan foydalanib, simvolning yuqoridagi o'ng tomonida yadroning massa soni yoziladi. Masalan: Li^7 , Au^{197} va hokazo. Ba'zan simvolning pastki chap tomonida elementning tartib nomeri (protonlar soni) ham qayd qilinadi:

$${}_8\text{O}^{16}, {}_{20}\text{Ca}^{40}, {}_{26}\text{Fe}^{54}, {}_{75}\text{Re}^{182}, {}_{92}\text{U}^{235}.$$

Ba'zi hollarda esa yadrodagı protonlar va neytronlar sonini aks ettirish uchun ximiyaviy simvolning pastki o'ng tomoniga neytronlar soni ham yozib qo'yiladi:

$${}_8\text{Bi}_{126}^{209}, {}_{92}\text{U}_{146}^{238}.$$

Demak, yadroni xarakterlash uchun Z , N va A sonlar qo'llaniladi. Bu sonlardan birontasi o'zgarmas bo'lgan yadrolarni umumlashtiruvchi quyidagi nomlardan foydalaniladi:

1. Z lari bir xil bo'lgan yadrolar **IZOTOPLAR** deyiladi.

Masalan vodorodning uchta izotopi mavjud bo'lib,

$${}_1\text{H}_0^1 (\text{protiy}), {}_1\text{H}_1^2 (\text{deyteriy}), {}_1\text{H}_1^3 (\text{tritiy}).$$

Demak, izotoplar deganda neytronlar soni bilan farqlanuvchi ayni element atomlarining yadrolarini tushunish lozim. Masalan: ${}^7N^{15}$, ${}^8O^{16}$, ${}^9F^{17}$.

2. N lari bir xil bo'lgan yadrolar **IZOTONLAR** deyiladi.

3. Z va N lari har xil, lekin $A=Z+N$ lari bir xil bo'lgan yadrolar **IZOBARLAR** deyiladi.

Masalan: ${}_{74}W^{181}$, ${}_{75}Re^{181}$, ${}_{76}Os^{181}$, ${}_{77}Ir^{181}$.

Yadrolarning impuls momentlari (yoki oddiygina spinlari) yadro tarkibiga kiruvchi nuklonlarning orbital va xususiy momentlarining vektor yig'indisi shaklida aniqlanadi. Yadrolar spinlarining qiymatlari Z va N larning toq va juftligiga bog'liq:

- Z va N lari juft sonlar bilan ifodalangan barcha yadrolar (bunday yadrolar juft-juft yadrolar deb ataladi) ning spinlari nolga teng.
- Z va N lari toq sonlar bilan ifodalangan yadrolar (bunday yadrolar toq-toq yadrolar deb yuritiladi) ning spinlari butun sonli qiymatlarga (masalan 0,1,2,...) ega bo'ladi.
- Nuklonlarning umumiy soni $A=Z+N$ toq sonli qiymatlar bilan aniqlanadigan yadrolar (Z -toq, N -juft, yoki aksincha, bo'lishi lozim) ning spinlari $1/2$, $3/2$, $5/2$ va hokazo qiymatlarga teng bo'ladi.

Yadroning magnit momentini yadro tarkibidagi nuklonlar xususiy magnit momentlarining vektor yig'indisi tarzida ifodalash mumkin emas. Bu fikrimizning isboti tariqasida H^2 (deyteriy) yadrosi ustida mulohaza yuritaylik. H^2 yadrosi bitta proton va bitta neytrondan tashkil topgan. Uning spini 1 ga teng. Bundan proton va neytronning spinlari bir xil yo'nalishga ega (chunki $1/2+1/2=1$), degan xulosaga kelamiz. U holda deyteriyning magnit momenti

$$\mu_H = \mu_p + \mu_n = (2,79 - 1,91\mu_{ya}) = 0,88\mu_{ya}$$

bo'lishi lozim edi. Tajribalarda esa deyteriyning magnit momenti $0,86\mu_{ya}$ ga tengligi topiladi. Demak, yadroning magnit momentida nuklonlarning xususiy magnit momentlaridan tashqari protonlarning orbital magnit momentlarining qissasi ham mavjud.

Yadro o'lchamlarini aniqlash uchun bir qator tajribalar o'tkazilgan. Bu tajribalarda yadrolarning shakli sferaga yaqinligini va bu sferalarning radiuslari yadroning massa sonini $1/3$ darajasiga proporsional ekanligi aniqlanadi:

$$R_y \approx 1,3 \cdot 10^{-15} A^{1/3} \text{ m.}$$

Yadro moddasining zichligini esa taqribiy ravishda quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\rho_y = \frac{m_y}{V_y} = \frac{A \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{\frac{4}{3} \pi R_y^3} \approx 1,8 \cdot 10^{17} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Demak, yadro moddasining zichligi yadro tarkibidagi nuklonlar soniga bog'liq emas. Uning qiymati shu qadar kattaki, yadroviy modda zichligidek zichlikka ega bo'lgan jismdan yasalgan, radiusi 200 m chamasidagi sharning

massasi Yerning massasiga teng bo'lar edi. $F_k = \frac{e \cdot e}{4\pi\epsilon_0 r^2} \approx 34 H$

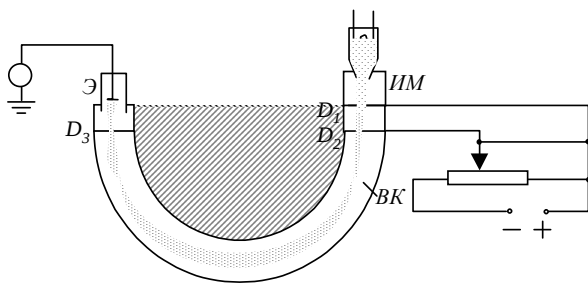
2. Yadro kuchlari va ularning xossalari. Nuklonlar orasidagi o'zaro gravitasion tortishish kuchi demak, bu aqlga sig'maydi. Chunki tortishish kuchi juda kichik. Ikkita proton orasida o'zaro tortishish kuchi, ular orasidagi kulon ta'sir ichida ham 10^{36} marta kichik. Bu kuch kulon kuchi ham bo'lishi mumkin emas. Chunki yadrodagi protonlar orasida tortishish emas, balki itarishish kuchlari mavjud bo'lishi kerak. Proton va elektrneytral neytron hamda neytron – neytron orasida umuman kulon ta'sir bo'lishi mumkin emas. Bundan tashqari, elektr xarakteriga ega atomdagi elektronning energiyasi eV lar tartibida bo'lsa, yadrodagi nuklonlarning energiyasi undan million marta kattaligini oldingi mavzuda qayd etdik. Bularning hammasi, yadroda bizga noma'lum bo'lgan boshqa kuch mavjud, degan xulosaga kelishimizga sabab bo'ldi.

Yadroni kulon kuchi ta'sirida parchalanib ketishidan saqlab turadigan bunday tortishish kuchlari yadro kuchlari deyiladi.

3. Yadro massasi va bog'lanish inergiyasi. Turli kimyoviy elementlar izotoplarining massalari mass-spektrometr deb ataluvchi qurilmalar yordamida yetarlicha aniqlik bilan o'lchanadi. Mass-spektrometrlarning tuzilishi quyidagi rasmda tasvirlangan. Ion manbaida (IM) jism atomlari musbat zaryadlangan ionlarga aylantiriladi. So'ngra D_1 va D_2 tirqishli to'siqlar oralig'ida q zaryadli ionlar qU energiyagacha tezlatiladi, ya'ni vakuum kameraga (VK) kirayotgan ionlar uchun $\frac{mV^2}{2} = qU$ munosabat o'rinli bo'ladi.

Bunda m - ionning massasi, V - uning tezligi. Vakuum kamerada ionlarga perpendikulyar yo'nalishdagi bir jinsli magnit maydon ta'sir etadi. Bu maydon ta'sirida ion aylanma trayektoriya bo'yicha harakatlanadi. R radiusli aylana bo'ylab harakatlanayotgan ionga ta'sir etuvchi markazdan qochma kuch induksiyasi B bo'lgan magnit maydon tomonidan ta'sir etuvchi Lorens kuchiga teng, ya'ni $\frac{mV^2}{R} = qVB$ tenglamalarni birga yechsak,

$m = \frac{qR^2B^2}{2U}$ ifodani hosil qilamiz.



Demak, m massa va q zaryad bilan xarakterlanuvchi ionning induksiyasi B bo'lgan bir jinsli maydondagi aylanma trayektoriyasining radiusi U tezlatuvchi potensial bilan aniqlanadi. Shuning uchun tezlatuvchi potensialni asta-sekin o'zgartirib, ion orbitasining

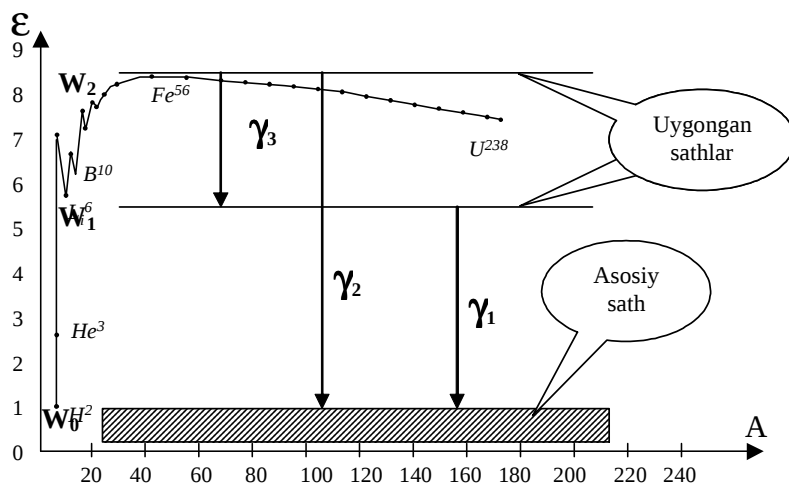
radiusini kamera radiusiga moslashtirish mumkin. Natijada ionlar D_3 to'siqdagi tirqishdan o'tib E elektrometrغا tushadi, bu esa o'z navbatida elektrometr tokining qiymatini keskin oshishiga sabab bo'ladi. Ifodadan foydalanib ion massasi aniqlanadi. Yadro massasi haqida axborot olish uchun ion massasidan uning tarkibidagi barcha elektronlar massalarini ayirish kerak, albatta. Mass-spektrometrlar yordamida olingan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, yadroning massasi uning tarkibidagi nuklonlar massalarining yig'indisidan kichik. Masalan, He^4 yadrosining massasi 4,001523 m.a.b. ga teng. Bu yadro ikki proton va ikki neytrondan tashkil topgan. Bu nuklonlarning umumiy massasi $2 m_p + 2 m_n = (2 \cdot 1,007276 + 2 \cdot 1,008665)$ m.a.b. = 4,031882 m.a.b. ga teng. Demak, He^4 yadrosining massasi uning tarkibidagi nuklonlarning umumiy massasidan $\Delta m = (2m_p + 2m_n) - m_{\text{He}^4} = (4,031882 - 4,001523)$ m.a.b. = 0,030359 m.a.b. qadar kichik. Bu muammoni qanday tushunmoq kerak. Mazkur savolga javob berish uchun nisbiylik nazariyasining asosiy xulosalaridan biri bo'lgan energiya va massaning ekvivalentligi haqidagi prinsipga murojaat qilamiz. Bu prinsipning ta'kidlashicha, agar sistema biror ΔW energiya yo'qotsa yoki qo'shib olsa, uning massasi $\Delta m = \Delta W / c^2$ qadar kamayadi yoki ortadi. Shu prinsipga asoslanib yuqoridagi misolni muhokama qilaylik. Ikki proton va ikki neytrondan iborat sistema mavjud. Nuklonlar bir-biri bilan ta'sirlashmaydigan darajadagi uzoqlikda joylashgan (ya'ni izolyatsiyalashgan) xayoliy holni sistemaning bir holati desak, to'rtala nuklon yadro bo'lib bog'langan real holni sistemaning ikkinchi holati deb hisoblash lozim. Sistemaning bu ikki holatdagi massalarining o'zgarishi m ga teng bo'lyapti.

Demak, munosabatga asosan, nuklonlar bir-biri bilan bog'langanda (yadro tarzida) ularning energiyasi $\Delta W = \Delta m \cdot c^2$ ga o'zgaradi. Boshqacha aytganda, Δm - nuklonlarning bog'lanish energiyasini ifodalovchi kattalik.

Umuman, fizikada (kimyoda ham) bog'lanish energiyasi deganda shu bog'lanishni butunlay buzish uchun bajarilishi lozim bo'ladigan ish tushuniladi. Xususan, yadrodagi nuklonlarning bog'lanish energiyasi - yadroni tashkil etuvchi nuklonlarga butunlay ajratish uchun sarflanadigan energiyadir. Uning qiymati quyidagicha aniqlanadi: $W_b = (Zm_p + Nm_n - m_{ya})c^2$.

Yadro bog'lanish energiyasining nuklonlar soniga nisbati, ya'ni $\varepsilon = W_b / A$ kattalik yadrodagi nuklon bog'lanishining o'rtacha energiyasi

deb ataladi. ε ning qiymati qanchalik katta bo'lsa, nuklonni yadrodan ajratish uchun shunchalik ko'proq energiya sarflash kerak bo'ladi. Bu esa o'z navbatida yadroning mustahkamroq ekanligini bildiradi. ε ing turli yadrolar uchun qiymatlari.



Abssisa o'qi bo'ylab yadrolarning massa soni A joylashtirilgan. Rasmdan ko'rinishicha, $A = 50 \div 60$ da ε ning qiymati maksimumga ($\sim 8,8 \text{ MeV}$) erishadi. Eng kichik qiymat esa H^2 misolida ($\sim 1 \text{ MeV}$) kuzatiladi. Massa soni 3 ga teng bo'lgan H^3 va He^3 yadrolari uchun $\varepsilon \approx 2,5 \text{ MeV}$. Lekin He^4 yadrosida ε ning qiymati 7 MeV ga yetadi. Shuning uchun ham He^4 juda mustahkam yadro sifatida namoyon bo'ladi. Umuman, Mendeleyev davriy jadvalining o'rta qismidagi elementlar yadrolari, ya'ni $40 < A < 120$ bilan xarakterlanuvchi yadrolarda nuklonlar yadro bilan mustahkam bog'langan. Nuklonlar soni yanada oshgan sari ε ning qiymati kamayib boradi. Masalan, uran uchun ε ning qiymati $7,6 \text{ MeV}$ ga teng. ε ning A ga bog'liqlik grafigidagi $40 < A < 120$ sohani deyarli gorizontall bo'lishini yadroviy kuchlarning to'yinish xususiyati bilan tushuntiriladi, ya'ni yarodagi har bir nuklon qolgan barcha nuklonlar bilan emas, balki faqat o'zining atrofidagi nuklonlar bilan yadroviy kuchlar vositasida ta'sirlashadi. $A < 40$ sohada esa yadrolardagi nuklonlar soni unchalik ko'p emas. Shuning uchun har bir nuklon yadrodagi barcha nuklonlar bilan ta'sirlashadi. Bu esa o'z navbatida ε ning qiymatini yadrodagi nuklonlar soniga deyarli proporsional o'zgarishiga sabab bo'ladi. Grafikning og'ir yadrolariga mos sohada pasayishini yadrodagi protonlar orasidagi kulon itarishish kuchlarining roli bilan tushuntiriladi. Haqiqatan, og'ir yadrolarda yadroviy kuchlar to'yingan. Kulon kuchlari esa yadro o'lchamidan katta masofalarda ham namoyon bo'la oladi. Shuning uchun bu kuchlar yadrodagi protonlar soniga monand ravishda ortib boradi va yadroviy kuchlarga qarshilik ko'rsatadi. Bu esa og'ir yadrolarda ε ning

qiymatini kamayishiga olib keladi. Z proton va N neytrondan tashkil topgan yadro bog'lanish energiyasining qiymatlari bir necha bo'lishi mumkin. Bu qiymatlar yadroning turli holatlarini ifodalaydi. Xususan, *yadroning asosiy holatiga bog'lanish energiyasining eng kichik qiymati W_0 mos keladi.* Bog'lanish energiyasining kattaroq qiymatlari esa yadroning uyg'ongan holatlarini xarakterlaydi. Shuning uchun yadro bog'lanish energiyasining mumkin bo'lgan $W_i > W_0$ qiymatlari ayni yadroning energetik sathlarini ifodalaydi. Yuqoridagi rasmda yadroning asosiy va uyg'ongan energetik sathlari tasvirlangan. *Yadro bir uyg'ongan holatdan quyiroq uyg'ongan holatga yoki asosiy holatga o'tganda elektromagnit nurlanish chiqaradi. Bu nurlanish gamma-kvant yoki gamma-nur (γ) deb ataladi.* Chiqariladigan γ -nurlarning energiyasi yadroning boshlang'ich va oxirgi holatlarini xarakterlovchi energetik sathlar farqiga teng. Masalan, γ_1 -kvant energiyasi $W_1 - W_0$ ga, γ_2 - kvant energiyasi esa $W_2 - W_0$ ga teng. Lekin yuqoriroq sathdan quyiroq sathga o'tishlarning barchasi ham amalga oshavermaydi. Umuman, o'tishlar intensivligi (ya'ni ehtimolligi) sathlarning kvant xarakteristikalariga bog'liq. O'tishlar intensivligining tafsiloti ancha murakkab bo'lib, ular ustida to'xtalmaymiz.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Atom yadrosi tushunchasini kim kiritgan?
2. Nimaga asoslanib bunday tushuncha kiritilgan?
3. Yadrodan qancha kichik?
4. Atom massasining qancha qismi yadroda mujassamlashgan?
5. Materiyaning qancha qismini bo'shliq tashkil qiladi?
6. Izotoplar qanday elementlarga aytiladi?

Uyga vazifa

Yadrodagi nuklonlarning o'zaro ta'siri.

30 - MA'RUZA. RADIOAKTIVLIK. TERMOYADROVIY REAKSIYALAR.

Reja:

1. Tabiiy va sun'iy radioaktivlik.
2. Radioaktivlik qonunlari. Yadrolarning bo'linishi.
3. Termoyadroviy reaksiyalar va ularning energiyasi.
4. Yagona maydon haqida tushuncha.
5. Olamning paydo bo'lishi va uning kelajagi.

Tayanch iboralar: radioktivlik, sun'iy radioktivlik, tabiiy radioaktivlik, yadrolarning bo'linishi, zanjir reaksiyasi, termoyadroviy reaksiya.

Ko'rgazmali qurollar: mavzuga oid plakatlari, slaydlar, animatsion dasturlar.

O'tilgan mavzuning borishi

1. Atom yadrosi tushunchasini kim kiritgan?
2. Nimaga asoslanib bunday tushuncha kiritilgan?
3. Yadrodan qancha kichik?
4. Atom massasining qancha qismi yadroda mujassamlashgan?
5. Materiyaning qancha qismini bo'shliq tashkil qiladi?
6. Izotoplar qanday elementlarga aytiladi?

Mavzuning borishi

1. Tabiiy radioaktivlik. Uran radioaktiv chiqaradigan yagona element emas. Radioaktivlikni har tomonlama chuqur o'rgangan er – xotin Mariya va Pyer Kyurilar uran rudasidan ikkita radioaktiv element – poloniy (Po) va radiy (Ra) larni ajratib olish sharafiga muyassar bo'ldilar. Tabiiy radioaktiv elementlar yerning istalgan joyida mavjud. U holda, suv, tuproqda, jonli organizmning hujayralarida, oziq – ovqatlarda istalgancha topiladi.

Tabiiy radioaksiya deb, nostabil atomi yadrolarining turli zarralar chiqarish v energiya ajratish bilan stabil izotoplarga aylanishiga aytiladi.

Sun'iy radioaktivlik. Uran radioaktiv chiqaradigan yagona element emas. Radioaktivlikni har tomonlama chuqur o'rgangan er – xotin Mariya va Pyer Kyurilar uran rudasidan ikkita radioaktiv element – poloniy (Po) va radiy (Ra) larni ajratib olish sharafiga muyassar bo'ldilar. Tabiiy radioaktiv elementlar yerning istalgan joyida mavjud. U holda, suv, tuproqda, jonli organizmning hujayralarida, oziq – ovqatlarda istalgancha topiladi. Yadro reaksiylari vositasida olinadigan izotoplarning radioaktivligi sun'iy radioaktivlik deyiladi. Sun'iy va tabiiy radioktivlik orasida unchalik farq yo'q. Ular bir xil qonuniyatlarga bo'ysunadi.

2. Radioaktivlik qonunlari. Yadrolarning bo'linishi. *Radioaktivlik yemirilish qonunlari.* Yadroning radioktiv nur chiqarish bilan boshqa yadroga aylanishi radioaktiv yemirilishi yoki soddagina yemirilish deyiladi.

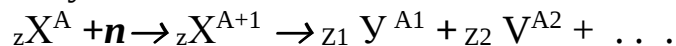
Radioaktiv yemirilgan yadro ona yadro, hosil bo'lgan yadro esa bola deyiladi. Ko'plab tajribalarning ko'rsatishicha, qaralayotgan hajmdagi radioaktiv atomlar soni vaqt o'tishi bilan kamaya boradi. Ba'zi elementlarda bu kamayish minutlar, hatto sekundlar davomida ro'y bersa, bu ba'zilarida milliardlab yil davom etadi. Umuman olganda, yadroning yemirilishi tasodifiy hodisadir. Shuning uchun, u yoki yadroning berilgan vaqt oralig'ida yemirilishi statistik qonunlariga bo'ysunadi. Radioaktiv elementning asosiy

xarakteristikalaridan bittasi har bir atomning bir sekund davomida yemirilish ehtimoli bilan aniqlanadigan kattalikdir. U λ harfi belgilanadi va radioaktiv yemirilish doimiysi deyiladi.

Agar boshlang'ich moment $t=0$ da N_0 ta radioaktiv atom mavjud bo'lsa, t momentda qolgan radioaktiv atomlarning soni $N=N_0e^{-\lambda t}$ qonunga muvofiq aniqlandi. Bu yerda $e \approx 2,72$ natural logarifmning radioaktiv yemirilish qonuni deyiladi.

Yadrolarning bo'linishi. E. Fermi (Italiya), I. Jolio - Kyuri va P.Savich (Fransiya), O.Gan va F.Shtrassman (Germaniya), O. Frish va L.Maytner (Avstriya) lar ning tajribalari va nazariy izlanishlari tufayli neytronlar bilan bombardimon qilingan og'ir yadrolar (masalan, uran) ni ikki qismga bo'linishi aniqlandi. Bundan tashqari neytronlar, elektronlar va γ - nurlanishlarning ham vujudga kelishi kuzatildi. *Bu hodisa yadro bo'linishi deb nom oldi.* Bo'linish jarayonida vujudga kelgan (Mendeleyev davriy jadvalining o'rtarog'idagi elementlariga taalluqli) yadrolarni esa bo'linish parchalari deb ataladi.

Bu hodisani yadro fizikasiga oid bilimlarimiz asosida talqin qilib ko'raylik. Neytron ${}_0^1X^A$ yadroga kirgach, uning nuklonlari orasida o'ralashib qoladi. Natijada yangi ${}_Z^AX^{A+1}$ yadro hosil bo'ladi, u esa ikki yadroga, ya'ni, ${}_{Z_1}Y^{A_1}$ va ${}_{Z_2}V^{A_2}$ yadrolarga bo'linadi. Bo'linish natijasida vujudga kelishi mumkin bo'lgan boshqa zarralar bilan qiziqmasak, mazkur reaksiyani quyidagicha yoza olamiz:

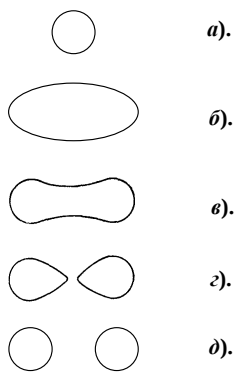


X yadroni Y va V yadrolarga ajralish imkoniyati energetik nuqtai nazardan

$$Q = (\epsilon_1 A_1 + \epsilon_2 A_2) - \epsilon A$$

ifodaning ishorasiga bog'liq. ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ lar mos ravishda bo'linish parchalari - Y va V hamda X yadrolardagi bitta nuklonga to'g'ri keluvchi bog'lanish energiyalarining qiymatlari. Davriy jadvalning o'rta qismidagi elementlar yadrolari uchun nuklonning yadroga bog'lanish energiyasi (ya'ni, ϵ_1 va ϵ_2 lar) ning qiymatlari jadval oxiridagi oqir yadrolarniki (ya'ni ϵ) ga nisbatan $\sim 0,8$ MeV katta. Shuning uchun Q ning ishorasi musbat bo'ladi. Bundan tashqari X yadroning nuklonlari Y va V yadrolar orasida taqsimlanganligi uchun $Z_1 + Z_2 = Z$ ba $A_1 + A_2 = A + 1 \approx A$ deb hisoblash mumkin. Natijada og'ir yadro (masalan, U^{235}) ikki o'rtacharoq yadroga ajralganda $Q \approx A * 0,8 \text{ MeV}$ energiya ajralishi lozim, degan xulosaga kelamiz.

Qizig'i shundaki, (hisoblashlar massa soni 100 dan katta bo'lgan barcha yadrolar uchun Q ning ishorasi musbat ekanligini ko'rsatdi. Demak, nazariy jihatdan $A > 100$ bo'lgan yadrolar o'z-o'zidan, ya'ni spontan bo'linishi mumkin.



U holda nima uchun spontan bo'linish faqat og'ir yadrolarda kuzatiladi? Haqiqatan, spontan ravishda og'ir yadroni ikki o'rtacharoq yadroga ajralishi elementlar davriy jadvalining oxiridagi ba'zi yadrolarda sobiq sovet fiziklari G.N.Flerov va K.A.Petrjaklar tomonidan kuzatildi. Lekin spontan bo'linishning tajribada aniqlangan ehtimolligi juda kichik, ya'ni yarim yemirilish davri nihoyat katta. Masalan, uran uchun $0,8 \cdot 10^{16}$ yilga teng. Demak, yuqoridagi savolni

quyidagicha ifodalasa ham bo'ladi: nima uchun ikkiga ajralishga nisbatan $Q > 0$ bo'lgan yadrolarning bo'linishini amalga oshirish uchun tashqaridan biror ta'sir berilishi kerak? Bu savolga javob berish uchun yadroning tomchi modelidan foydalaniladi. Mazkur modelda atom yadrosi suyuqlik tomchisiga o'xshatiladi. Shuning uchun yadroning bo'linish jarayonini bayon qilishdan oldin suyuqlik tomchisi ustidagi mulohazalarga to'xtab o'taylik. Agar sharsimon suyuqlik tomchisini astagina turtsek, u deformatsiyalanib, "nafas olayotgandek" tebranadi. Bunda tomchining shakli sharsimondan ellipsoidsimonga, undan yana sharsimonga o'tadi. Shu tarzda ma'lum vaqt tebrangach, tomchi yana sharsimon shaklini oladi, chunki bu shakl tomchi uchun asosiydir. Agar tomchiga berilgan turtki yetarlicha katta bo'lsa, tomchi tebranish jarayonida elastik deformatsiyaning kritik nuqtasidan o'tib ketadi. Natijada tomchining boshlang'ich sferasimon shaklga qaytish imkoniyati yo'qoladi. Shuning uchun tomchi bir necha bosqichlardan o'tib, ikkiga ajraladi. Yadroning bo'linishi ham tomchinikiga o'xshash bo'ladi. Neytron yadro ichiga kirib nuklonlarga aralashib ketadi va yadroviy kuchlar tufayli yadro bilan bog'lanib qoladi. Bunda neytron yadrodagı nuklonlar "kollektivi"ga o'zining kinetik va bog'lanish energiyalarining yig'indisiga teng miqdordagi energiya beradi. Yadroga berilgan bu energiya suyuqlik tomchisini deformatsiyalash jarayonida berilgan energiyaga o'xshaydi. Neytron olib kirgan energiya ta'sirida yadro bo'linadigan darajada deformatsiyalanmasa, bir qator tebranishlardan so'ng yadro boshlang'ich holatga qaytadi. Tebranish energiyasi esa γ -kvant tarzida nurlantiriladi. Agar neytronning energiyasi yadroga yuqoridagi v-rasmda tasvirlangandek gantelsimon shaklni berishga etarli bo'lsa, endi yadro sferasimon shaklini tiklay olmaydi. Haqiqatan, gantelsimon shaklga kelgan yadroning chekkalarida joylashgan protonlarning o'zaro itarishish kuchlarini yadroviy kuchlar muvozanatlashtirilmaydi, chunki yadroviy kuchlar faqat qisqa masofalardagina tortishuv xarakteriga ega. Natijada gantelsimon shakldagi yadro ikki yadroga bo'linish parchalariga ajraladi. Yadroning bo'linishi uchun yetarli darajada deformatsiyalay oladigan energiyaning qiymati bo'linishning kritik energiyasi W_{kr} (yoki *aktivlash energiyasi*) deb ataladi.

Yadro bo'linish hodisasining nazariyasini 1939 yilda N.Bor, J.Uiller va Rossiyalik fizik Ya.I.Frenkel yaratdi. Shu nazariyaga asoslangan yadroning bo'linish mexanizmini soddalashtirilgan tarzda yuqorida bayon qildik. Endi, yadroning bo'linishida kuzatiladigan neytronlar va elektronlar qanday sabablar tufayli vujudga keladi? degan savolga javob beraylik. Buning uchun yadrolar tuzilishidagi quyidagi qonuniyatga e'tibor beraylik. Elementlar davriy jadvalidagi turli stabil (ya'ni, barqaror) yadrolardagi neytronlar soni N ning protonlar soni Z ga nisbati entil yadrolar uchun taxminan 1 ga teng bo'lsa, og'ir yadrolar sohasiga siljiganimiz sari bu nisbatning qiymati kattalashib boradi. Masalan, O^{16} , Ag^{108} , Ba^{137} , U^{238} yadrolari uchun N/Z ning qiymatlari mos ravishda 1,0; 1,3; 1,46; 1,6 larga teng, Demak, og'ir yadro (masalan, uran) bo'linishi tufayli hosil bo'lgan bo'linish parchalarida ham neytronlar protonlardan anchagina ko'p bo'ladi (chunki $N/Z = 1,6$ edi). Bundan tashqari bo'linish parchalari yangigina vujudga kelgan vaqtda nihoyat darajada deformatsiyalangan bo'ladi. Bunday deformatsiyalarga ega bo'lgan yadrolarni o'ta uyg'ongan yadrolar deb ataladi. O'ta uyg'ongan yadroning potensial energiyasi juda katta. Shuning uchun o'ta uyg'ongan yadro (bo'linish parchasi) "silkinib" o'zidan bir-ikkita neytron chiqarib yuboradi. Neytron chiqarish bo'linish vaqti boshlangandan so'ng 10^{-14} s lar chamasi vaqt ichida sodir bo'ladi. Shu sababli mazkur neytronlar *oniy neytronlar* deb ataladi. Oniy neytronlar chiqarilgandan keyin ham bo'linish parchalarning tarkibida ortiqcha neytronlar mavjud bo'ladi. Shuning uchun bo'linish parchalari β -yemirilishga moyil bo'ladi, ya'ni elektron va antineytron chiqarib neytron protonga aylanadi. Natijada parcha-yadroning zaryadi 1 ga ortadi, neytronlarning soni esa 1ga kamayadi. Lekin bu yadroda ham neytronlar ortiqcha bo'lishi mumkin. U holda bu yadroda yana β - yemirilish sodir bo'ladi. Faqat oxirgi yadroda N/Z nisbat barqarorlik (stabillik) shartiga javob beradigan shartni qanoatlantirgandagina β -yemirilishlar zanjiri to'xtaydi. Masalan, uranning bo'linishi tufayli hosil bo'lgan bo'linish parchalaridan biri - Xe^{140} ning β - yemirilish zanjiri quyidagicha: ${}_{54}Xe^{140} \beta^- \rightarrow {}_{55}Cs^{140} \beta^- \rightarrow {}_{56}Ba^{140} \beta^- \rightarrow {}_{57}La^{140} \beta^- \rightarrow {}_{58}Ce^{140}$

Yuqorida Xe^{140} yadrosini uran yadrosining bo'linishi tufayli vujudga keladigan parchalardan biri deb atadik. Bunday deyishimizning sababi shundaki, uranning 60 ga yaqin bo'linishi kuzatiladi. Ular ichida bo'linish parchalarining massa sonlari nisbati A_1/A_2 ning $2/3$ ga yaqin bo'lganlari esa katta ehtimollik bilan amalga oshadi.

3. Termoyadroviy reaksiyalar va ularning inergiyasi. Yadroviy sintez reaksiyasi, hozircha, boshqarilmaydigan tarzda amalga oshirilishi mumkin. Boshqariladigan termoyadroviy reaksiyani amalga oshirish uchun, asosan ikki qiyinchilikni yengish kerak. Birinchidan "termoyadroviy yoqilg'i" ning temperaturasini $\sim 10^8$ K gacha qizdirish, ya'ni quyosh

temperaturasidan taxminai 10 marta yuqori temperaturalarni olish usulini topish lozim. Bunchalik yuqori temperaturalar zarurligining sababi nimada? Masala shundaki, sun'iy ravishda termoyadroviy reaksiya sodir bo'ladigan qurilmaning hajmi chegaralangan, natijada undan issiqlik yo'qolishi ham quyoshdagidan ancha katta bo'ladi, albatta. Shuning uchun sun'iy ravishda hosil qilinadigan "mitti quyosh" temperaturasi quyoshnikidan ancha yuqori bo'lishi lozim. "Termoyadroviy yoqilg'i" bunday yuqori temperaturalarda termoyadroviy plazmaga aylanadi. Berk hajmdagi plazma kamera devorlari bilan kontaktga kiradi va unga issiqlik berib soviydi yoki xuddi vodorod bomba misolidagidek kamerani eritib yuboradi. Shuning uchun termoyadroviy plazmani berk hajmda biror muddat davomida saqlab turish muammosi tug'iladi. Bu ikkinchi qiyinchilikdir.

Olimlar plazmaning magnit maydon yordamida izolyatsiyalash mumkin, degan fikrni ilgari surdilar. Bu fikrga asoslanib turli qurilmalar yasalgan. Ular ichida Sobiq sovet olimlari yasagan va "Tokamak" nomi bilan yurgiziladigan qurilmalar e'tiborga loyiqdir. "Tokamak" lar yordamida Xalqaro hamkorlik asosida boshqariladigan termoyadroviy reaksiyani amalga oshirish bo'yicha izlanishlar ham olib borilmoqda.

Termoyadroviy reaksiya energiyasi. Yadroviy sintez reaksiyasi, hozircha, boshqarilmaydigan tarzda amalga oshirilishi mumkin. Boshqariladigan termoyadroviy reaksiyani amalga oshirish uchun, asosan ikki qiyinchilikni yengish kerak. Birinchidan "termoyadroviy yoqilg'i" ning temperaturasini $\sim 10^8$ K gacha qizdirish, ya'ni quyosh temperaturasidan taxminan 10 marta yuqori temperaturalarni olish usulini topish lozim. Bunchalik yuqori temperaturalar zarurligining sababi nimada? Masala shundaki, sun'iy ravishda termoyadroviy reaksiya sodir bo'ladigan qurilmaning hajmi chegaralangan, natijada undan issiqlik yo'qolishi ham quyoshdagidan ancha katta bo'ladi, albatta. Shuning uchun sun'iy ravishda hosil qilinadigan "mitti quyosh" temperaturasi quyoshnikidan ancha yuqori bo'lishi lozim. "Termoyadroviy yoqilqi" bunday yuqori temperaturalarda termoyadroviy plazmaga aylanadi. Berk hajmdagi plazma kamera devorlari bilan kontaktga kiradi va unga issiqlik berib soviydi yoki xuddi vodorod bomba misolidagidek kamerani eritib yuboradi. Shuning uchun termoyadroviy plazmani berk hajmda biror muddat davomida saqlab turish muammosi tug'iladi. Bu ikkinchi qiyinchilikdir.

Olimlar plazmaning magnit maydon yordamida izolyatsiyalash mumkin, degan fikrni ilgari surdilar. Bu fikrga asoslanib turli qurilmalar yasalgan. Ular ichida sobiq sovet olimlari yasagan va "Tokamak" nomi bilan yurgiziladigan qurilmalar e'tiborga loyiqdir. "Tokamak" lar yordamida Xalqaro hamkorlik asosida boshqariladigan termoyadroviy reaksiyani amalga oshirish bo'yicha izlanishlar ham olib borilmoqda.

4. Yagona maydon haqida tushuncha. Hozirgi vaqtda dunyoning 16 mamlaka-tida 100 dan ortiq atom elektrostansiya (AES) lar ishlab turibdi. Ularning umumiy elektr quvvati $4 \cdot 10^7$ kVt dan ortiq. Bundan buyon energetik balansida yadroviy energetikaning ulushi ortib boradi. Buning sababi shundaki, dunyoda ishlatilayotgan energiyaning taxminan 70% i neft va gazni yoqish hisobiga olinmoqda. Borgan sari oshib borayotgan energiya ehtiyojlarini hisobga olsak, neft va tabiiy gaz zapaslari uzog'i bilan 50 yilga yetadi. Ko'mirni yoqish hisobiga esa energiya ehtiyojlarini uzog'i bilan 500 yil davomida qondirib turish mumkin. Bu raqamlar insoniyatning energiya ta'minotida vujudga kelgan muammoni xarakterlaydi. Bu muammoni hal qilishda yadroviy energetikaga muhim rol ajratilgan. Hozirgi vaqtda AES larning reaktorlarida, asosan, U^{235} dan foydalanilmoqda. Lekin U^{238} dan tez neytronlar ta'sirida Pu^{239} hosil qilish (3.9 ga q.) mumkin. Bu protsess ko'paytirgich reaktorlarda amalga oshadi. Natijada bunday reaktorlarda ikki protsess, ya'ni yadroviy bo'linish va yangi "yoqilg'i" - plutoniy hosil bo'ladi. Ko'paytirgich reaktorlardan foydalanib yana bir "yoqilg'i" ni hosil qilish mumkin: $Th^{232} + n \rightarrow Th^{233} \xrightarrow{\beta^-} Pu^{233} \xrightarrow{\beta^-} U^{233}$. U^{233} va Pu^{239} larda xuddi U^{235} ga o'xshash, issiqlik neytronlar ta'sirida bo'linish reaksiyasi amalga oshadi. Mutaxassislarning fikricha, boshqariladigan bo'linish reaksiyalari uchun kerak bo'ladigan "yoqilg'i" lardan shu tarzda foydalanilsa, ular insoniyat energiyaviy ehtiyojlarini bir necha yuz yil davomida qondira olar ekan.

5. Olamning paydo bo'lishi va uning kelajagi. Olam shunchalik turli-tumanki, barcha jismlar birgina navli zarralardan tuzilmaganligiga hech qanday shubha yo'q. Biroq ajablanadigan joyi shundaki, yulduzlarning moddasi xuddi Yerning moddasi singaridir. Koinotdagi barcha jismlarni hosil qiluvchi atomlar mutlaqo bir xil tuzilishga ega. Jonli organizmlar ham xuddi jonsiz organizmlar tuzilgan atomlardan iborat.

Elementar zarralar va ularning aylanishlari kashf etilgandan keyin materiya tuzilishining birligi olamning yagona manzarasida asosiy o'ringa chiqdi. Bu birlikning zahirida barcha elementar zarralarning moddiylik yotadi. Turli elementar zarralar materiya mavjudligining turli konkret shakllaridir.

Olamning fizik manzarasi haqidagi klassik tasavvurlarning revolyutsion o'zgarishi materiyaning kvant xossalari kashf etilgandan so'ng ro'y berdi. Mikrozarralarning harakatini tavsiflovchi kvant fizikasi paydo bo'lgandan so'ng olamning yagona fizik manzarasida yangi elementlar ko'zga tashlana boshladi.

Materiyani uzlukli tuzilishiga ega bo'lgan moddaga va uzluksiz maydonga bo'linishi o'zining absolyut ma'nosini yo'qotdi. Har bir maydonga shu maydonning o'z zarralari (kvantlari) mos keladi: elektromagnit

maydonning zarrasi fotonlar, yadro maydonining zarrasi π -mezonlar yanada chuqurroq sathda esa glyuonlar va hokazo.

O'z navbatida barcha zarralar to'liq xossalarga ega. Korpuskulyar-to'liq dualizmi materiyaning barcha shakllariga xos.

Kvant nazariyasining prinsiplari mutloqo umumiy bo'lib, barcha zarralarni, ular orasidagi o'zaro ta'sirlarni va ularning o'zaro aylanishlarini tavsiflash uchun qo'llanilaveradi.

Shunday qilib, hozirgi zamon fizikasi tabiat birligining ko'p tomonlarini yaqqol namoyish qilmoqda. Biroq olam birligining ko'p tomonlarini, ehtimol, hatto bu birlikning fizik mohiyatini bilib olishga hali muvaffaq bo'lingani yo'qdir. Nima uchun shunchalik ko'p elementar zarralar mavjudligi noma'lum. Nima uchun ularning muayyan massalari, zaryadlari va boshqa xarakteristikalar mavjud hozirgacha barcha bu kattaliklar eksperimental aniqlab kelindi.

Fizikada aniqlanadigan fundamental qonunlar o'zlarining murakkabligi va umumiyliigi bilan har qanday qodisalarni o'rganish asoslanadigan dalillardan ancha ustun turadi. Biroq, ular ham bevosita kuzatiladigan sodda hodisalar haqidagi bilimlar kabi to'g'ri va shu darajada obyektivdir. Bu qonunlar hech qachon, har qanday sharoitlarda ham buzilmaydi.

Fizika fanining taraqqiyoti falsafiy qarashlarda tub burilishlarga olib keldi va bir qator muammolarni keltirib chiqardi. Masalan, kvarklarni nazariy kashf etilishi va ularni erkin holda kuzatish prinsipial mumkin emasligi "narsa o'zida" tezisini qayta anglashga olib keldi. Fizikaning rivojlanishi va materiyaning yagona nazariyasini qurilishi yagona olamning fizik manzarasini yaratish imkonini berdi, dunyoni bilishning ilmiy asosini vujudga keltirdi. Diaelektrik materializmning "materiya shakllari va xususiyatlari cheksizdir" degan tezisi tasdiqlanib bormoqda.

Mavzuni mustahkamlash uchun savollar

1. Qanday nurlar radioaktiv nurlar deyiladi?
2. Tabiiy radioaktivlik deb nimaga aytiladi?
3. Tabiiy radioaktivlik bilan suniy radioaktivlikning farqi nimada?
4. Radioaktiv yemirilish qonunini ta'riflang.
5. Termoyadro reaksiyasining o'ziga xos tomonlari nimalardan iborat?
6. Boshqariladigan termoyadro reaksiyasini amalga oshirish muammolarini aytib bering.
7. Yadroviy energetika istiqbollarni aytib bering.
8. Olamning yagona fizik tasavvuri nimalardan iborat?

Uyga vazifa

Fizika va fan – texnika taraqqiyoti.

ADABIYOTLAR.

1. I.V.Savelyev."Umumiy fizika kursi". I-qism. Toshkent: O'qituvchi,1973 y.
2. I.V.Savelyev."Umumiy fizika kursi". II-qism.Toshkent: O'qituvchi,1973 y.
3. I.V.Savelyev."Umumiy fizika kursi".III-qism.Toshkent:O'qituvchi,1973 y.
4. S.X. Astanov, M.Z. Sharipov, N.N. Dalmuradova, M.Sh.Ivayev "Fizik kattaliklar va ularning o'lchov biriliklari" elektron o'qitish kursi EHM uchun yaratilgan dastur. O'zbekiston Respublikasi davlat patent idorasi GUVOHNOMA № DGU 00975 Toshkent, 12 iyul 2005 y.
5. A.G.G'aniev, A.K.Avliyoqulov, G.A.Almardonova "Fizika" I qism Toshkent 2007 y.
6. S.X.Astanov, M.Z.Sharipov, N.N.Dalmuradova, R.V.Metanidze "Umumiy fizika kursining elektr bo'limidan" elektron darslik.

MUNDARIJA:

1. Fizika fani. Kinematika asoslari.	3
2. Aylanma harakat kinematikasi. Moddiy nuqta dinamikasi.	9
3. Saqlanish qonunlari.	13
4. Saqlanish qonunlarning qo'llanishi. Mexanikada nisbiyat prinsipi.	18
5. Qattiq jismning aylanma harakati va ularning elastikligi.	22
6. Yaxlit muhit fizikasining elementlari. Suyuqlik va gazlar statistikasi.	26
7. Mexanik tebranishlar va tebranishlarni qo'hish. To'lqinlar.....	30
8. Gazlarning molekulyar kinetik nazariyasi. Gaz molekularning issiqlik sig'imi.....	36
9. Statistik fizika elementlari. Maksvellning taqsimot qonuni.....	40
10. Gaz molekulalarning erkin yugurish tezligining o'rtacha uzunligi. Gazlardagi difuziya.....	45
11. Real gazlar.....	49
12. Termodinamika asoslari. Termodinamikaning ikkinchi qonuning qo'llanilishi.....	53
13. Qattiq jism. fononlar. Suyuqliklar.	57
14. Elektrostatika asoslari.....	61
15. Elektr dipoli. Elekt maydonda dielektrik.....	65
16. Potensial va elektr sig'imi. Elektr maydon.....	71
17. O'zgarmas elektr toki. Tarmoqlangan zanjirlar. Vakuumda elektr toki. Gazlarda elektr toki. Metallarda elektr tokining klassik elektron nazariyasi.....	77
18. Magnit maydoni. Tok elementlarning o'zaro ta'siri.....	87
19. Lorens kuchi va uning qo'llanilishi. Moddalarning magnit xossasi.....	92
20. Elektromagnit induksiya hodissasi. Elektr va magnit maydonlarining o'zaro aylanishi. Maksvell tenglamalari.....	103
21. Elektr magnit tebranishlar va to'lqinlar. O'zgaruvchan tok.....	115
22. To'lqin optikasi. Yorug'lik interferensiyasi va difraksiyasi.....	123
23. Yorug'likning sochilishi. Yorug'lik dispersiyasi. Yorug'likning qutblanishi. Sun'iy ikkklanma nur sindirish.....	132
24. Yorug'likning yutilishi. Issiqlik nurlanishi.	138
25. Kvant nazariya. Fotoeffekt hodissasi. Yorug'lik bosimi va Kompton effekti.....	143
26. Moddaning to'lqin xususiyatlari. Atom tuzilishi. Atom spektrlar. Ko'p elektronli atomlar.....	147
27. Rentgen nurlari.....	154
28. Elementar zarralar. Elementar zarralarning o'zaro ta'sir turlari.....	168
29. Atom yadrosi.....	177
30. Radioaktivlik. Termoyadroviy reaksiyalar.....	183
Adabiyotlar.....	192